

**CLASIFICADO**



**ALCALDIA MAYOR  
DE BOGOTA D.C.**

---

Fondo de Prevención  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

**UNIVERSIDAD DE LOS  
ANDES.  
BOGOTÁ, COLOMBIA**

**DIAGNÓSTICO DE LA  
VULNERABILIDAD FUNCIONAL  
URBANA ANTE UN EVENTO  
DESASTROSO EN SANTAFE DE  
BOGOTÁ**

**TOMO1**

**SEPTIEMBRE DE 1999**

**ALCALDIA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTA**

**DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
FONDO PARA LA PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
- FOPAE -**



**DIRECCION DE PREVENCION Y  
ATENCION DE EMERGENCIAS**

**ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.**

**DIAGNOSTICO DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL URBANA ANTE UN  
EVENTO DESASTROSO EN SANTA FE DE BOGOTA**



**CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE DESASTRES Y RIESGOS NATURALES**

**- CEDERI -**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

**SANTA FE DE BOGOTA, SEPTIEMBRE DE 1999**

**DIAGNOSTICO DE LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL URBANA ANTE UN  
EVENTO DESASTROSO EN SANTA FE DE BOGOTA**

**Especialistas**

**ARTURO ARDILA GÓMEZ  
OMAR DARIO CARDONA ARBOLEDA  
LUIS EDUARDO YAMIN LACOUTURE**

**Ingeniero**

**SHIRLY MARIA MERLANO**

**Ingenieros Asistentes**

**RICARDO HERNANDEZ  
MARIOLY SAID  
FELIPE VILLEGAS**



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ENFOQUE DEL PROBLEMA DE VULNERABILIDAD FUNCIONAL URBANA.....</b>	<b>7</b>
2.1	ESCENARIOS DE DAÑO SÍSMICO.....	8
2.2	POTENCIAL DE OBSTRUCCIÓN DE LA RED VIAL URBANA.....	9
2.3	MOVILIZACIÓN PARA LA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS.....	12
2.4	DESPLAZAMIENTO DE LA POBLACIÓN A SUS HOGARES U OTROS SITIOS.....	13
2.5	DISPONIBILIDAD DE CENTROS DE ATENCIÓN Y ALOJAMIENTO TEMPORAL Y EQUIPAMIENTO.....	14
2.6	OPERATIVIDAD DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS.....	16
2.7	HIPÓTESIS DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA.....	18
<b>3</b>	<b>ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO RELATIVO.....</b>	<b>21</b>
3.1	ENFOQUE HOLÍSTICO.....	21
3.2	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN COMPARATIVA.....	23
1.1.1	<i>Escalamiento</i> .....	25
1.1.2	<i>Ponderación</i> .....	26
1.3	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RIESGO SÍSMICO.....	27
1.3.1	<i>Índice de riesgo físico</i> .....	27 ✓
1.3.2	<i>Índice de riesgo del contexto</i> .....	28 ✓
1.4	CONCLUSIONES PARCIALES.....	32
<b>2</b>	<b>LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....</b>	<b>34</b>
2.1	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	34
2.1.1	<i>Mediciones de velocidad</i> .....	37
2.2	CANTIDAD DE AUTOS RELATIVA A LA POBLACIÓN Y LA LONGITUD DE LA RED VIAL.....	39
2.3	IMPLICACIONES EN CASO DE UN SISMO.....	45 ✓
2.4	CONCLUSIONES PARCIALES.....	46 ✓
<b>3</b>	<b>MOVILIDAD Y TRANSPORTE EN CASO DE TERREMOTO.....</b>	<b>47</b>
3.1	METODOLOGÍA.....	47
3.2	LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS HERIDAS POR EL SISMO.....	56

3.2.1	<i>Resultados de la modelación sin daños en el sistema de transporte</i> .....	57	
3.2.2	<i>Resultados de la modelación con daños en puentes</i> .....	60	✓
3.2.3	<i>Resultados de la simulación con daños en las vías</i> .....	63	✓
3.2.4	<i>Resultados de la simulación con daños en los puentes y en las vías</i> .....	64	✓
3.3	LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS ILESAS DESPUÉS DEL SISMO .....	67	✓
3.3.1	<i>Generalidades</i> .....	67	
3.3.2	<i>Viajes al hogar</i> .....	68	
3.3.3	<i>Viajes a centros educativos</i> .....	71	
3.4	EL TRANSPORTE DE PERSONAS FALLECIDAS DESPUÉS DEL SISMO .....	75	
3.5	SUMINISTROS EXTERNOS .....	77	✓
3.6	MOVILIDAD DE AUTORIDADES Y ENTIDADES DE EMERGENCIA.....	78	
3.6.1	<i>Bomberos</i> .....	79	
3.6.2	<i>Policía</i> .....	82	
3.6.3	<i>Defensa Civil</i> .....	83	
3.6.4	<i>Entidades estatales</i> .....	83	
<b>4</b>	<b>RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACION DE EMERGENCIAS.....</b>	<b>85</b>	
4.1	LINEAMIENTOS DEL PLAN PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD FUNCIONAL DE LA CIUDAD .....	86	✓
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>95</b>	

**ANEXOS**

## 1 INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

Varias ciudades del mundo con características de metrópolis se encuentran en zonas propensas a sismos. Una de ellas en Sur América es Santa Fe de Bogotá, que aun cuando se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia, según lo indica el Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia (AIS, 1995), su riesgo sísmico es alto debido a la vulnerabilidad de sus edificaciones, su infraestructura y a la falta de preparación de sus habitantes y de las instituciones para enfrentar las consecuencias de un evento sísmico moderado o fuerte.

Los estudios de microzonificación sísmica y de los escenarios de daños por futuros terremotos, realizados por la Universidad de los Andes e Ingeominas, indican que en caso de sismos moderados e incluso relativamente leves, la ciudad tendría daños de consideración que pondrían a prueba la reacción de la comunidad y de las instituciones, dado que no existe una amplia conciencia en la población acerca de lo que sería necesario hacer para evitar la extensión de los efectos directos causados por un terremoto y por la falta de planes de emergencia y contingencia detallados de las instituciones al interior de las mismas y en coordinación con otros organismos que tendrían que asumir la respuesta del estado ante una circunstancia de esta naturaleza.

Por otra parte, el desarrollo tecnológico y la industrialización en las grandes ciudades también significan un potencial de ocurrencia de eventos de origen antrópico de gran escala que pueden significar un gran traumatismo para una parte o para la ciudad en general y la necesidad de una respuesta masiva de los organismos operativos de emergencia y de la administración del Distrito Capital, en el caso de Santa Fe de Bogotá. Incendios generalizados, un escape de gases tóxicos, un evento tóxico-contaminante, son ejemplos de situaciones que pueden presentarse en una megaciudad como lo es Santa Fe de Bogotá.

Conscientes de esta problemática y en particular debido a la complejidad que significa la ocurrencia de una crisis por terremoto en Santa Fe de Bogotá, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias contrató a la Universidad de los Andes para que el Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales, CEDERI, llevara a cabo una estimación de lo que podría denominarse la Vulnerabilidad Funcional Urbana de la capital, con el fin de identificar las principales dificultades que se presentarían para las instituciones del Sistema Distrital de prevención y Atención de Emergencias y para la ciudadanía en general, como también para aportar información que permita una respuesta lo más eficiente posible y el mejoramiento de los planes de emergencia.

Es bien conocido en el ámbito internacional que las crisis o desastres generados por terremotos son usualmente las situaciones más complejas que se pueden presentar en una ciudad grande de características metropolitanas. Igualmente, se acepta que una preparación para enfrentar un terremoto severo usualmente cubre la mayor parte de los aspectos de un plan de emergencia y contingencia urbano y que por lo tanto, con algunas excepciones, si se prepara la ciudadanía y las instituciones para enfrentar las consecuencias de un movimiento sísmico, de paso se está preparando la ciudad para enfrentar otras situaciones de emergencias, que en todos los casos demandan una menor respuesta de la comunidad y de las entidades competentes. Por esta razón este trabajo se orientó a considerar aspectos de demanda y capacidad, particularmente de movilidad en la ciudad en caso de un sismo severo, pues corresponde a un escenario crítico que usualmente se considera como la situación más compleja ante la cual debe reaccionar la ciudad. Un sismo puede afectar una zona específica, en donde se concentren los daños, o puede tener consecuencias distribuidas de manera amplia sobre todo un centro urbano.

El problema de la vulnerabilidad funcional urbana de una ciudad se puede definir en forma metodológica como un problema de demanda y de oferta de servicios de atención de emergencia, que a su vez dependen desde el punto de vista de eficiencia, efectividad y eficacia de la movilidad. Por esta razón, aunque la vulnerabilidad urbana esta referida a

varios aspectos como la disponibilidad de los espacios públicos para el eventual alojamiento temporal y la vulnerabilidad de la infraestructura de servicios, el más crucial para efectos de la atención inmediata de la comunidad es el relacionado con la movilidad y es al que se le da especial relevancia en este trabajo.

Ciudades como México, Los Angeles, Kobe, San Francisco son urbes que han sufrido los efectos de terremotos importantes que han causado graves consecuencias y dificultades mayores para responder efectiva y rápidamente a la población más afectada. Estas experiencias han permitido identificar aspectos de especial importancia relevantes para lograr una eficiente atención de la población. Este trabajo se realizó con el fin de iniciar un análisis que paulatinamente permita refinar sistemáticamente y de manera interinstitucional el conocimiento de la vulnerabilidad y la capacidad que tiene la ciudad en términos urbanos para enfrentar la atención de una emergencia sísmica. Si bien es cierto que no puede dar respuesta a cierto tipo de interrogantes por falta de información detallada de aspectos que usualmente se desconocen, sus resultados y análisis permiten confirmar algunas hipótesis intuitivas de expertos y profundizar en situaciones que pueden facilitar la realización de actividades preventivas y de preparación para emergencias que difícilmente se podrían intuir sin una análisis cuidadoso. Otros estudios, en lo posible más adelante, deben detallar aspectos de la vulnerabilidad funcional urbana, que no son del alcance de este trabajo, como lo son la disponibilidad de espacios públicos adecuados, con servicios suficientes, para la localización de albergues, la vulnerabilidad de la infraestructura de servicios de emergencia, como los hospitales y edificaciones esenciales y la vulnerabilidad de las redes de servicios públicos.

El CEDERI ha realizado un esfuerzo creativo y ambicioso al intentar diagnosticar y valorar con herramientas desarrolladas para otros fines, como el sistema Transcad-GIS, el comportamiento de la ciudad como un sistema en caso de desastre sísmico, aportando una metodología y técnica de la cual no se conocen antecedentes. Por lo tanto, la expectativa de la Universidad de los Andes, es que se logre dar continuidad a un proceso de refinamiento



de información básico para el mejoramiento de futuros estudios y nuevas valoraciones que permitan identificar medidas de intervención de escala mayor, que tendrán que ser consideradas en el proceso de planificación de la ciudad.

## **2 ENFOQUE DEL PROBLEMA DE VULNERABILIDAD FUNCIONAL URBANA**

El problema de vulnerabilidad funcional urbana puede enfocarse considerando las principales actividades que se deben realizar inmediatamente después de la ocurrencia de un evento mayor como lo puede ser sismo intenso. Desde el punto de vista del funcionamiento de la ciudad se pueden identificar las siguientes actividades prioritarias:

- Movilización para la atención de la emergencia
- Desplazamiento de la población a sus hogares u otros sitios
- Disponibilidad de centros de atención, alojamiento temporal y equipamiento
- Operatividad de los servicios públicos

De estas actividades depende, en términos funcionales, que la oferta de servicios de atención de la comunidad en caso de desastre sea efectiva, eficiente y eficaz ante la demanda que de los mismos impone la crisis. Por lo tanto, la vulnerabilidad funcional urbana se puede analizar como un problema de demanda y de oferta de servicios de atención de emergencia, que a su vez dependen de la movilidad. Por esta razón, aunque la vulnerabilidad urbana esta referida a varios aspectos, como se mencionó antes, el más crucial para efectos de la atención de la comunidad es el relacionado con la movilidad.

Desde el punto de vista de la argumentación anterior, la demanda la conforman, por ejemplo, los escenarios de terremoto factibles, entendiendo que son estas las situaciones más complejas usualmente que se pueden presentar en una ciudad. Desde el punto de vista de la movilidad, para cada uno de los escenarios planteados se debe, entonces, establecer el escenario de obstrucciones que puede llegar a ocurrir en la red vial urbana ya que la movilización de la oferta se realizará en el estado de la red vial posterior al desastre.



La oferta en el presente contexto hace relación a los requerimientos de las demandas identificadas. Los elementos de la oferta corresponden a hospitales en el caso de heridos, zonas de morgues de emergencia para los muertos, zonas residenciales y de colegios según matrices origen destino para atender la población en general. Aeropuertos y posteriormente centros de abastos para el caso de los suministros externos y acceso a zonas críticas afectadas y a centros de operación administrativa para el caso de autoridades y entidades de emergencia son aspectos que pueden tenerse en cuenta en futuras evaluaciones más detalladas. El marco conceptual de demanda y oferta establecido en el presente capítulo sirve de base para los análisis que se presentan más adelante.

Las Figura 2.1 resume en forma de diagramas los aspectos macro más importantes relacionados con la demanda de atención que implica un escenario de desastre y la oferta que exige la situación a las entidades que deben movilizarse para cubrir las zonas y las personas afectadas. En el alcance previsto del presente estudio se desarrolla de manera específica el tema relacionado con la movilidad después de la ocurrencia de un evento sísmico moderado o severo; aspecto crucial para la atención de la emergencia y la mejor operatividad de todas las entidades comprometidas en la atención de la comunidad.

## 2.1 Escenarios de daño sísmico

Para la valoración de la movilidad durante la emergencia es necesario cuantificar el problema considerando unos escenarios de daños o pérdidas definidos. Para el efecto se recurrió a la información obtenida del Estudio de Microzonificación y Escenarios de Pérdidas, realizado por la Universidad de los Andes e Ingeominas, la cual se plantean algunos escenarios sísmicos que pueden retomarse para efectos de la presente evaluación, considerando que serían las situaciones más graves que podrían presentarse en la ciudad, de acuerdo con lo que ha sido aceptado internacionalmente.

Se plantea un escenario para un sismo moderado que correspondería a la ocurrencia de un evento sísmico con un período de retorno promedio del orden de 100 años y un escenario sísmico severo, el cual corresponde a un evento sísmico con un período de retorno del orden de los 500 años. Además de lo anterior se debe establecer si cada una de los sismos anteriores ocurre de día o de noche por lo cual se generan dos situaciones deferentes debido a los patrones de ocupación de la ciudad. Cada escenario sísmico debe plantearse en términos de variables que puedan ser utilizadas en los análisis. El Apéndice 2.1 presenta un resumen del estudio de Microzonificación y de los Escenarios de Daños de Santa Fe de Bogotá. Igualmente se relacionan figuras con la valoración de los escenarios planteados en términos de las siguientes variables:

- Heridos
- Fallecidos
- Porcentaje de área de edificaciones destruidas

## 2.2 Potencial de obstrucción de la red vial urbana

Uno de los aspectos de mayor relevancia que deben estudiarse en el análisis de la vulnerabilidad urbana es el potencial de obstrucción de la red vial. Esta red es susceptible de interrumpirse por diferentes causas. La primera de ellas, por simple exceso de vehículos, accidentes menores y aspectos similares que llevarían a niveles de congestión equivalentes a un colapso de la red, casi sin necesidad de sismo. Este aspecto se desarrolla más adelante en este estudio.

Es importante tener en cuenta además, que ante la posible ocurrencia de un evento sísmico que afecte la ciudad, se puede presentar la caída de algunos puentes vehiculares, e incluso peatonales, que interrumpan la circulación por las vías que comunican y/o que sobre pasan, llevando al cierre parcial de la red vial. Para evaluar en forma aproximada el potencial de

obstrucción que puede tener la red vial de la ciudad ante la caída de puentes, se realizó una valoración cualitativa y preliminar del grado de vulnerabilidad que presenta cada uno de los pasos elevados vehiculares importantes en la ciudad. Con este fin se visitaron prácticamente todos los pasos elevados importantes de la ciudad y se calificaron en forma relativa de acuerdo con un formato simplificado de valoración (screening). Los resultados de esta valoración se presentan en la Tabla 2.1 y en la Figura 2.2. Debe aclararse que no se trata de una evaluación de la vulnerabilidad detallada de los puentes, que debe ser uno de los pasos a seguir en un trabajo de mayor alcance, sino de una valoración aproximada de una serie de características generales de cada estructura que permite estimar cualitativamente un grado de vulnerabilidad general, cuyo uso es exclusivamente para este trabajo. Es decir, se puede establecer en forma aproximada si las características del puente evidencian una tendencia a la eventual ocurrencia de daños en la hipótesis de un sismo intenso, con un nivel de resolución compatible con el nivel de incertidumbre que se usa en este estudio y no otro.

En la Tabla 2.1 se incluye la identificación del paso elevado, su ubicación, sus características más importantes, como la edad, la longitud, el número de luces, la altura, el tipo de tráfico que circula, el esviajamiento, el número de columnas en que se apoya, la longitud de sus apoyos, sus restricciones laterales y por último su calificación cualitativa global del grado de vulnerabilidad.

La escala para determinar este grado de vulnerabilidad cualitativa está compuesta por tres niveles que corresponden a una vulnerabilidad alta, lo que significa que ante la amenaza sísmica existe una alta posibilidad de que estas estructuras tengan daños importantes que impidan su operación. Así mismo existe una vulnerabilidad media y baja, que representan un potencial de daño medio y bajo respectivamente o una posibilidad media o baja que estas estructuras dejen de funcionar en caso de un sismo.

En la Figura 2.2 se muestra la ubicación de estos pasos elevados dentro de la red vial urbana, con su respectiva calificación la cual se determina por su color. Con base en esta

---

## VULNERABILIDAD CUALITATIVA DE LOS PUENTES VEHICULARES PRINCIPALES

No.	Ubicación (Dirección)	Edad (N-I-V)	Long (m)	# Luces (-)	Altura (m)	Trafico (-)	Esviam (°)	# Columnas (-)	Long del Apoyo (m)	Restriccion Lateral (-)	CALIFICACION (Nivel de Exposición)
1	Av. 68 x Cll 13	N	150	4	4.5	MIXTO	85	2	1.0	NO	BAJO
2	Av. 68 x Av. Americas	N	200	7	4.5	MIXTO	80	2	1.0	NO	BAJO
3	Av. 68 x Caño (Cll 1)	V	50	1	4.5	MIXTO	80			SI	BAJO
4	Av. 68 x Av. 1° de Mayo	N	150	8	4.5	MIXTO	CURVO	2	1.0	NO	BAJO
5	Av. 68 x Cll 44 sur	V	180	3	4.5	MIXTO	CURVO	1	1.0	NO	MEDIO
6	Av. Boyaca x Av. Ciudad de Villavicencio	V	100	3	6	MIXTO	90	2	0.8	SI	BAJO
7	Av. Boyaca x Autopista Sur	I	200	5	4.5	MIXTO	90	2	1.0	SI	BAJO
8	Av. Boyaca x Av. 1° de Mayo	I		5	4.5	MIXTO	CURVO	1	2.0	NO	MEDIO
9	Av. Boyaca x Av. Americas	V	200	9	4.5	MIXTO	90	2	1.5	SI	BAJO
10	Av. Boyaca x Cll 13	I	200	9	4.5	MIXTO	90	2	1.0	SI	BAJO
11	Av. Boyaca x Cll 39	N	200	2	4.5	MIXTO	90	4	2.0	SI	MEDIO
12	Av. Boyaca x Av. El Dorado	N	250	8	4.5	MIXTO	90	1 Y 2	0.8	SI	BAJO
13	Av. Boyaca x Cll 68	I	200	5	4.5	MIXTO	90	2	1.2	NO	BAJO
14	Av. Boyaca x Cll 80	V	300	9	4.5	MIXTO	70	2	1.0	NO	BAJO
15	Cll. 127 x Autopista Norte	I	200	9	4.3	MIXTO	90	3	1.0	SI	BAJO
16	Cll. 127 x Av. 9°	N	250	6	4.5	LIVIANO	90	2	0.8	NO	MEDIO
17	Autopista Norte x Cll. 134	V	150	11	4.3	MIXTO	90	3	0.5	NO	MEDIO
18	Autopista Norte x Cll. 170	V	150	6	4.5	MIXTO	90	2	0.7	SI/NO	ALTO
19	Autopista Norte x Cll. 116	V	150	9	4.3	MIXTO	90	2	0.5	SI	MEDIO
20	Autopista Norte x Cll. 100	V	150	9	4.5	MIXTO	90	2	0.5	NO/SI	ALTO
21	Av. 68 x Cll. 80	I	150	6	4.5	MIXTO	90	2	1.5	SI	BAJO
22	Av. 68 x Cll. 39	N	200	4	4.5	MIXTO	90	2	1.5	SI	BAJO
23	Av. 68 x Cll. 26	V	200	8	4.5	MIXTO	80	4	0.8	NO	MEDIO
24	Av. 68 x Cll. 68	V	150	5	4.5	MIXTO	80	2	3.0	SI	BAJO
25	Cll. 80 x Cra. 30	V	200	6	4.5	MIXTO	85	2	2.0	SI	BAJO
26	Cll. 80 x Autopista Norte (Los Heroes)	V	50	2	4.5	MIXTO	80	-	0.4	NO	BAJO
27	Cll. 100 x Cra 7	V	50	4	4.5	LIVIANO	90	3	0.5	NO	BAJO
28	Cll. 100 x Cra 15	N	20	1	4.5	MIXTO	90	-	-	SI	BAJO
29	Cra. 30 x Autopista Norte	N	200	6	4.5	LIVIANO	CURVO	1	1.5	NO	MEDIO
30	Cra. 30 x Autopista Norte	I	150	8	4.5	MIXTO	85	4	0.5	SI	BAJO
31	Cra. 30 x Autopista Norte	I	150	8	4.5	MIXTO	85	4	0.5	SI	BAJO
32	Cra. 30 x Cll. 72	I	150	8	4.5	MIXTO	90	2	0.5	SI	MEDIO
33	Cra. 30 x Cll. 68	I	150	4	4.5	MIXTO	90	2	1.0	NO	BAJO
34	Cra. 30 x Cll. 63	I	150	8	4.5	MIXTO	90	2	1.5	SI	BAJO
35	Cra. 30 x Cll. 63	N	200	6	4.5	MIXTO	CURVO	1	2.0	NO	MEDIO
36	Cra. 30 x Cll. 53	V	150	11	4.5	MIXTO	90	2	0.8	SI	BAJO
37	Cra. 30 x Cll. 45	I		6	4.5	MIXTO	CURVO	1	2.0	NO	MEDIO
38	Cra. 30 x Cll. 26	N	150	4	4.5	MIXTO	70	4	1.0	SI	BAJO
39	Cra. 30 x Av. Americas	I	200	10	4.5	MIXTO	70	2	0.8	SI	BAJO
40	Cra. 30 x Cll. 19	N	150	4	4.5	MIXTO	90	2	1.5	NO	BAJO
41	Cra. 30 x Cll. 13	N	200	4	4.5	MIXTO	90	4	1.5	SI	BAJO
42	Cll. 26 x Cra. 26	V	150	12	4.5	MIXTO	80	2	1.0	SI	BAJO
43	Cll. 26 x Caracas	I	50	1	4.5	MIXTO	80	4	-	SI	BAJO
44	Cll. 26 x Cra. 13	I	50	1	4.5	MIXTO	70	4	-	SI	BAJO
45	Cll. 26 x Cra. 10	I	50	1	4.5	MIXTO	80	4	-	SI	BAJO
46	Cll. 26 x Cra. 7	I	50	1	4.5	MIXTO	70	4	-	SI	BAJO
47	Cll. 26 x Cra. 3	I	50	1	4.5	LIVIANO	90	4	-	SI	BAJO
48	Cll. 26 x Cra. 3	I	100	3	4.5	LIVIANO	CURVO	1	1.0	NO	MEDIO
49	Cll. 26 x Cra. 50	N	150	5	5	LIVIANO	90	4	1.0	SI	BAJO
50	Av. Americas x Cll. 13 (Puente Aranda)	I	150	5	4.5	MIXTO		1	1.0	NO	MEDIO
51	Av. Americas x Cll. 13 (Puente Aranda)	I		5	4.5	MIXTO		1	1.0	NO	MEDIO
52	Av. Americas x Cll. 13 (Puente Aranda)	I		5	4.5	MIXTO		1	1.0	NO	MEDIO
53	Av. Americas x Cll. 13 (Puente Aranda)	I		5	4.5	MIXTO		1	1.0	NO	MEDIO



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

### Vulnerabilidad cualitativa de los Puentes

Tabla 2.1

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

calificación de grado de vulnerabilidad cualitativa, se determina posiblemente en caso de un sismo cercano moderado algunos puentes con alto nivel de vulnerabilidad pueden quedar fuera de operación y por lo tanto se puede interrumpir la circulación. Para el caso de un sismo fuerte, se supuso que además de quedar fuera de funcionamiento los puentes con alto grado de vulnerabilidad cualitativa, también podrían quedar fuera de servicio los que se clasificaron con vulnerabilidad media. La pérdida de operación del puente se consideró que afectaba la circulación sobre el mismo y por debajo en caso de pasar una vía, dado que los daños pueden impedir el paso por debajo del paso elevado hasta que no se retiren los escombros.

Por otra parte, la red vial urbana puede interrumpirse por la caída de edificaciones sobre las diferentes calzadas. Para valorar esta última situación puede utilizarse información disponible referente al ancho total de la vía y a la altura media de las edificaciones para analizar en primer lugar si es posible que la edificación al colapsar tapone la vía. Una vez analizado este aspecto debe compararse la información existente con el mapa de porcentaje de daño en las edificaciones. De esta manera se propone el siguiente índice general para estimar el potencial de obstrucción de una vía determinada:

$$P = \frac{HD}{B}$$

Donde  $P$  = Potencial de obstrucción

$H$  = Altura característica de edificaciones adyacentes a la vía

$D$  = Porcentaje de área destruida en la zona adyacente de la vía para un escenario sísmico determinado

$B$  = Ancho total de la vía

Para una vía en general, el potencial de obstrucción es proporcional a la altura de los edificios que se encuentran a su lado, ya que a medida que el edificio es más alto, la

posibilidad de que pueda taponar la vía, es mayor. Así mismo este potencial depende directamente del porcentaje de daños que se estima tendrá la zona que esta cerca de la vía, es decir que para edificaciones antiguas, como en la zona del centro donde los porcentajes de daños esperados son mayores, existe un alto potencial de que se taponen las vías. Por último, se debe incluir el ancho de la vía, ya que en las vías con anchos mayores la posibilidad de taponamiento es mucho menor que en vías angostas.

Las Figuras 2.3 y 2.4 presentan los resultados de la valoración de la potencialidad de obstrucción de una vía de acuerdo con los anteriores criterios y para los escenarios con sismo moderado y sismo fuerte respectivamente. Por último se estableció la siguiente clasificación en los valores resultantes de P

Valores de P	Potencial de obstrucción
De 0 a 3	Bajo
De 3 a 20	Medio
Mayor de 20	Alto

La información de alturas de edificaciones y porcentaje de daños esperados, fue extraída del estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá, que realizó la Universidad de Los Andes en conjunto con el Ingeominas. En cuanto a la clasificación de las vías de acuerdo con su ancho, se contó con el Acuerdo No. 2 de 1.980 expedido por el Consejo de Bogotá.

### 2.3 Movilización para la atención de emergencias

La movilidad hace referencia a las necesidades de desplazamiento y cubrimiento de todas las áreas afectadas por parte de las entidades de respuesta en caso de emergencias. Esto implica la movilización de vehículos y funcionarios para llevar a cabo operaciones de rescate y

salvamento, evacuación, abastecimiento, seguridad y en general el traslado de un lugar a otro de la ciudad de las personas que requieren atención inmediata. Esto implica movilización de heridos, fallecidos y en general la movilización de las personas afectadas, que en el caso de un sismo intenso será la mayoría de la población. No conocer los efectos potenciales que causarían las mayores congestiones en la red vial, implicaría una reducción muy notable en la efectividad y eficiencia de la respuesta ante la emergencia y los planes de preparación de carácter institucional o interinstitucional que se realicen podrían estar lejos de poderse ejecutar eficazmente si no consideran dichas realidades. Este trabajo intenta aportar elementos que le permita a las instituciones y al Sistema Distrital de Prevención y Atención de Desastres desarrollar sus planes de emergencia y contingencia considerando aspectos de funcionalidad urbana, esenciales para que la respuesta adecuada y la atención de la población en caso de desastre.

#### **2.4 Desplazamiento de la población a sus hogares u otros sitios**

Muchas personas, dependiendo si el evento ocurre durante el día o la noche, tendrán que desplazarse de sitios diversos de la ciudad para llegar a sus hogares, también se presentará la necesidad de que los niños de los colegios lleguen a sus casas y muchas otras necesidades implicarán el desplazamiento masivo de personas de diversos lugares. Personas que no puedan ocupar sus sitios de habitación o porque puedan haber colapsado total o parcialmente, o porque queden inhabitables temporalmente, mientras se reparan, tendrán que desplazarse a sitios definidos como de albergue o alojamiento temporal o tendrán que refugiarse en casas de familiares o amigos que no hayan sufrido daño. Por lo tanto la necesidad de movilidad para estas personas igualmente será una prioridad en caso de un sismo que afecte de manera moderada o severa la ciudad. El análisis de la vulnerabilidad funcional urbana, las posibilidades de movilidad y la ubicación de alojamientos temporales, permiten definir acciones que en caso de desastre la población debe conocer y que por lo tanto deben ser objeto de divulgación pública preventiva.

## 2.5 Disponibilidad de centros de atención y alojamiento temporal y equipamiento

Para poder determinar la funcionalidad urbana pos terremoto se requiere del manejo de cierta información básica de la ciudad para la atención de emergencias. En primer lugar se dispone de cierta información de tipo puntual:

- Hospitales y centros de salud: Se cuenta con información relacionada con número de camas, número de médicos, número de ambulancias.
- Estaciones de bomberos: número de personas en servicio, número de máquinas.
- Policía, Defensa Civil, Cruz Roja: número de personas y equipos
- Colegios públicos y privados
- Sitios destinados para ubicación de cadáveres
- Parques y coliseos

Para efectos de un plan general para la atención de emergencias, las edificaciones esenciales (indispensables y de atención a la comunidad, Norma NSR-98) deben disponer de una evaluación detallada de su vulnerabilidad sísmica y deben en lo posible ser reforzadas logrando que tengan una baja o muy baja vulnerabilidad estructural, no-estructural y funcional ante eventos severos. Dado que no se cuenta con esta información y considerando que probablemente una buena parte de estas edificaciones son vulnerables, se establece este tema como uno de los prioritarios para definir planes de rehabilitación sismorresistente y disminución de riesgos en el futuro.

Las Figuras 2.5 a 2.9 presentan la anterior información la cual ha sido unificada y homogeneizada en un sistema de información geográfica. El Apéndice 2.2 presenta en detalle la base de datos disponible de cada uno de los puntos anteriores.

Por otra parte, el alojamiento temporal en zonas aptas para este tipo de actividad después de

un desastre implica un estudio detallado de sitios que supera el alcance de este estudio. Es necesario aparte de identificar posibles lugares donde se puedan colocar albergues o refugios, los cuales tienen sus particularidades de construcción, conocer la posibilidad y disponibilidad de servicios, como cocinas industriales, baños públicos, duchas, etc. que tienen que establecerse en el lugar para ser utilizados en forma masiva por las personas alojadas en los albergues. Un inventario de parques y zonas de espacio público disponible se presenta en la Figura 2.9, que podría servir para iniciar un levantamiento detallado con las particularidades que se mencionaron. De igual forma es importante contar con información acerca de escenarios deportivos y de establecimientos educativos que puedan como último recurso utilizarse como zonas de alojamientos temporal.

También se cuenta con información relacionada con toda el área de la ciudad. Para poder manejar esta información, debe definirse una unidad de análisis. En el presente caso se utiliza el concepto de celda que consiste en un área determinada que agrupa un sector con características similares desde el punto de vista de las variables que se manejan.

La Figura 2.10 presenta un mapa general de ubicación de las celdas que se han utilizado para los análisis que siguen.

En el Apéndice 2.3 se muestra la información básica por áreas con que se cuenta para el presente proyecto, conformada por:

- Localidades
- Sectorización por límites de altura de edificaciones
- Sectorización por zonas de uso
- Área construida en m<sup>2</sup> por celda
- Estrato socio económico
- Población por localidades

Finalmente otro tipo de información que resulta vital es la relacionada con la información vial. La Figura 2.11 presenta la malla vial clasificada de acuerdo con el ancho de las vías. Este ancho incluye los espacios correspondientes a las calzadas, separadores y andenes.

- Vía V-0: Ancho mínimo de 100 metros.
- Vía V-1: Ancho mínimo de 60 metros.
- Vía V-2: Ancho mínimo de 40 metros.
- Vía V-3: Ancho mínimo de 28 metros (Para sectores desarrollados)  
Ancho mínimo de 30 metros (Para sectores sin desarrollar)
- Vía V-3E: Ancho mínimo de 25 metros.
- Vía V-4: Ancho mínimo de 22 metros.
- Vía V-5: Ancho mínimo de 18 metros.
- Vía V-6: Ancho mínimo de 15 metros.
- Vía V-7: Ancho mínimo de 12 metros (Zonas residenciales)
- Vía V-8: Ancho mínimo de 10 metros (privada comunal)
- Vía V-9: Ancho mínimo de 6 metros (peatonal)

Para efectos de los análisis aquí realizados, se utilizaron las vías principales de la red vial, lo que corresponde a las vías V-0 a V-3. La Tabla 2.2 incluye una recopilación de la información básica de la ciudad. Por último en la Figura 2.12 se muestra la red vial con la que se trabajó en este proyecto.

## 2.6 Operatividad de los servicios públicos

Por otra parte, la atención en relación con los servicios públicos es una de las actividades vitales luego de la ocurrencia de un evento grave, como lo es un sismo. En principio debe revisarse y restablecerse en orden prioritario los servicios de acueducto y alcantarillado, los servicios de energía, el servicio de gas y los teléfonos. Cada una de las empresas de servicios

No.	NOMBRE DE LA VIA	TIPO DE VIA	IMPORTANCIA	ALINEACION	ID	CALIFICACION	ANCHO (m)
1	Av. Paseo de Los Libertadores (Autopista Norte)	V-0	Primaria	L-1	V0-L1	BAJA	100
2	Av. El Dorado	V-0	Primaria	T-1	V0-T1	BAJA	100
3	Av. De Las Americas	V-0	Primaria	T-2	V0-T2	BAJA	100
4	Av. Ciudad de Quito	V-1	Primaria	L-1	V1-L1	BAJA	60
5	Av. Del Sur	V-1	Primaria	L-2	V1-L2	BAJA	60
6	Av. Boyaca	V-1	Primaria	L-3	V1-L3	BAJA	60
7	Av. Ciudad de Cali	V-1	Basica	L-4	V1-L4	BAJA	60
8	Av. San Jose	V-1	Primaria	T-1	V1-T1	BAJA	60
9	Av. 100	V-1	Basica	T-2	V1-T2	MEDIA	60
10	Av. España	V-1	Primaria	T-3	V1-T3	BAJA	60
11	Av. Medellin	V-1	Primaria	T-4	V1-T4	BAJA	60
12	Av. Del Centenario	V-1	Primaria	T-5	V1-T5	BAJA	60
13	Av. De Los Comuneros	V-1	Primaria	T-6	V1-T6	MEDIA	60
14	Av. Septima	V-2	Primaria	L-1	V2-L1	MEDIA	40
15	Av. Fernando Mazuera Villegas	V-2	Basica	L-2	V2-L2	ALTA	40
16	Av. Caracas	V-2	Basica	L-3	V2-L3	ALTA	40
17	Av. Suba	V-2	Basica	L-4	V2-L4	MEDIA	40
18	Av. Del Congreso Eucaristico (Cra. 68)	V-2	Primaria	L-5	V2-L5	BAJA	40
19	Av. Callejas (Diag. 127 A)	V-2	Basica	T-1	V2-T1	BAJA	40
20	Av. Medellin (Autopista Medellin o Av. 78)	V-2	Basica	T-2	V2-T2	BAJA	40
21	Av. De Chile (Cil 72)	V-2	Basica	T-3	V2-T3	MEDIA	40
22	Av. Jose Celestino Mutis	V-2	Basica	T-4	V2-T4	BAJA	40
23	Av. Pablo VI (Cille 53)	V-2	Basica	T-5	V2-T5	BAJA	40
24	Av. Jorge Eliecer Gaitan	V-2	Primaria	T-6	V2-T6	ALTA	40
25	Av. Ciudad de Lima (Cil. 19)	V-2	Basica	T-7	V2-T7	ALTA	40
26	Av. Pedro Leon Trabuchy	V-2	Basica	T-8	V2-T8	MEDIA	40
27	Av. Colon	V-2	Secundaria	T-9	V2-T9	MEDIA	40
28	Av. De Los Comuneros	V-2	Basica	T-10	V2-T10	ALTA	40
29	Av. Primero de Mayo	V-2	Basica	T-11	V2-T11	MEDIA	40
30	Av. Ciudad de Villavicencio	V-2	Basica Primaria	T-12	V2-T12	BAJA	40
31	Carrera 7	V-3	Basica	L-1	V3-L1	ALTA	30
32	Carrera 11	V-3	Secundaria	L-2	V3-L2	ALTA	30
33	Paseo del Country (Cra. 15)	V-3	Basica	L-3	V3-L3	MEDIA	30
34	Av. Santa Barbara (Av. 19)	V-3	Secundaria	L-4	V3-L4	MEDIA	30
35	Av. Batallon Caldas (C.a 50)	V-3	Secundaria	L-5	V3-L5	BAJA	30
36	Av. De La Constitucion	V-3	Secundaria	L-6	V3-L6	BAJA	30
37	Av. Agoberto Mejia Cifuentes	V-3	Secundaria	L-7	V3-L7	BAJA	30
38	Av. 9 (Desde Cil. 116 hasta Cil. 147)	V-3	Primaria	L-10	V3-L10	MEDIA	30
39	Av. Cordoba (desde Cil. 116 hasta 127)	V-3	Primaria	L-11	V3-L11	BAJA	30
40	Av. 60	V-3	Primaria	L-12	V3-L12	BAJA	30
41	Av. De Las Orquideas (Cil. 161)	V-3	Secundaria	T-1	V3-T1	MEDIA	30
42	Av. De Los Cedritos (Cil. 147)	V-3	Secundaria	T-2	V3-T2	MEDIA	30
43	Av. Iberia (Cil. 134)	V-3	Secundaria	T-3	V3-T3	BAJA	30
44	Av. Callejas (Diag. 127 A)	V-3	Basica	T-4	V3-T4	MEDIA	30
45	Av. Pepe Sierra (Cil 116)	V-3	Secundaria	T-5	V3-T5	MEDIA	30
46	Av. De Chile (Cil 72)	V-3	Secundaria	T-6	V3-T6	ALTA	30
47	Av. Gabriel Andrade Lleras (Cille 68)	V-3	Basica	T-7	V3-T7	MEDIA	30
48	Av. Pablo VI (Cille 53)	V-3	Basica	T-8	V3-T8	MEDIA	30
49	Av. Francisco Miranda	V-3	Secundaria	T-9	V3-T9	MEDIA	30
50	Av. Teusaquillo	V-3	Secundaria	T-10	V3-T10	MEDIA	30
51	Av. De La Esperanza	V-3	Basica	T-11	V3-T11	BAJA	30
52	Av. Jimenez de Quesada	V-3	Secundaria	T-12	V3-T12	ALTA	30
53	Cil.138 (Al Occidente de AutoNorte)	V-3	Secundaria	T-13	V3-T13	BAJA	30
54	Av. Circunvalar	V-3E	Primaria	L-1	V3E-L1	MEDIA	25
55	Transversal 91	V-3E	Secundaria	L-2	V3E-L2	BAJA	25
56	Cra. 100	V-3E	Secundaria	L-3	V3E-L3	BAJA	25
57	Cil. 63 (Cra 7 hasta Av. 30)	V-3E	Primaria	T-1	V3E-T1	MEDIA	25
58	Cil. 140	V-3E	Secundaria	T-2	V3E-T2	MEDIA	25
59	Cil. 22	V-3E	Secundaria	T-3	V3E-T3	BAJA	25



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

### Información Básica Vial

### Tabla 2.2

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

debe contar con un plan de contingencia articulado al plan general de atención de emergencias, el cual se debe tener en cuenta las posibilidades de movilidad en la ciudad. El posible colapso de puentes vehiculares vulnerables en términos estructurales, la caída de puentes peatonales y la obstrucción de vías por el derrumbe eventual de edificios, debe resolverse en el menor tiempo posible para despejar vías que se consideren fundamentales para la atención de la población y el restablecimiento de los servicios públicos. En consecuencia las empresas de servicios tendrán que participar en este tipo de operaciones en algunos casos para llegar y resolver problemas de abastecimiento de agua, saneamiento y disponibilidad de energía.

El Estudio de Microzonificación Sísmica y de Escenarios de Daños de Santa Fe de Bogotá indica que los servicios públicos se afectarán de manera notable incluso con un sismo moderado. En el Apéndice 2.4 se incluyen los mapas estadísticos relativos a los escenarios de daños. Es necesario que las empresas de servicios desarrollen estudios detallados de la vulnerabilidad de los sistemas, con el fin de identificar los sitios críticos que se deben intervenir y para elaborar planes de contingencia específicos y realistas.

De la misma manera en el Apéndice 2.5 se incluye la información sobre longitudes de onda y otras características con las cuales se deben hacer estudios detallados del comportamiento de tuberías por ejemplo, tal como ya lo hizo la Empresa de Gas Natural.

Es importante mencionar que los estudios detallados de la vulnerabilidad de los servicios públicos exceden el alcance de este trabajo y que por lo tanto aquí se referencian como un aspecto de especial importancia de la vulnerabilidad funcional urbana, sin entrar en los detalles del funcionamiento de las redes en caso de desastre. Sería deseable, que al igual como la Empresa de Gas Natural realizó su estudio detallado de Vulnerabilidad de la Red de Gas Natural de Santa Fe de Bogotá, (Universidad de los Andes, 1999), las demás empresas de servicios públicos los hicieran también para poder depurar y precisar los planes de emergencias y contingencia de dichas empresas y de la ciudad en general. Para efectos de

ilustración del estudio antes mencionado, realizado por la Universidad de los Andes, las Figuras 2.13 y 2.14, presentan para la Red de Gas Natural de la ciudad los factores de seguridad por efecto de los esfuerzos axiales causados por un sismo cercano con un período de retorno de 475 años, y los factores de seguridad por efecto de un sismo con un período de retorno de 1000 años. De igual forma las Figuras 2.15 y 2.16, ilustran consecuentemente los tramos en los cuales se pueden presentar mayores daños por kilómetro para ambos escenarios sísmicos. Puede notarse que la Red de Gas Natural es confiable incluso para el sismo de 1000 años de período de retorno cuya probabilidad de ocurrencia es bastante baja. Un estudio sísmico similar, detallado, sería deseable para las demás redes de la ciudad.

## 2.7 Hipótesis de respuesta en caso de emergencia ..

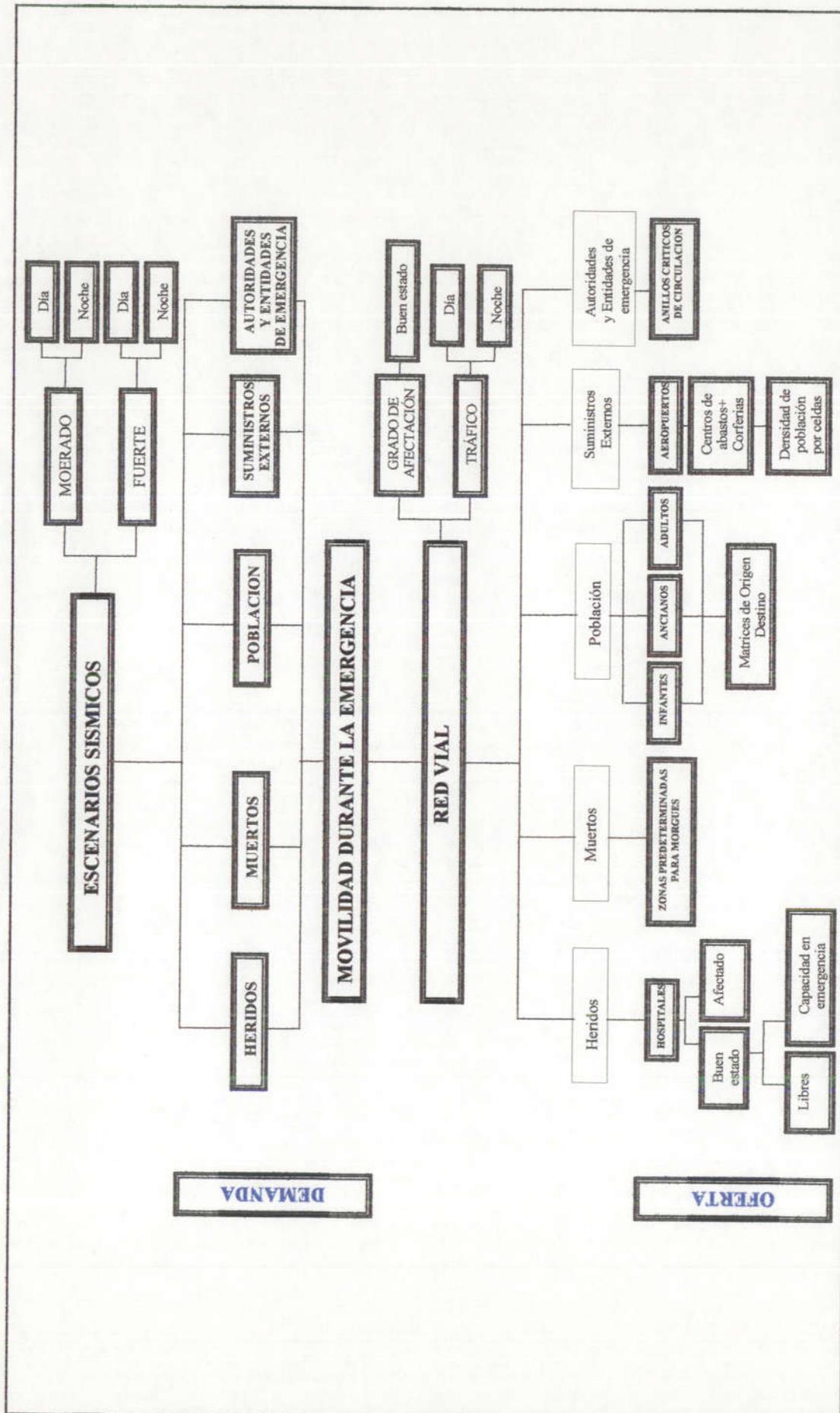
Para poder cuantificar el problema de la funcionalidad urbana después de la ocurrencia de un terremoto en una ciudad como Santa Fe de Bogotá, se parte de unas hipótesis relacionadas con la operatividad en la atención de la emergencia. Estas hipótesis son:

- (a) Con respecto a la movilización de heridos se parte del supuesto de que se llevará cabo una atención prehospitalaria en la cual se hace el *triage* o clasificación de heridos. De acuerdo con este planteamiento, una vez los heridos graves han sido clasificados serán remitidos a los hospitales y aquellas personas con lesiones leves, después de los primeros auxilios, se desplazarán hacia sus hogares. Estos puntos de *triage*, en lo posible, se ubicarán en cercanías de los grandes hospitales y estarían a cargo de la Secretaría de Salud del Distrito. Ver plan de atención de emergencias de la Secretaria de Salud.
- (b) Con respecto a las personas fallecidas, se establecerán morgues de emergencia en algunos sitios estratégicos. Para el caso de las evaluaciones que se plantean más adelante se establecieron con el criterio de expertos los siguiente sitios como zonas de ubicación de cadáveres:

- Estadio El Campín
  - Escuela de Caballería de Usaquén
  - Escuela de la Policía en el Sur.
- (c) En caso que el sismo ocurra en el día, se parte de la hipótesis de que los niños menores que están en los Colegios deben permanecer allí hasta que sean recogidos por sus respectivos padres. Cada institución en lo posible debe tener su plan de contingencia y estar preparada para mantener al menos un grupo de niños menores durante algunas horas mientras son recogidos por sus padres o son llevados a un centro de reunión organizado por las entidades de emergencia.
- (d) En cuanto a las entidades que atienden discapacitados o personas de edad que no pueden movilizarse por sí solos, se parte de la necesidad de que exista un plan para estos casos. Se requiere de un inventario con ubicación y cantidad de personas que alberga cada uno de los centros que pueden ser afectados.
- (e) Las personas que pueden movilizarse por sí solas tendrán dos destinos posibles en las horas siguientes a la ocurrencia del evento. Las zonas residenciales y las zonas donde se concentran los colegios.
- (f) Las zonas con un porcentaje de destrucción elevado deben cerrarse al acceso de vehículos y deben militarizarse tan pronto como sea posible. En estas zonas de alta destrucción no se debe permitir la circulación de vehículos. Simultáneamente se deben establecer anillos de circulación alrededor de las zonas afectada, con el fin de permitir el acceso a dichos sitios.
- (g) Deben definirse las zonas donde se instalarán los albergues provisionales para las personas que quedaron sin vivienda. Estas zonas corresponden a parques y espacios

abiertos no construidos de la ciudad. Se debe contar con un plan para el alojamiento temporal de familias. Este plan puede basarse en los porcentajes de daños esperados por áreas para cada uno de los escenarios sísmicos y en el inventario de parques y zonas abiertas dentro del perímetro urbano.

- (h) Los suministros externos llegarían principalmente por vía terrestre. Se parte de la hipótesis que se tendrá total disposición de las diferentes carreteras de acceso a la ciudad por el Norte, por el Occidente, por el Sur y por el Sur Oriente. Se considera que los centros de acopio serán los mismos que actualmente existen en la ciudad. También se dispone de excelentes instalaciones centrales en la ciudad en la zona de Corferias, las cuales pueden funcionar como central de operaciones de los suministros.
- (i) Los recursos y suministros por vía aérea llegarían al aeropuerto El Dorado y al Aeropuerto Guaymaral. Ambos cuentan con rutas de acceso hasta los centros de abastos existentes.



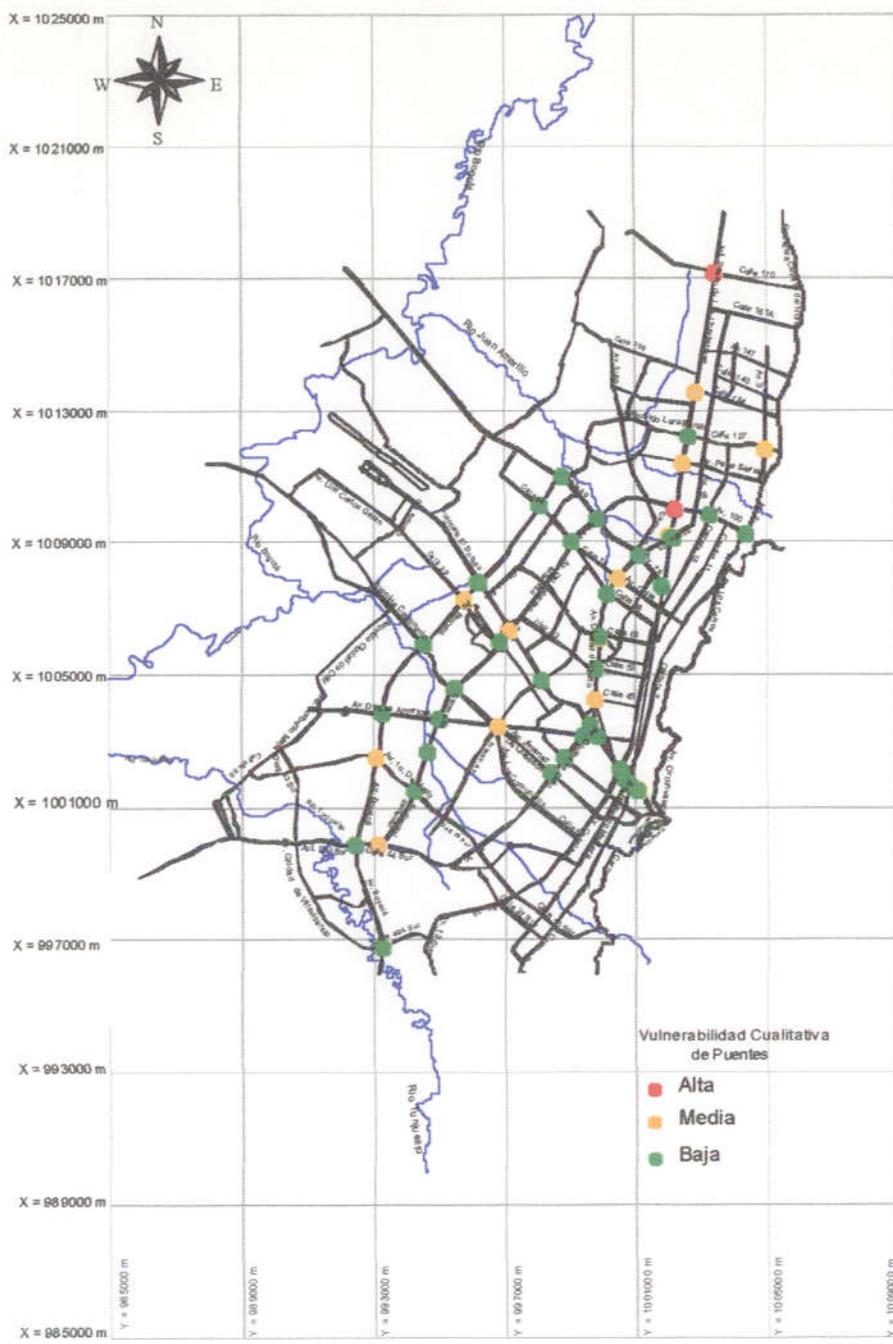
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Figura 2.1

Diagrama de Oferta Vs Demanda

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento  
 Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



**Vulnerabilidad cualitativa de los Puentes Vehiculares Principales**

**Figura 2.2**

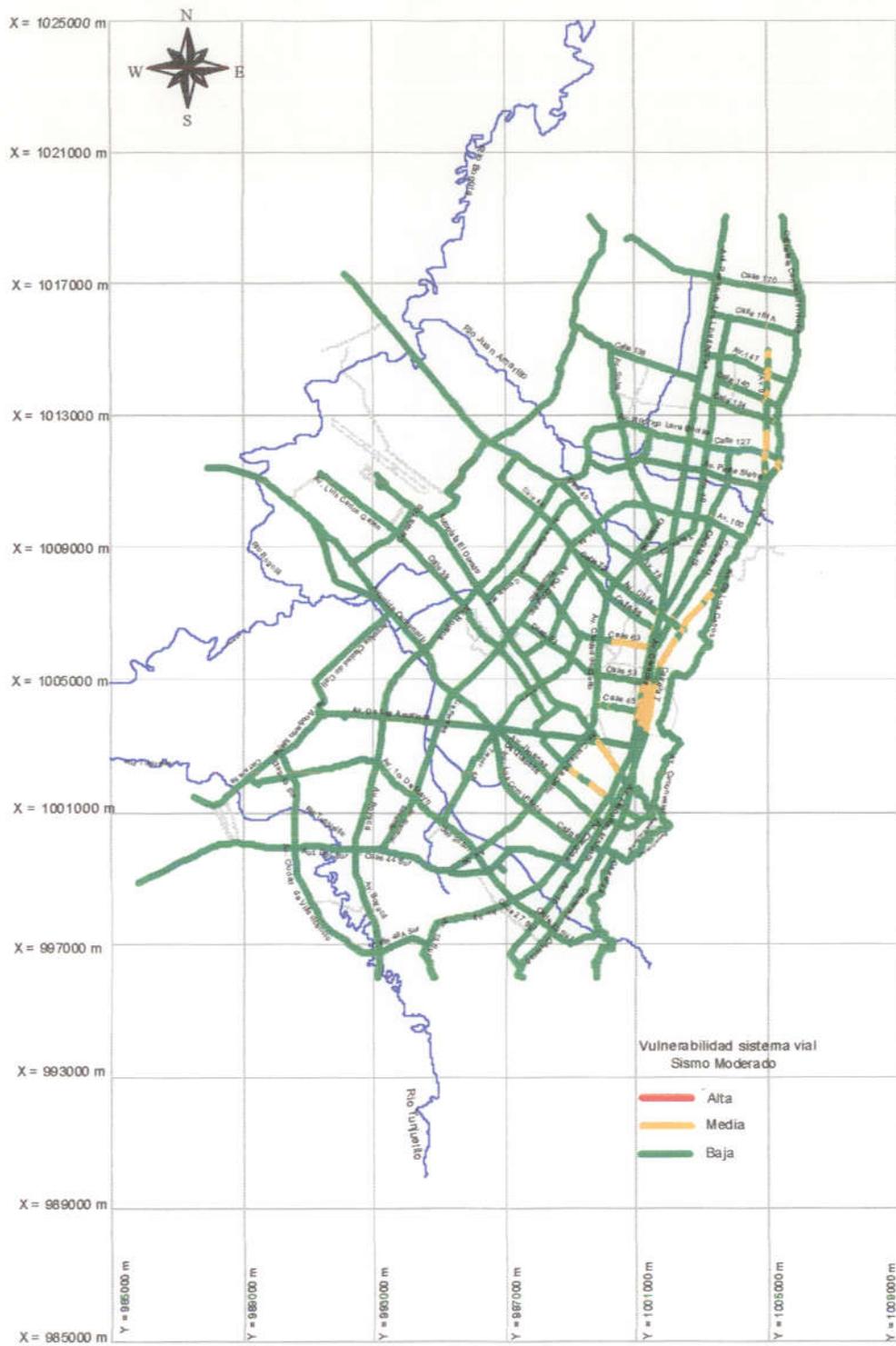
**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



**DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Potencial de Obstrucción del sistema Vial - Sismo Moderado**

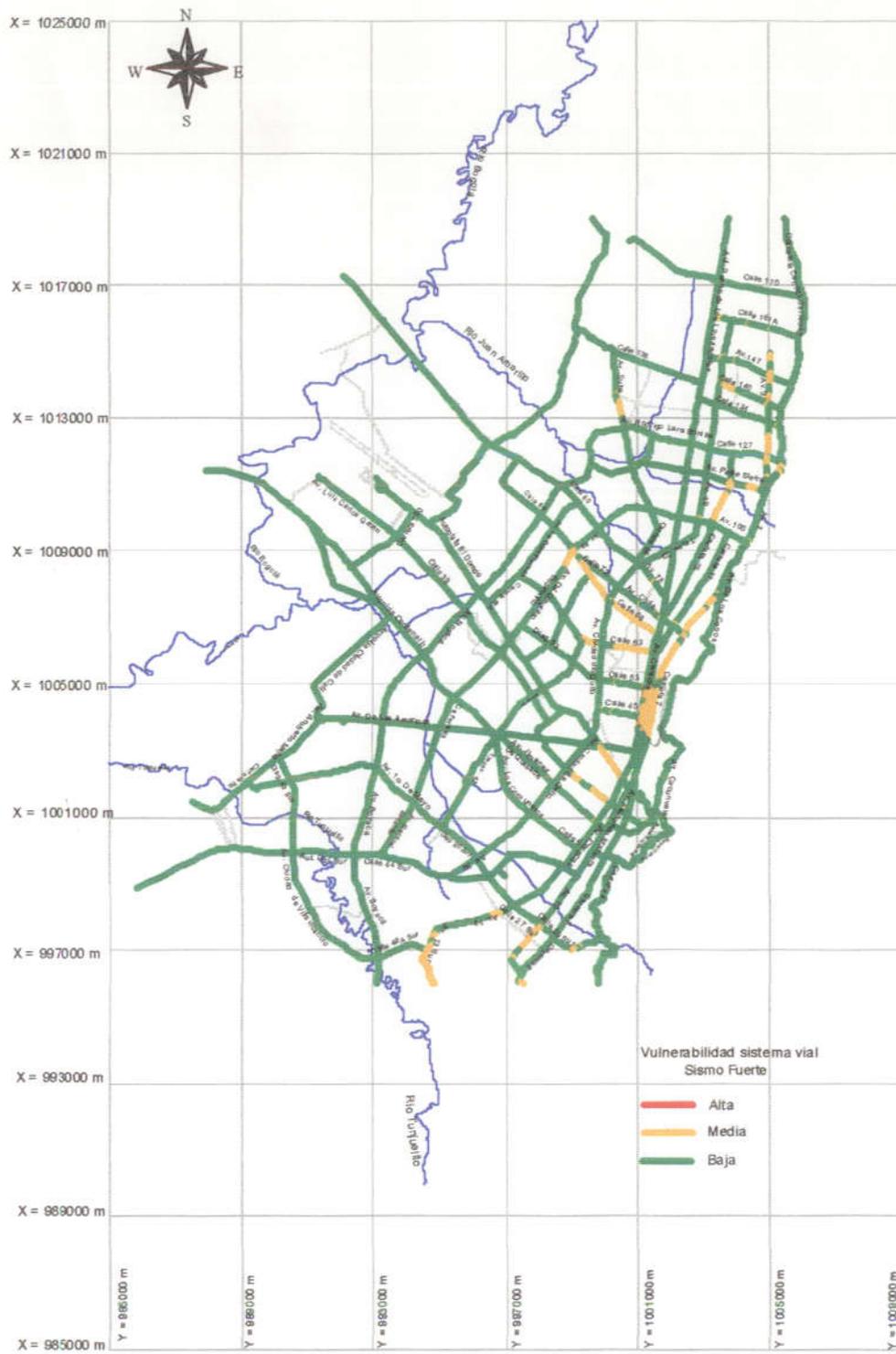
**Figura 2.3**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

X



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Potencial de Obstrucción del  
Sistema Vial- Sismo Fuerte**

**Figura 2.4**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

### Hospitales y Centros de Salud

### Figura 2.5

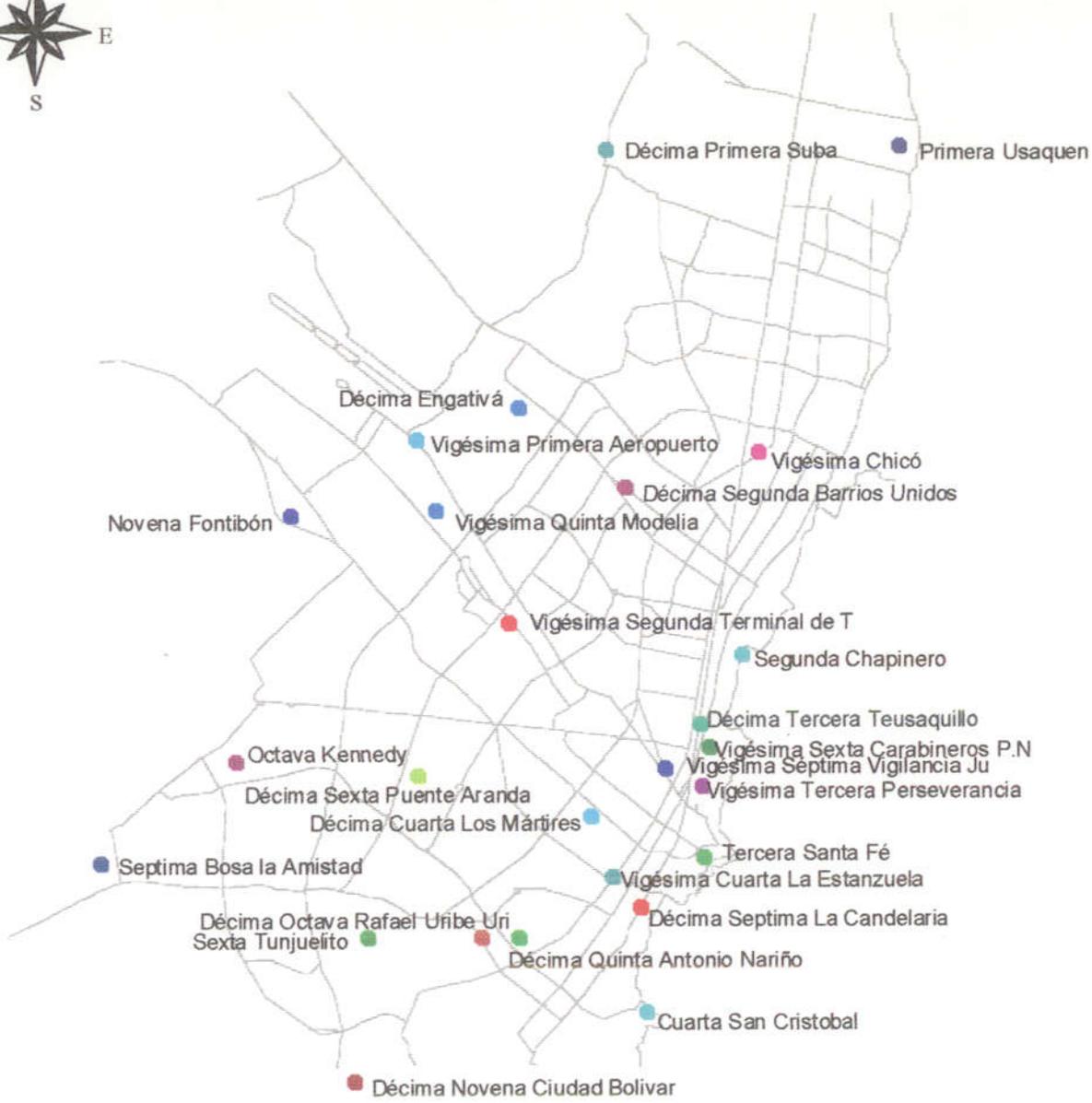
Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Estaciones de Bomberos</b></p>	<p><b>Figura 2.6</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			




DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

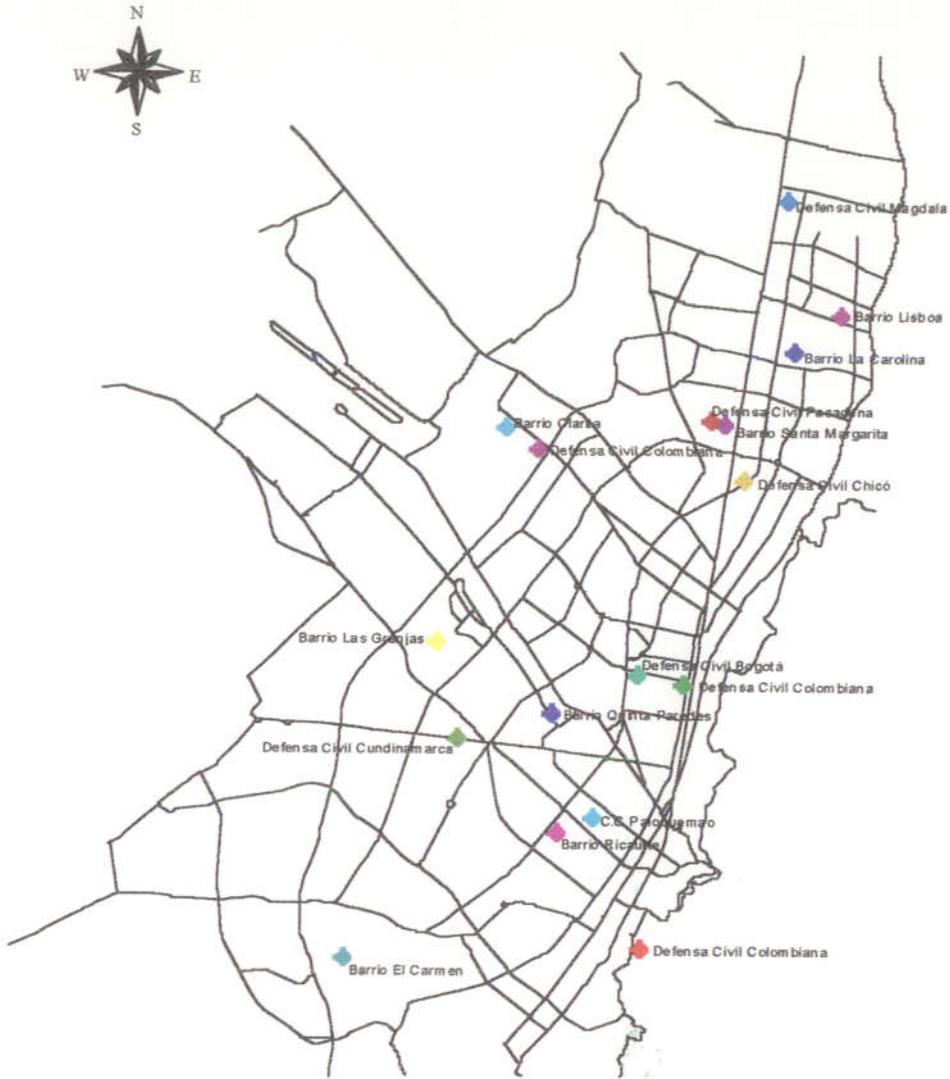
**Estaciones de Policía**

**Figura 2.7**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Defensa Civil</b></p>	<p><b>Figura 2.8</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>			



**METROPOLITANOS EXISTENTES**

- 1 Parque Nacional
- 2 Parque de la Independencia
- 3 San Cristobal - 1 de mayo
- 4 El Tunal
- 5 Timiza
- 6 Cayetano Cañizares
- 7 Américas (Mundo Aventura)
- 8 La Florida
- 9 Parque Central Simón Bolívar
- 10 Parque el Salitre
- 11 Unidad Deportiva El Salitre
- 12 Jardín Botánico
- 13 Centro de Alto Rendimiento
- 14 Parque de los Novios

**METROPOLITANOS PROPUESTOS**

- 15 Virgilio Barco
- 16 Parque lineal Molinos-Córdoba-Juan Amarillo
- 17 Jaboque
- 18 San Rafael-La Aguadora
- 19 Canal Torca
- 20 El Virrey
- 21 Canal Arzobispo
- 22 San Cristóbal Arboledas

- 23 Parque Lineal Río Fucha
- 24 Usme Villa Alemana
- 25 Entre Nubes
- 26 Parque Lineal Río Tunjuelito
- 27 Chicó Sur
- 28 Tibanica
- 29 Gibraltar
- 30 Canal San Francisco - Boyacá
- 31 Humedal Juan Amarillo
- 32 La Concejera
- 33 Parque del Indio
- 34 Río Negro - Salitre
- 35 Invisión Cementerio
- 36 Bosque San Carlos
- 37 Santa Lucía
- 38 Arboledora Alta

**ZONALES EXISTENTES**

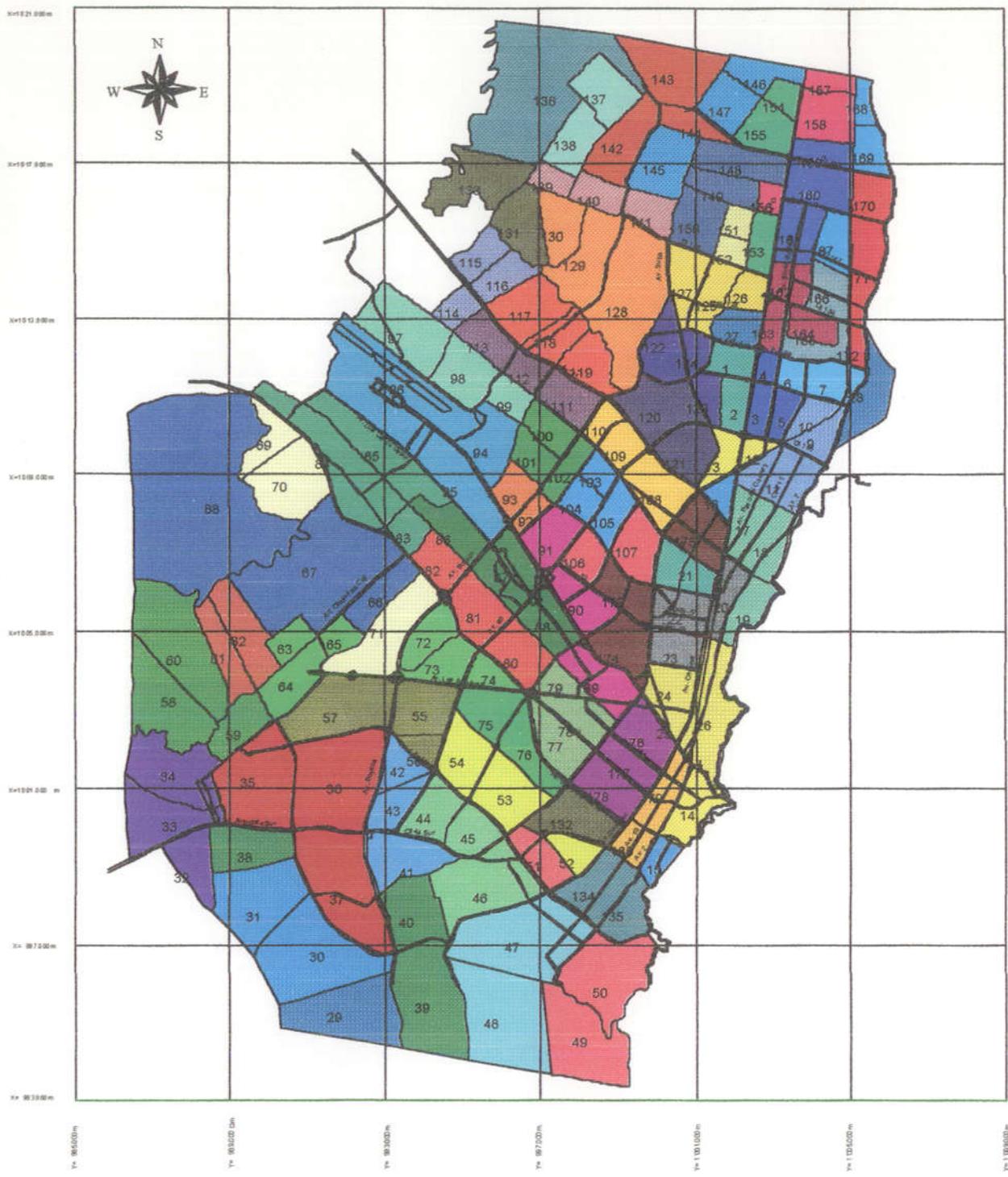
- 39 Servitá
- 40 Altablanca
- 41 Las Cruces
- 42 Atenas
- 43 Villa de los Alpes
- 44 Valles de Cafam
- 45 La Andrea
- 46 El Virrey Sur
- 47 Nuevo Muzú
- 48 Pavco-Autopista Sur
- 49 Clarelandia
- 50 Parque del Río
- 51 Palestina
- 52 Patio Bonito
- 53 Castilla
- 54 La Amsitad
- 55 Atahualpa
- 56 Sauzalito
- 57 Zona Franca
- 58 La Serena
- 59 San Andrés
- 60 La Gaitana
- 61 Tibabuyes
- 62 Gimnasio del Norte
- 63 Eduardo Santos
- 64 La Fragua
- 65 Ciudad Montes

**ZONALES PROPUESTOS**

- 74 La Vida
- 75 Nueva Autopista
- 76 Gustavo Uribe
- 77 Hippias
- 78 Moralba
- 79 Gaitán Cortés
- 80 La Victoria
- 81 Aurora II
- 82 Famaco
- 83 Laureles Naranjo
- 84 EL Tintal
- 85 La Igualdad
- 86 Carmen de la Laguna
- 87 Villa Luz
- 88 Villas de Granada
- 89 Tabora (Santa María del Lago)
- 90 San José de Bavaria
- 91 Alcázares
- 92 Nicolás de Federmán
- 93 Santa Isabel Las Lajas
- 94 Paloquemao
- 95 Ciudad Jardín
- 96 Villa Mayor Principal
- 97 Milenta Tejar San Eusebio
- 98 Planta de Asfalto
- 99 Nueva Santa Fé
- 100 Diana Turbay
- 101 Sierra Morena (Ecoparque)

Referencia : Revista Habitar. El Tiempo. No. 177 VIII-99

 DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	<b>Parques de Santa Fe de Bogotá</b>	<b>Figura 2.9</b>	 UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales
	<b>Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b>		



Sectorización por celdas

Figura 2.10

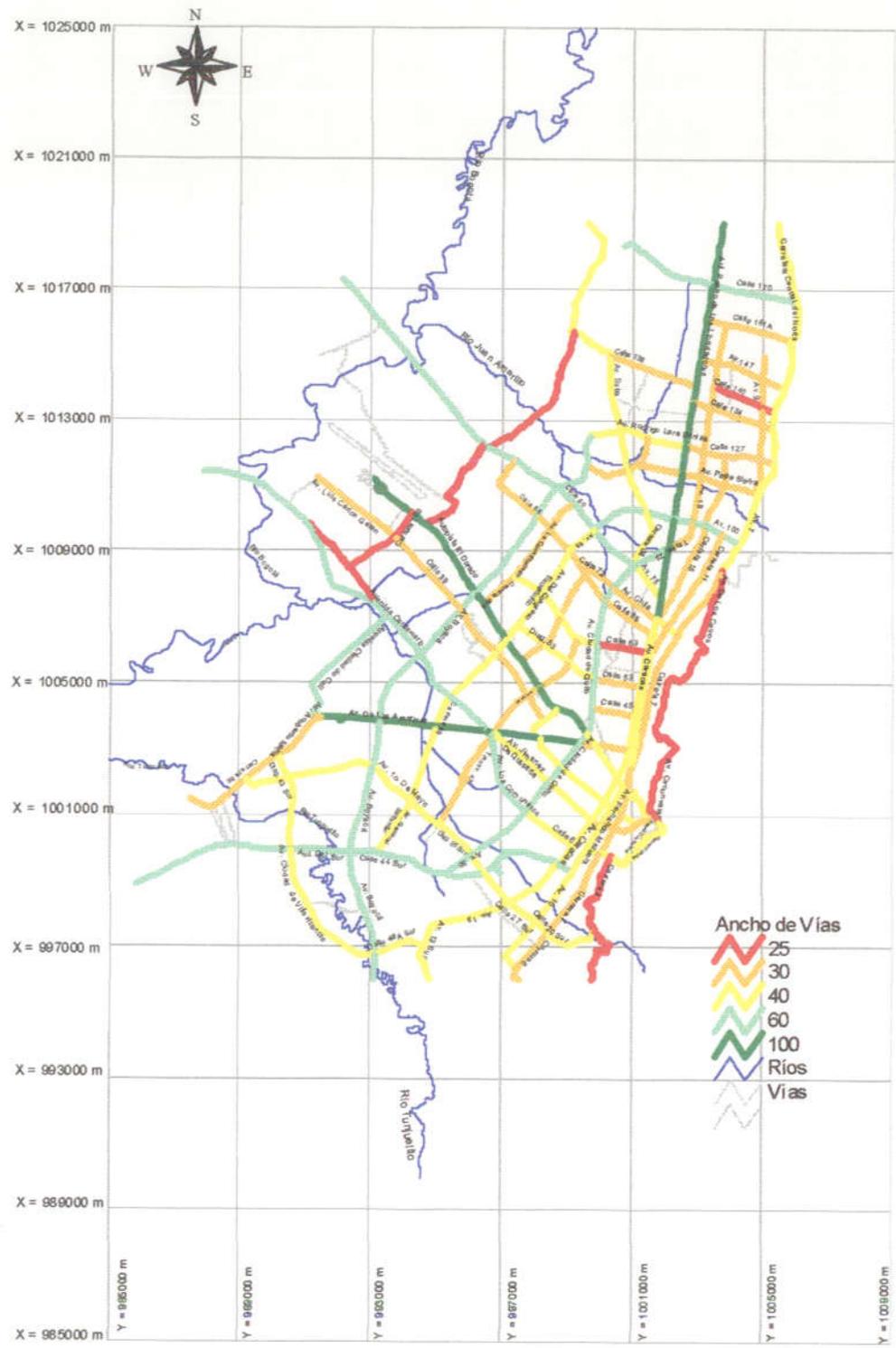
Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

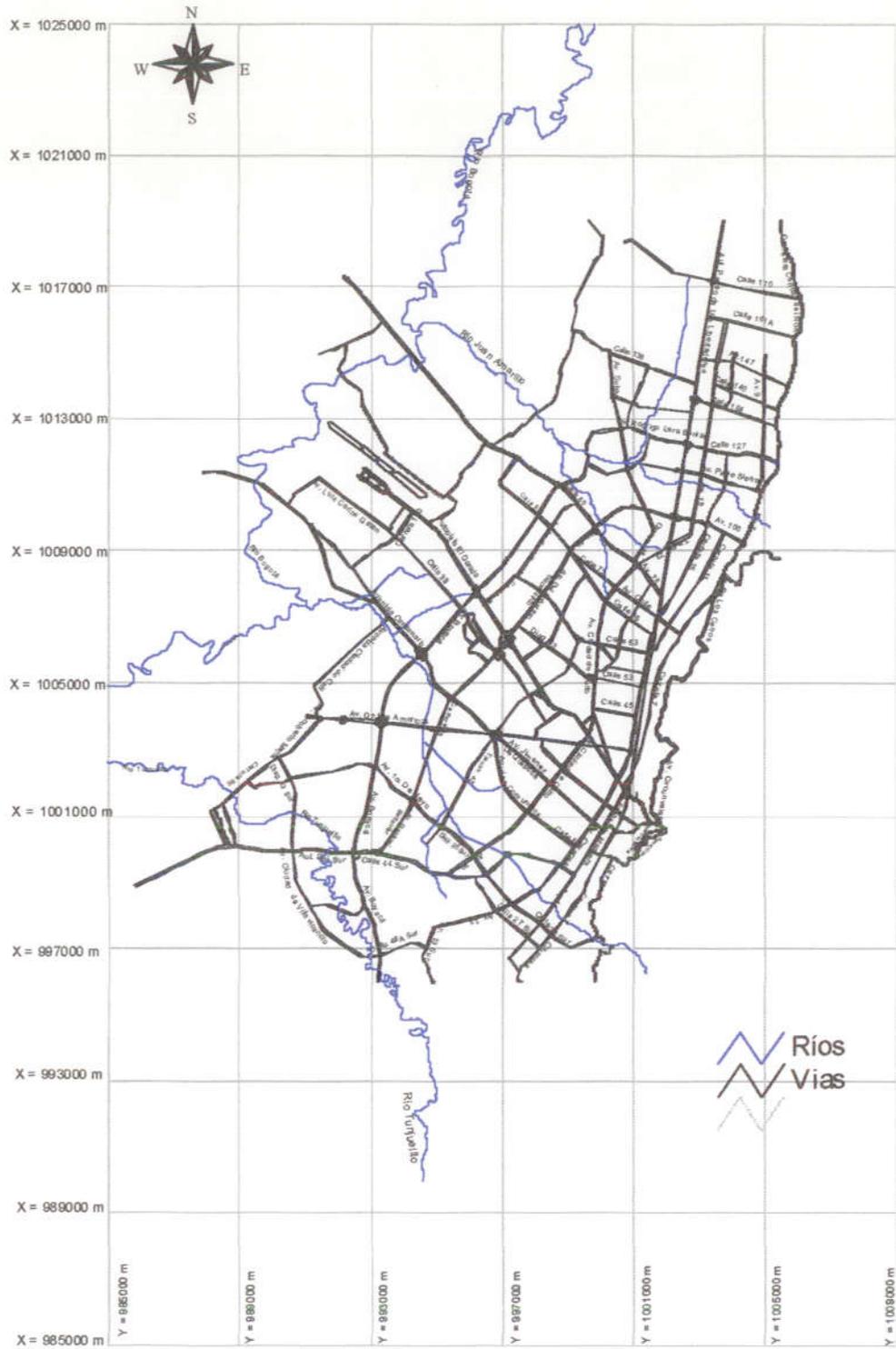
Ancho de las Vías

Figura 2.11

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



**Red Vial Principal**

**Figura 2.12**

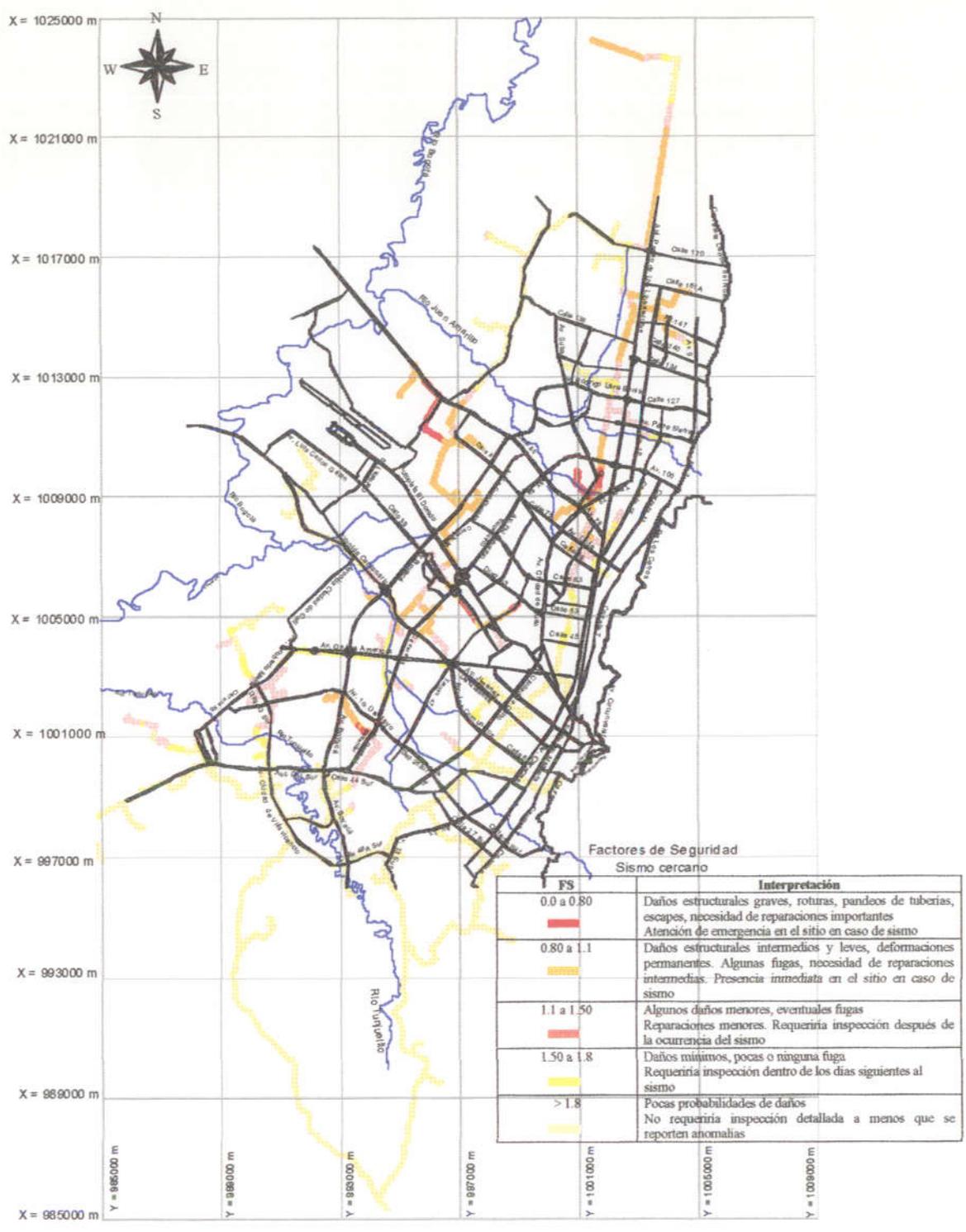
**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

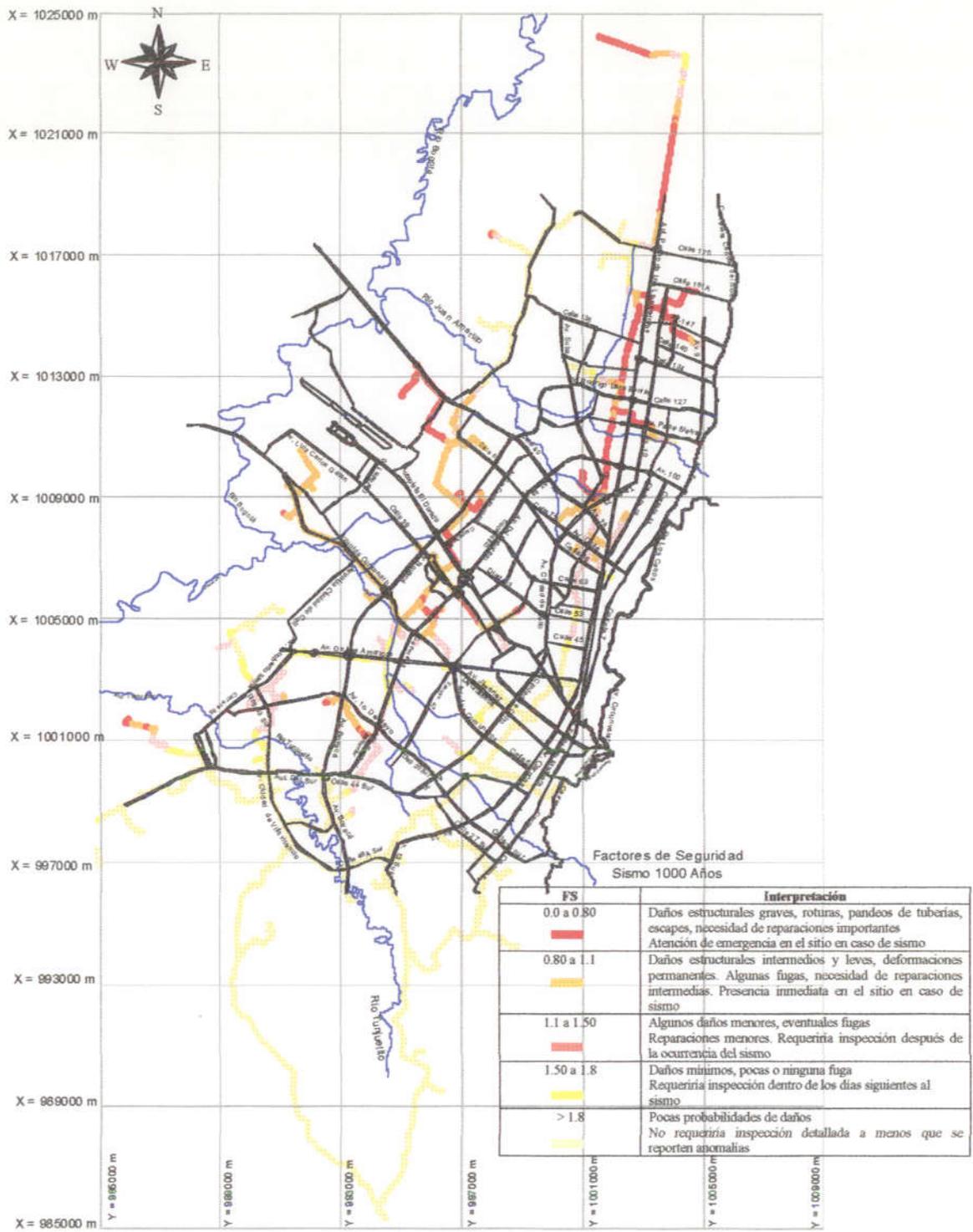


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



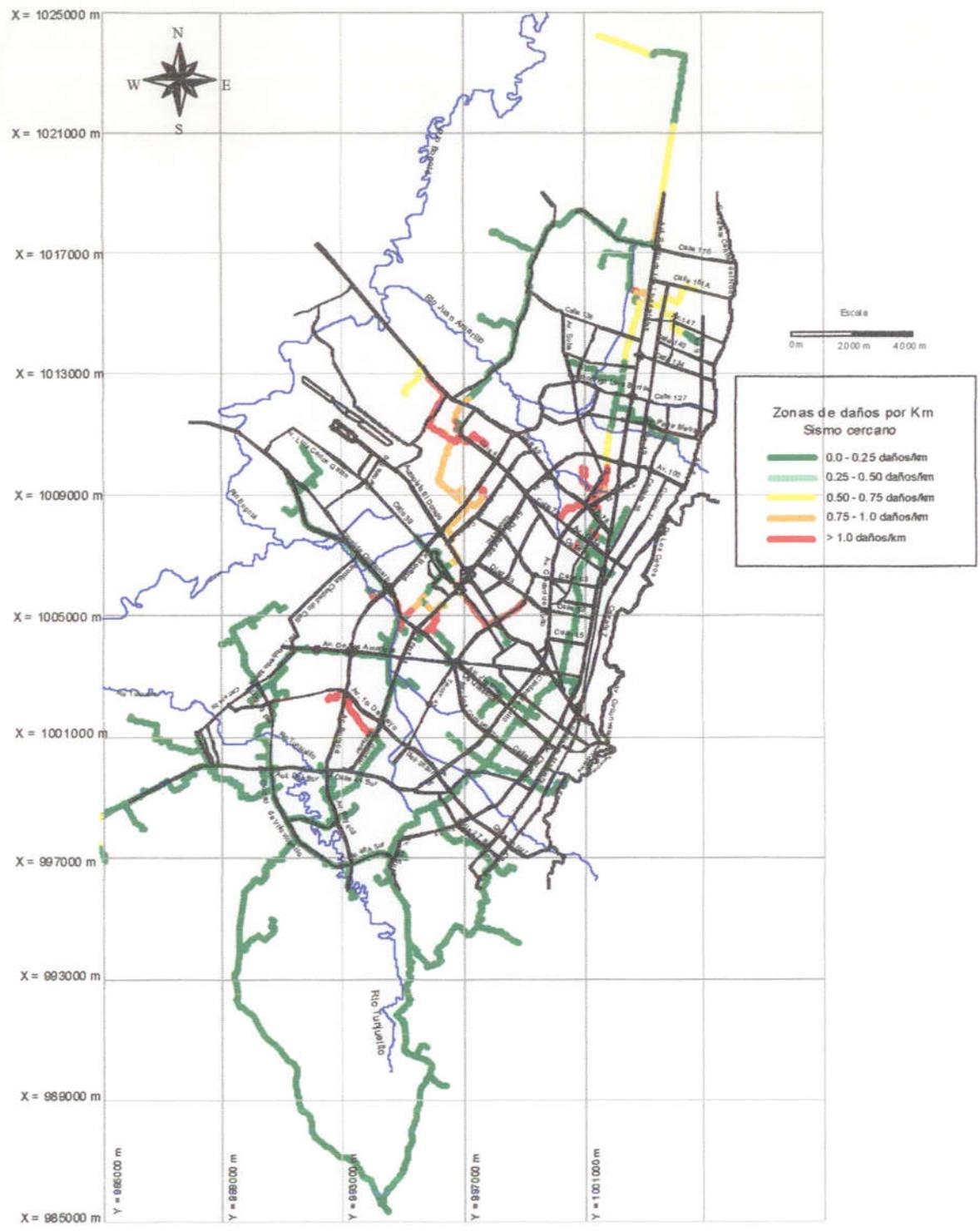
Referencia : Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de Distribución y Suministro de Gas Natural en Santa Fe De Bogotá, Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá Julio de 1999

 <p>DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.</p>	<p><b>Factores de Seguridad para Esfuerzos Axiales - Red de Gas Sismo Cercano</b></p>	<p><b>Figura 2.13</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
	<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>		



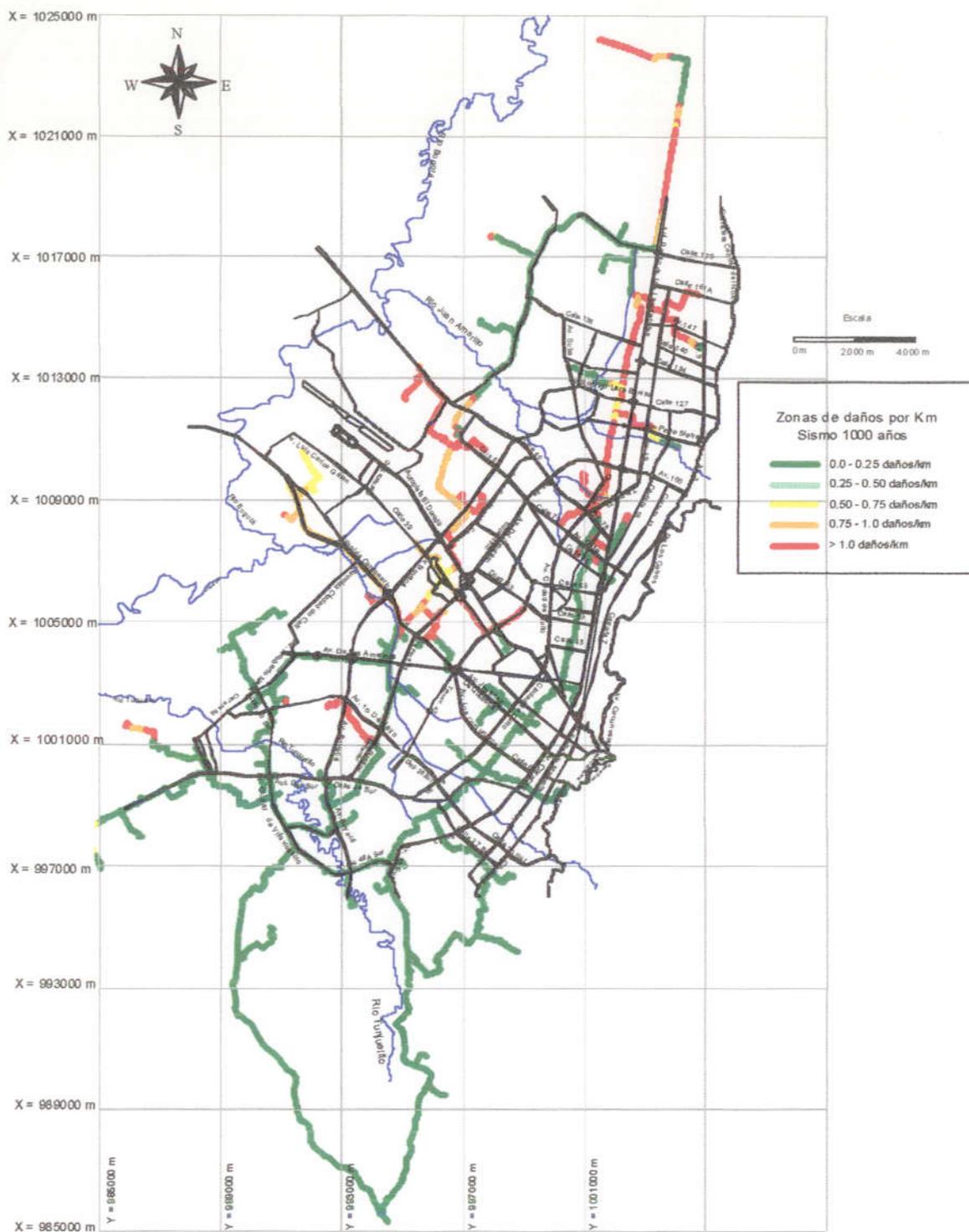
Referencia : Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de Distribución y Suministro de Gas Natural en Santa Fe De Bogotá, Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá Julio de 1999

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Factores de Seguridad para Esfuerzos Axiales - Red de Gas Sismo 1000 años</b></p> <p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>	<p><b>Figura 2.14</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
---	---	---------------------------	--



Referencia : Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de Distribución y Suministro de Gas Natural en Santa Fe De Bogotá, Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá Julio de 1999

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Zonas de Daño por km -Red de Gas Sísmo Cercano de Análisis</b></p>	<p><b>Figura 2.15</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			



Referencia : Vulnerabilidad Sísmica del Sistema de Distribución y Suministro de Gas Natural en Santa Fe De Bogotá, Universidad de Los Andes. Santa Fe de Bogotá Julio de 1999



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Zonas de Daño por km -Red de Gas Sismo de 1000 años**

**Figura 2.16**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

### 3 ESTIMACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO RELATIVO

Santa Fe de Bogotá es una urbe de más de 6 millones de habitantes. La ciudad tiene 19 alcaldías menores con notables diferencias físicas, económicas y sociales. En conjunto, el riesgo sísmico de Santa Fe de Bogotá es alto, pero las estimaciones comparativas de riesgo de sus localidades son muy distintas debido a sus diferencias sociales, económicas y de resiliencia. Aunque la ciudad cuenta con una microzonificación sísmica detallada y con escenarios de pérdidas por terremoto estimados, es necesario analizar otras variables importantes de cada alcaldía menor para estimar el riesgo sísmico real en cada una. Se desarrolló un estudio comparativo y holístico para incluir aspectos sociales y económicos adicionales a las variables sismológicas y de ingeniería obtenidas del estudio detallado de microzonificación. Aquí se presenta el enfoque multidisciplinario usado, la metodología, los resultados y cómo la administración de la ciudad podría usarlos, desde la perspectiva de la planificación sectorial, para promover medidas de prevención de acuerdo con la estimación del riesgo de cada alcaldía menor.

#### 3.1 Enfoque holístico

En los últimos años, desde la perspectiva de los desastres naturales, el riesgo se ha intentado dimensionar, para efectos de la gestión, como las posibles consecuencias económicas, sociales y ambientales que pueden ocurrir en un lugar en un tiempo determinado. Sin embargo, la conceptualización del riesgo no ha sido integral sino fragmentada, de acuerdo con el enfoque de cada disciplina involucrada en su valoración. Para estimar el riesgo de acuerdo con su definición es necesario tener en cuenta, desde un punto de vista multidisciplinario, no solamente el daño físico esperado, las víctimas o pérdidas económicas equivalentes, sino también factores sociales, organizacionales e institucionales, relacionados con el desarrollo de las comunidades. En la escala urbana, por ejemplo, la vulnerabilidad

como factor interno de riesgo, debe relacionarse no solamente con la exposición del contexto material o su susceptibilidad física de ser afectado, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad expuesta. La falta de organización institucional y comunitaria, las debilidades en los preparativos para la atención de emergencias, la inestabilidad política y la falta de salud económica de un área geográfica contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del evento, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del impacto en el área geográfica considerada.

La evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general: Una vez conocida la amenaza o peligrosidad  $H_i$ , entendida como la probabilidad que se presente un evento con una intensidad mayor o igual a  $\hat{i}$  durante un período de exposición  $t$ , y conocida la vulnerabilidad  $V_e$ , entendida como la predisposición intrínseca de los elementos expuestos a ser afectados o de ser susceptibles a sufrir una pérdida ante la ocurrencia de un evento con una intensidad  $i$ , el riesgo  $R_{ie}$  puede entenderse como la probabilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento  $e$ , como consecuencia de la ocurrencia de un evento con una intensidad mayor o igual a  $i$ ,

$$R_{ie} | t = (H_i \cdot V_e) | t \quad [1]$$

es decir, la probabilidad de exceder unas consecuencias sociales y económicas durante un período de tiempo  $t$  dado (Cardona, 1986).

Aquí se propone una conceptualización del riesgo desde la perspectiva de considerar no solamente variables sísmicas y estructurales, sino también variables económicas, sociales, de capacidad de respuesta o recuperación posterremoto, o resiliencia, que permitan orientar de manera efectiva las decisiones de mitigación del riesgo. Una estimación de este tipo podría considerarse holística, es decir integral o completa del riesgo. Para el efecto, se parte de las estimaciones de pérdidas o escenarios urbanos de daños por sismo, debido a que son el

resultado de la convolución de la amenaza sísmica, o microzonificación de la ciudad, y la vulnerabilidad física de las edificaciones y de la infraestructura; aspectos a partir de los cuales se define un índice de riesgo físico o “hard”. Posteriormente, se valora un índice de riesgo del contexto o “soft”, resultado de la estimación del descriptor de amenaza sísmica relativa y su convolución con el descriptor de vulnerabilidad del contexto, que se basa en indicadores de exposición, fragilidad social y resiliencia relativa de las unidades de análisis que conforman el centro urbano. Dichas unidades de análisis pueden ser alcaldías menores, distritos o localidades con alguna autonomía administrativa, que faciliten a la autoridad administrativa de la ciudad a llevar a cabo la gestión del riesgo utilizando los resultados de la estimación holística y multidisciplinaria del riesgo sísmico urbano.

### 3.2 Metodología de evaluación comparativa

El procedimiento propuesto para 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 sísmico total,  $IRT_k$ , el cual está expresado por:

$$IRT_k = IRH_k \cdot \delta IRH_k + IRS_k \cdot \delta IRS_k \quad [2]$$

donde  $IRH_k$ , es el índice de riesgo sísmico duro o físico (*hard*), el cual está basado en descriptores obtenidos de los estimativos de las pérdidas potenciales urbanas que pueden causar futuros terremotos;  $IRS_k$ , es el un índice de riesgo sísmico del contexto o blando (*soft*), obtenido del producto escalado de los descriptores de amenaza sísmica y de vulnerabilidad del contexto, y  $\delta IRH_k$ ,  $\delta IRS_k$  son los factores de participación de cada índice para cada área de análisis  $k$ ; por su parte

$$IRH_k = \sum_i XIR_i \cdot \delta IR_i \quad [3]$$

donde  $XIR_i$  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  $k$ ; y

$$IRS_k = \alpha ((HS_k - \beta)(VS_k - \beta) + \beta) \quad [4]$$

siendo  $HS_k$  el descriptor de amenaza sísmica del contexto,  $VS_k$ , el descriptor de vulnerabilidad del contexto, y  $\alpha$  y  $\beta$  son constantes de visualización relativas a la media y la desviación estandar de los valores, que se mencionan adelante en la técnica de escalamiento.

A su vez

$$HS_k = \sum_i XH_i \cdot \delta H_i \quad [5]$$

siendo  $XH_i$  el valor de los indicadores  $i$  obtenido del estudio de microzonificación sísmica urbana y  $\delta H_i$  el factor de participación de cada indicador  $i$ , para cada área de análisis  $k$ ;

$$VS_k = EV_k \cdot \delta E_k + FV_k \cdot \delta F_k + RV_k \cdot \delta R_k \quad [6]$$

donde,  $EV_k$ ,  $FV_k$ ,  $RV_k$  son indicadores de exposición, fragilidad social y falta de resiliencia, y  $\delta E_k$ ,  $\delta F_k$ ,  $\delta R_k$  son sus factores de participación para cada área de análisis  $k$ , lo que es equivalente a

$$VS_k = (\sum_i XE_i \cdot \delta E_i) \delta E_k + (\sum_i XF_i \cdot \delta F_i) \delta F_k + (\sum_i XR_i \cdot \delta R_i) \delta R_k \quad [7]$$

siendo  $XE_i$ ,  $XF_i$ ,  $XR_i$ , los valores de los indicadores  $i$  que componen la exposición, fragilidad social y falta de resiliencia y  $\delta E_i$ ,  $\delta F_i$ ,  $\delta R_i$ , la participación de cada indicador  $i$ , para cada área de análisis  $k$ , respectivamente.

Estos índices, descriptores, factores e indicadores se deben definir con base en información disponible para todas las unidades de análisis. Conceptualmente deben reflejar, de la manera más directa posible, lo que se quiere valorar y debe evitarse el uso simultáneo de variables o indicadores que expresen aproximadamente el mismo aspecto. La Figura 3.1 indica la composición de los índices de riesgo de acuerdo con la nomenclatura mencionada.

### 3.2.1 Escalamiento

Antes de integrar mediante una combinación lineal los indicadores en descriptores y a su vez los descriptores en factores e índices, éstos deben ser escalados en unidades compatibles que permitan hacer análisis relativos conmensurables. El área el espacio público para la atención masiva de personas y el personal de rescate, por ejemplo, no pueden relacionarse en forma directa, porque en el primero se utilizan  $m^2$  y en el segundo personas. La técnica adoptada para este caso es escalar con respecto a la media  $\bar{X}_i$  y la desviación estándar  $S_i$ , así:

$$X'_{ik} = \frac{X_{ik} - (\bar{X}_i - \beta S_i)}{\alpha S_i} \quad \text{ó} \quad X'_{ik} = \frac{-X_{ik} + (\bar{X}_i + \beta S_i)}{\alpha S_i} \quad [8]$$

donde las  $X'_{ik}$  y  $X_{ik}$  son el valor escalado y el dato crudo, para la localidad  $k$  y el indicador  $i$ , y  $\alpha$  y  $\beta$  son constantes de visualización relacionadas con la media y la desviación estándar; así si  $\alpha$  es 0.8 y  $\beta$  es 4.0 los valores de los indicadores se escalan con respecto a la media (0.0) más 5.0 ( $\beta/\alpha$ ) y la desviación estándar (1.0) se expande 1.25 ( $1/\alpha$ ). Estas constantes se deben mantener durante todo el procedimiento de escalamiento. La ecuación cambia de signo cuando el indicador es inverso al factor que se valora, como es el caso de los indicadores de resiliencia, los cuales son inversos a la vulnerabilidad del contexto.

Expresar el resultado como una combinación lineal implica que no existe interacción entre los indicadores o entre los indicadores y los factores de participación utilizados para la

ponderación. No obstante, casi todos los índices de este tipo, desarrollados hasta la fecha, usan un enfoque basado en una combinación lineal y la búsqueda de otros enfoques ha permitido concluir que la combinación lineal es aceptable, si se tienen en cuenta las incertidumbres e imprecisiones inherentes de los datos. Por otra parte, hacer de un índice riesgo una función no lineal podría llegar a ser más adecuado, pero no es claro qué tipo de función podría ser y su complejidad asociada hace que el enfoque termine por ser inconsistente con el objetivo de buscar una metodología sencilla para obtener un índice fácil de evaluar y de fácil entendimiento.

### 3.2.2 Ponderación

Una vez los indicadores son conmensurables, se debe realizar su ponderación. El factor de participación de cada indicador ilustra que tan importante es el indicador con respecto a los demás en la determinación de un factor componente o del mismo índice de riesgo sísmico. Un índice de esta naturaleza debe tratar de capturar el conocimiento colectivo de todos los expertos para definir su valor, concebido por un grupo como un todo. La ponderación es correcta siempre que cumpla con esa meta. Una variedad de técnicas de ponderación ha sido usada para la construcción de otros índices compuestos, sin embargo todos aquellos propuestos con base en técnicas estadísticas requieren, o que las variables dependientes puedan ser medidas directamente (por ejemplo, regresión), o que los indicadores estén bien correlacionados (por ejemplo, análisis de componentes principales). Dado que el riesgo no puede ser medido directamente y los indicadores no están bien correlacionados, cualquiera de las técnicas con esos prerrequisitos no es más efectiva. La única opción que queda para la ponderación es la evaluación subjetiva por parte de expertos. Aunque esta técnica parece ser indeseable por algunos, por la falta de una base explícitamente replicable, es la única opción factible y razonable para capturar el criterio, la experiencia y el juicio de expertos (Davidson, 1997). Los factores de participación se pueden obtener mediante redes neuronales que lleven a cabo la *defuzzificación* de las variables formuladas a través de conjuntos difusos (*fuzzy*



sets). Este tipo de técnica facilita, mediante funciones de pertenencia, el manejo de apreciaciones cualitativas de expertos y variables lingüísticas de valoración. La descripción uso detallado de esta técnica está fuera del alcance de este documento.

### 3.3 Análisis comparativo del riesgo sísmico

Mediante la metodología antes descrita, para un centro urbano conformado por un conjunto de áreas suburbanas, tales como alcaldías menores, distritos, localidades o comunas, la determinación del riesgo sísmico relativo para cada una de las unidades de análisis se obtiene de estimar el índice de riesgo sísmico físico y el índice de riesgo sísmico del contexto. La agregación de estos dos índices permite llegar a una valoración holística o integral del riesgo.

En cada ciudad existen indicadores o evaluaciones de orden sísmico, poblacional, estadístico, etc. que pueden utilizarse para determinar de manera aspectos que representen o reflejen las variables que se desean valorar. Aquí se presenta la estimación de índices, descriptores, indicadores y componentes para las 19 alcaldías menores de Santa Fe de Bogotá.

#### 3.3.1 Índice de riesgo físico

Para la determinación del índice de riesgo físico (*hard*), en el caso de Santa Fe de Bogotá se definieron los siguientes descriptores, los cuales fueron normalizados de acuerdo con el área de cada alcaldía local:

1. *Area destruida por sismo*,  $XIR_1$ : Definida como el área probable de destrucción en  $m^2$  de las zonas construidas, estimada según la metodología ATC-13/FEMA, modificada

- por la Universidad de los Andes, en el marco de un escenario sísmico hipotético para la ciudad.
2. *Número de fallecidos, XIR<sub>2</sub>; Número de heridos, XIR<sub>3</sub>* : Definidos como el número probable de muertos y heridos, utilizando estimativos similares a los propuestos por Whitman *et al* (1973) y ajustados en el ATC-13, en el marco de un escenario sísmico hipotético para la ciudad.
  3. *Roturas de la red de acueducto, XIR<sub>4</sub>; Roturas de la red de gas XIR<sub>5</sub>; Longitud caída de redes eléctricas XIR<sub>6</sub>*: Definidos como el número probable de roturas que se presentarían en las redes de acueducto y gas y la longitud caída de la red eléctrica, estimados según la metodología de la ATC-13, en el marco de un escenario sísmico hipotético.
  4. *Número de centrales telefónicas afectadas, XIR<sub>7</sub>; Número de subestaciones eléctricas afectadas, XIR<sub>8</sub>*: Definidos como el número de las centrales telefónicas y subestaciones eléctricas con una alta vulnerabilidad sísmica de acuerdo con la evaluación simplificada desarrollada con base en el ATC-21 y otros parámetros adicionales.

La Figura 3.2 ilustra los resultados del índice de riesgo sísmico físico, obtenidos para las diecinueve alcaldías menores de la ciudad. Los descriptores que componen el índice de riesgo físico son valores estimados de la convolución de la amenaza sísmica, obtenida de la microzonificación de la ciudad y de la vulnerabilidad física de las edificaciones y la infraestructura de servicios públicos

### 3.3.2 Índice de riesgo del contexto

El índice de riesgo del contexto (*soft*), para Santa Fe de Bogotá, se definió como el resultado del producto escalado del factor de amenaza sísmica y del factor de vulnerabilidad del contexto para cada alcaldía local. Este producto se debe a que la amenaza y la vulnerabilidad son mutuamente condicionantes y concomitantes para que exista el riesgo; lo

que equivale a la convolución de los descriptores que lo componen. A continuación se definen estos descriptores y se relacionan sus indicadores componentes:

1. Amenaza sísmica del contexto,  $HS_k$ : Definida como una agregación de valores que expresan el nivel de peligro sísmico que se presenta en el área que cubre la alcaldía menor, caracterizada por particularidades relativas a la acción sísmica. Para su determinación, en este caso, se definieron los siguientes indicadores:
  - 1.1 Aceleración espectral,  $XH_1$ : Definida como el promedio ponderado del valor espectral de aceleración sísmica para períodos  $T$  entre 0.2s y 0.5s de las zonas de microzonificación sísmica que tienen influencia en el área de la localidad considerada.
  - 1.2 Area de suelos blandos,  $XH_2$ : Definida como el porcentaje de área de la alcaldía menor que es susceptible a la amplificación sísmica por las características dinámicas del suelo.
  - 1.3 Area con potencial de licuación,  $XH_3$ : Definida como el porcentaje de área de la alcaldía menor que presenta suelos arenosos no consolidados y saturados con alto potencial de licuación en caso de sismos moderados o fuertes.
  - 1.4 Area con susceptibilidad al deslizamiento,  $XH_4$ : Definida como el porcentaje de área de la alcaldía menor que presenta zonas con potencial inestabilidad de laderas en caso de sismos moderados o fuertes.

La Figura 3.3 ilustra el descriptor de amenaza sísmica del contexto para las 19 alcaldías menores de la ciudad.

2. Vulnerabilidad sísmica del contexto,  $VS_k$ : Definida como la agregación de valores que expresan aspectos de exposición poblacional, económica y estratégica, ausencia de desarrollo económico y social, debilidades para absorber el impacto, deficiencias en la gestión institucional y falta de capacidad para la respuesta en caso de emergencia, que reflejan y diferencian la vulnerabilidad global de cada alcaldía menor. Para su determinación, se definieron tres indicadores:

- 2.1 Exposición,  $EV_k$ : Definida como el volumen normalizado de población, edificaciones y bienes económicos y estratégicos expuestos a la acción sísmica en el área que cubre la alcaldía menor. Para su determinación, en este caso, se definieron los siguientes componentes:
- 2.1.1 Población,  $XE_1$ : Definida como el número promedio de habitantes expuestos en miles en el área que cubre la jurisdicción de la alcaldía menor.
- 2.1.2 Densidad poblacional,  $XE_2$ : Definida como el número habitantes dividido por el área construida, lo que refleja el grado de concentración y congestión de personas en el área de la alcaldía menor.
- 2.1.3 Area construida,  $XE_3$ : Definida como el área normalizada de edificación y desarrollo urbano en el área que cubre la alcaldía menor.
- 2.1.4 Area industrial,  $XE_4$ : Definida como el área normalizada de zonas industriales, fabricas o empresas en el área de la alcaldía menor, lo cual refleja valores y dependencia económica.
- 2.1.5 Area institucional,  $XE_5$ : Definida como el área normalizada de zonas de uso institucional o gubernamental en la jurisdicción de la alcaldía menor, lo cual refleja valores estratégicos y dependencia política.
- 2.2 Fragilidad social,  $FV_k$ : Definida como el inverso del déficit de desarrollo, económico y social caracterizado por las condiciones de marginalidad, bajo nivel de salubridad, delincuencia y necesidades básicas insatisfechas de la población ubicada en el área que cubre la alcaldía menor. Para su determinación, en este caso, se definieron los siguientes componentes:
- 2.2.1 Area de barrios marginales,  $XF_1$ : Definida como el área normalizada de asentamientos humanos ilegales con deficiencia de servicios públicos y de baja estratificación socioeconómica en el área que cubre la jurisdicción de la alcaldía menor.
- 2.2.2 Mortalidad,  $XF_2$ : Definida como la tasa o número de personas que mueren anualmente por causa natural por cada mil habitantes en la jurisdicción de la alcaldía menor.

- 2.2.3 *Delincuencia*,  $XF_3$ : Definida como la tasa o número de delitos anuales por cada mil habitantes en el área de la alcaldía menor, el cual representa deterioro social en la zona.
- 2.2.4 *Disparidad social*,  $XF_4$ : Definida como el nivel de necesidades básicas insatisfechas y de desarrollo humano relativo de la alcaldía menor.
- 2.3 *Falta de resiliencia*,  $RV_k$ : Definida como el inverso de la capacidad económica, social e institucional (resiliencia), que representa la debilidad para absorber el impacto de una crisis, la falta de capacidad para responder en caso de emergencia y las deficiencias en la gestión institucional en la alcaldía menor. Para su determinación se definieron los siguientes componentes:
- 2.3.1 *Camas hospitalarias*,  $XR_1$ : Definido como el número de camas normalizado del conjunto de hospitales e instituciones de salud en el área que cubre la alcaldía menor.
- 2.3.2 *Recurso humano en salud*,  $XR_2$ : Definido como el número normalizado de médicos y enfermeras que trabajan en las instituciones de salud localizadas en la jurisdicción de la alcaldía menor.
- 2.3.3 *Espacio público*,  $XR_3$ : Definido como el área normalizada de espacio disponible para el albergue o alojamiento temporal y la atención masiva de emergencias en el área que cubre la alcaldía menor.
- 2.3.4 *Personal de rescate*,  $XR_4$ : Definido como el número normalizado de socorristas de Cruz Roja, Defensa Civil y Bomberos disponible en la zona de influencia de la alcaldía menor.
- 2.3.5 *Nivel de desarrollo*,  $XR_5$ : Definido como la calificación del nivel de calidad de vida, organización y planeamiento urbano en el área de la alcaldía menor, valorado por la Secretaría de Planeación de la ciudad.
- 2.3.6 *Operatividad en emergencias*,  $XR_6$ : Definida como la calificación de la preparación y la capacidad de respuesta institucional del comité operativo de emergencias de la alcaldía menor, valorado la Oficina de Prevención y Atención de Emergencias de la ciudad.

La Figura 3.4 presenta los valores de los indicadores de exposición, fragilidad social y falta de resiliencia que componen el descriptor de vulnerabilidad del contexto. La Figura 3.5 ilustra los valores agregados del mismo descriptor.

Las Figura 3.6 presenta los valores de los descriptores de amenaza y vulnerabilidad del contexto, la Figura 3.7 ilustra los valores de los índices de riesgo sísmico del contexto, mientras que la Figura 3.8 muestra la desagregación de los indicadores del riesgo total. La Figura 3.9 ilustra el índice de riesgo sísmico total. Este tipo de gráficas permiten categorizar y priorizar las alcaldías que presentan los mayores valores comparativos.

Por otra parte, el conjunto de tablas y el Apéndice 3.1 presenta la desagregación de la información de los indicadores para todas las localidades de la ciudad. Este tipo de gráficos, entre otros, permite identificar qué indicadores tienen mayor incidencia

### 3.4 Conclusiones parciales

Se ha desarrollado un modelo para la estimación de un índice de riesgo sísmico relativo de las localidades que conforman un centro urbano metropolitano. Esta metodología, aplicada a Santa Fe de Bogotá, Colombia, ha permitido categorizar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de las diferentes alcaldías menores de la ciudad desde una perspectiva holística. En este método se puede actualizar fácilmente el valor de las variables, lo que favorece la realización de análisis de sensibilidad y calibración. De la misma manera, puede llevarse a cabo el seguimiento del escenario de riesgo y de la efectividad y eficiencia de las medidas de prevención y mitigación.

Una vez graficados los resultados, para cada una de las localidades, es sencillo identificar los aspectos más relevantes del riesgo sísmico relativo, sin la necesidad de realizar mayores esfuerzos de análisis e interpretación de resultados. La principal ventaja de la técnica

desarrollada por O.D. Cardona (1999), es la posibilidad de “devolverse” mediante la desagregación de los índices en descriptores y éstos a su vez en indicadores, e identificar por qué razón una localidad presenta un mayor índice de riesgo. Esta virtud del método permite verificar los resultados y priorizar las acciones prevención y planificación que se deben implementar para intervención y modificación de las condiciones que más influyen en el riesgo sísmico de la ciudad.

El modelo antes mencionado se entrega en medio magnético para que los factores de participación sean ajustados a criterio de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias de Santa Fe de Bogotá, en caso de considerarlo pertinente. Además, se pueden tener en cuenta nuevas variables en el modelo, siempre que se incluyan de manera consistente. De esta manera se puede llevar a cabo un seguimiento en forma dinámica de las condiciones de riesgo de cada localidad.

Es importante mencionar, que no hay una relación directa entre los análisis de movilidad, para efectos de valorar la vulnerabilidad funcional urbana a nivel de la ciudad, con el modelo de estimación de riesgo relativo aquí expuesto. Aun cuando para cada localidad se ha tenido en cuenta de manera macro la capacidad de respuesta y organización del Comité Local de Emergencias, la disponibilidad general de espacios disponibles para el alojamiento temporal, el número de camas disponibles en los centros de asistencia, entre otros, como variables de resiliencia, es importante resaltar que la respuesta de la ciudad ante una emergencia mayor dependerá aparte de la capacidad de las localidades, en forma fundamental de la administración central y las entidades del Comité de Prevención y Atención de Desastres del Distrito Capital, lo que a su vez dependerá de la movilidad en general de toda la ciudad, como se verá más adelante. Por lo tanto, la información del riesgo sísmico relativo por localidades aquí presentado es un aporte en general para la gestión del riesgo y la prevención de desastres y un posible insumo de particular interés, en el mediano plazo, para una estimación más integral de la demanda (escenarios) que de la oferta, que como se indicó, en el caso de una emergencia mayor va más allá que de la respuesta de las localidades.

## 4 LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Los análisis realizados indican que el sistema de transporte de Santa Fe de Bogotá es altamente vulnerable. La evidencia de la vulnerabilidad del sistema de transporte se dividió en las siguientes partes: funcionamiento del sistema, cantidad de autos relativa a la población y la longitud de la red vial y patrones en las mediciones de velocidad. A continuación se analiza cada uno de estos puntos y se explican las posibles causas por las cuáles el sistema puede considerarse altamente vulnerable.

### 4.1 Funcionamiento del sistema

Desde algunos puntos de vista, el sistema de transporte de la ciudad parece funcionar bien. Por ejemplo, a pesar de que la ciudad no cuenta con un sistema sobre rieles tipo metro el sistema de transporte logra movilizar volúmenes muy altos de viajes. La Tabla 4.1 indica, a partir de una muestra incompleta de vías, la cantidad de viajes que pueden entrar al centro expandido de la ciudad en una hora. Como se ve es un volumen bastante apreciable, que explica porqué en el centro expandido puede haber un número tan alto de empleos. En efecto, Santa Fe de Bogotá es una de las ciudades sin metro con un distrito central de negocios con mayor cantidad de empleos (véase *Mass Rapid Transit in Developing Countries*). Visto de otra forma, el sistema de transporte logra movilizar volúmenes muy altos de viajes.

Sin embargo, desde otros puntos de vista el sistema no funciona de forma adecuada. Por ejemplo, los viajes tienen una elevada duración. Estimativos del tiempo promedio de viaje van desde los 60 minutos hasta más de 90 (ver estudio del SITM). Cualquiera que sea el verdadero, el hecho es que los bogotanos gastan una parte importante de su tiempo viajando

en las congestionadas vías de la ciudad. Visto de otra forma, las velocidades de viaje son muy bajas aun en horas fuera del pico. El Estudio del Plan Maestro de Transporte encontró que en buena parte de las vías la velocidad promedio no supera los 10 kilómetros por hora en la hora pico, y sube tan solo un poco en la hora no pico (Figura 4.1).<sup>1</sup> De otro lado, los tiempos de viaje fluctúan de manera importante de un día a otro, lo cual hace que los bogotanos no puedan estimar apropiadamente el tiempo de viaje.

**Tabla 4.1**  
**MOVILIZACIÓN EN LA HORA PICO**  
**(Pasajeros por hora por sentido)**

Vía	Autos	Transporte Publico	Total
Cra 10ª S-N	2,000	16,000	18,000
Cra 10a N-S	1,500	11,000	12,500
Auto Sur	1,909	24,032	25,941
1 De Mayo	3,301	20,064	23,365
Calle 13	2,684	14,592	17,276
Av El Dorado	3,871	16,864	20,735
Calle 80	3,914	15,744	19,658
Cra. 7ª	7,655	4,480	12,135
Troncal S-N	2,500	41,000	43,500
Troncal N-S	3,800	30,000	33,800
Américas	2,684	14,592	17,276
NQS (N-S)	7,500	3,000	10,500
NQS (S-N)	5,500	12,000	17,500
Total hora	48,818	223,368	272,186

Fuente: cálculos propios a partir de Ardila (1994).

<sup>1</sup> La Figura 4.1 es tomada de la pg. 69 del Estudio del Plan Maestro de Transporte de Bogotá.

Recorridos en diversas vías de la ciudad indican que se presentan cambios súbitos e importantes en la velocidad de circulación. Estos cambios en la velocidad llaman la atención, ya que en una red vial construida y operada correctamente la velocidad entre un tramo y otro no debe sufrir cambios tan bruscos. Las grandes variaciones en el caso de Santa Fe de Bogotá indican una mala operación. Por ejemplo en las Calles 116 y 80 en la NQS (Figura 4.2) se podría argumentar que hay fallas puntuales. En el primer caso, probablemente el semáforo no funciona adecuadamente y genera una larga cola en la NQS. En el segundo, el número de carriles en la NQS se reduce a la altura de la Calle 80, generándose un embudo.

Este tipo de problemas los ha llamado Ardila (1995) problemas puntuales. Las características comunes son que generan retrasos a los usuarios de la vía (congestión) y que la velocidad aumenta sustancialmente una vez se *pas*a aquello que afecta el normal funcionamiento de la vía. Ejemplos de problemas puntuales son: semáforos sin los tiempos de ciclo adecuados, accidentes, cuellos de botellas, huecos en la vías, etc. La Figura 4.3, muestra los principales cuellos de botella que encontró el Plan Maestro de Transporte.

La presencia masiva de estos problemas puntuales o cuellos de botella puede llegar a producir congestión generalizada en la ciudad. En un sistema de transporte, en la medida que entran más autos, y que no pueden circular adecuadamente por la cantidad de problemas puntuales, súbitamente se puede llegar a una situación de congestión total, aun *cuando la cantidad de vías sea suficiente*.

En este sentido, en la Universidad de Los Andes se han llevado a cabo simulaciones de sistemas de transporte urbanos, en donde hay semáforos que regulan el tráfico en todas las intersecciones. Con solo afectar la sincronización de un 10 por ciento de los semáforos, es posible generar congestión (largas filas y largos tiempos de viaje) en cerca de un 40 por ciento del sistema. Si se aumenta la cantidad de intersecciones con cuellos de botella – semáforos no sincronizados en la simulación– el impacto sobre la congestión es aún mayor.

Aplicado los resultados de la simulación a la situación real de Santa Fe Bogotá, es posible entonces entender porqué la presencia de algunos cuellos de botella puede afectar de manera importante el funcionamiento del sistema y producir una elevada congestión.

En este sentido, es posible decir que cualquier sistema de transporte es susceptible a este tipo de problemas, que generan largas filas. Sin embargo, en el caso de Santa Fe de Bogotá, la situación se ve agravada por la existencia de múltiples problemas de este tipo, y por los otros factores que inciden, como se verá en las secciones siguientes.

#### **4.1.1 Mediciones de velocidad**

Las mediciones de velocidad disponibles también indican que el sistema de transporte tiene serias deficiencias. Se presentan comparaciones entre mediciones de velocidad llevadas a cabo en 1994 y 1998.

Durante la década de los noventa, para la cual hay algunas mediciones, la velocidad sufrió un deterioro importante. En 1994 Ardila (1995) midió la velocidad en algunos corredores viales de la ciudad,<sup>2</sup> en la hora pico de la mañana con dirección al Distrito Central de Negocios. Para otro estudio, se midió la velocidad (antes de la medida Pico y Placa) en algunos de esos corredores. Al comparar las dos mediciones para la Carrera 7 (Tabla 4.2) se puede verificar cómo la velocidad promedio decreció de manera importante (35%). Esto se traduce en mayores tiempos de viaje. Mientras en 1994 ir desde la Calle 155 hasta el centro de Bogotá tomaba un poco más de 1 hora, en 1998 toma más de hora y media. Resulta preocupante la situación en los tramos al Norte de la Calle 127 que tenían una velocidad promedio inferior a los 5 kilómetros por hora. Más aun, en algunos tramos la velocidad promedio es menor a la velocidad de una persona caminando.

---

<sup>2</sup> Para medir la velocidad se usó la metodología del auto flotante.

**Tabla 4.2**  
**VELOCIDAD EN LA CARRERA 7**  
**EN EL PERIODO PICO DE LA MAÑANA (1994 Y 1998)**

Tramo Calle	Velocidad 1998 KPH	Velocidad 1994 KPH	Cambio Porcentual 94-98
155-147	4.5	28.5	-84%
147-140	3.8	35.6	-89%
140-134	3.5	8.4	-57%
134-127	3.9	7.3	-46%
127-116	4.0	34.4	-88%
116-106	12.5	8.3	51%
106-100	9.1	5.1	80%
100-94	8.6	10.0	-13%
94-85	25.5	27.3	-6%
80-77	33.7	13.5	150%
77-72	18.0	23.5	-23%
72-67	18.9	15.7	21%
60-53	27.7	51.6	-46%
53-45	19.0	5.7	234%
45-39	36.0	39.5	-9%
36-29	19.3	14.0	38%
<b>Promedio</b>	8.6	13.3	-35%

Fuente: Ardila (1995) y mediciones propias hechas en 1998.

En la Norte-Quito-Sur (NQS) sucedió algo similar. En el tramo donde la NQS es vía

expresa (Calle 100 a Calle 26) se observa una importante disminución en la velocidad promedio en casi todos los tramos (Tabla 4.3). La velocidad promedio se redujo en un 34 por ciento en tan sólo 4 años. Hacia el Norte, donde la NQS no es vía expresa, se observa un comportamiento parecido al de la Carrera 7: bajas velocidades y grandes cambios en la velocidad entre un tramo y otro (Figura 4.4). Por ejemplo, una vez el tráfico pasa la Calle 116, en sentido Norte-Sur, la velocidad se quintuplica,<sup>3</sup> o al pasar de la Calle 80 se cuadruplica.

**Tabla 4.3**  
**VELOCIDAD EN LA NQS**  
**EN EL PERIODO PICO DE LA MAÑANA (1994 Y 1998)**

Tramo	Velocidad 1998 KPH	Velocidad 1994 KPH	Cambio porcentual
92-80	36.1	15.1	139%
80-72	22.5	25.1	-10%
72-68	11.0	40.6	-73%
68-63	34.4	51.8	-34%
63-53	20.1	59.4	-66%
53-45	31.4	46.8	-33%
<b>Promedio</b>	21.9	33.3	-34%

Fuente: Ardila (1995) y mediciones hechas por el autor en 1998.

#### 4.2 Cantidad de autos relativa a la población y la longitud de la red vial

<sup>3</sup> Parecería que la intersección de la NQS con la Calle 116 tiene tal conflicto, que genera una fila tan larga que retrasa toda la NQS de ahí hacia atrás.

La información recopilada sugiere que la cantidad de vehículos en Santa Fe de Bogotá no es significativa ni frente a la población de la ciudad, ni frente a la longitud de la red vial. Este hecho, indica que el sistema podría estar congestionado por causas diferentes a la cantidad de vehículos. Sin embargo, en la medida que entren, como parte del proceso de crecimiento económico, más automotores, el sistema funcionará con mayor congestión, a menos que se realice una operación más eficiente y un mejor mantenimiento del sistema. A continuación se presenta una evidencia que puede sugerir que la cantidad de vehículos no es apreciable. Más adelante se amplía este planteamiento y su relación con la vulnerabilidad del sistema de transporte.

En Santa Fe de Bogotá, podría decirse, que todavía no hay un volumen importante de vehículos ni en términos absolutos, ni frente a la población, ni frente a la longitud de las vías. Para 1995, el total de automóviles en la ciudad fue estimado por el Plan Maestro en 500.000. Otras estimaciones manejadas por otros analistas y algunos medios de prensa hablaban de 800.000. Para ese año, el INTRA estimaba que en toda Colombia había 1.123.501 autos.<sup>4</sup> Al comparar las dos cifras, se ve que no es factible que en Bogotá hubiera más de 500.000 automóviles. Cifras superiores indicarían que Bogotá contaba con una cantidad desproporcionada y el resto del país con muy pocos vehículos. Sin embargo, las principales ciudades del país también cuentan con un número importante.

La tasa de motorización compara la cantidad de vehículos en un área, con la población (Tabla 4.4). Bogotá tiene una tasa de motorización muy baja, del orden de los 83 a 94 vehículos por cada 1.000 habitantes. Ciudades como Caracas, Río de Janeiro, Buenos Aires y Santiago de Chile presentan tasas de motorización sensiblemente superiores. Al comparar

<sup>4</sup> Estas estadísticas presentan algunos problemas como el que el número de vehículos dados de baja cada año es insignificante. Por ello, el CEDE en 1995 recalculó esta serie asumiendo una tasa de mortalidad de vehículos adecuada. Esto estimativos muestran, entonces, que en el país hay un número aún menor de vehículos.

con las ciudades de los países desarrollados, se ve claramente cómo la tasa de motorización es bastante baja en Santa Fe de Bogotá.

**Tabla 4.4**  
**TASA DE MOTORIZACIÓN**

Ciudad	Población	Total Automóviles	Motorización Vehíc./1000 hab.
Bogotá (Plan Maestro)	5,995,000	497,585	83
Bogotá (Duarte)	5,284,311	496,725	94
Caracas	2,929,320	571,217	195
Río de Janeiro	9,807,000	1,500,471	153
Buenos Aires	12,395,587	2,590,678	209
Lima	7,531,100	481,990	64
Santiago de Chile	4,820,000	964,000	200
Barcelona	3,037,763	1,199,916	395
París	7,960,000	4,298,400	540
Londres	6,731,000	3,331,845	495
Los Angeles	9,409,227	5,231,530	556
San Francisco	4,547,792	2,987,899	657
Filadelfia	5,548,789	2,263,906	408

Fuente: IGP-NAM-EGI-SICITER, 1997, Transportation Planning Handbook, 1992.

Al comparar la cantidad de vías en la ciudad con la cantidad de vehículos, también se encuentra que el parque automotor es reducido en comparación con la longitud de las vías. En la Tabla 4.5 se compara a Bogotá con las *zonas urbanas* de varios estados de los Estados Unidos. La tabla muestra estadísticas del tamaño del parque automotor, de la longitud de las

*vías urbanas*<sup>5</sup> (en términos de kilómetros-carril),<sup>6</sup> y de la cantidad de vehículos por kilómetro de vía urbana. Vale anotar que las vías rurales fueron excluidas ya que no son relevantes cuando se trata de comparar zonas urbanas, como Bogotá.

Lo primero que se observa es que el parque automotor de Bogotá es bastante pequeño comparado con el de las áreas urbanas de los Estados Unidos. Sólo estados muy pequeños – con población igualmente reducida– tienen un parque automotor similar. Con la longitud de las *vías urbanas* –medida en km-carril– sucede algo parecido. Santa Fe Bogotá cuenta con una red relativamente pequeña.

Llama la atención, sin embargo, el resultado que muestra la siguiente columna de esta tabla, Vehículos por km-carril de vía urbana. Un valor bajo en dicha columna indica que hay pocos vehículos por cada km-carril de vías urbanas. Por el contrario, un valor alto, indica una mayor escasez relativa de vías, dado el tamaño del parque automotor. Este indicador muestra cuántos vehículos tienen que compartir, en promedio, un kilómetro de vía urbana. En este sentido, el indicador podría ser considerado como una aproximación al nivel de congestión. Como se puede ver, los resultados muestran que en Santa Fe de Bogotá el tamaño del parque automotor es pequeño frente a la cantidad de vías.<sup>7</sup> En la ciudad la longitud total de las vías frente al parque automotor implica que *sólo 61* vehículos comparten en promedio cada kilómetro de vía –un nivel cercano al de la Florida–. En cambio, en las zonas urbanas de estados como Nueva York o California, lo hacen 70.

<sup>5</sup> Por total se entiende la suma de vías expresas, vías de acceso, y vías locales.

<sup>6</sup> La medida kilómetro-carril se obtiene al multiplicar la longitud de una vía por su número de carriles.

<sup>7</sup> La comparación se hizo para las zonas urbanas de los cincuenta estados de los EU y dos mediciones diferentes de la longitud de vías en la ciudad de Bogotá. Sólo se muestran los resultados más significativos. Los resultados se presentan ordenados de acuerdo con el valor de la última columna.

**Tabla 4.5**

**VÍAS URBANAS EN BOGOTÁ Y ALGUNOS ESTADOS DE EU (1995)**

Estado/Ciudad	Total Vehículos	Km-carril de vía urbana	Vehículos por km- carril de vía urbana
Bogotá <sup>8</sup>	650.000	16.390	39,7
Rhode Island	699.210	15.618	44,8
Texas	13.681.735	295.192	46,3
Florida	10.369.395	174.547	59,4
Bogotá <sup>9</sup>	650.000	10.500	61,9
Massachusetts	4.501.969	68.518	65,7
<b>TOTAL EU</b>	<b>201.530.021</b>	<b>2.943.973</b>	<b>68,5</b>
Nueva Jersey	5.906.316	85.443	69,1
California	22.431.749	318.251	70,5
Illinois	8.973.009	126.824	70,8
Nueva York	10.274.036	145.128	70,8
Pennsylvania	8.480.526	115.357	73,5
Virginia del O.	1.425.209	10.909	130,6

Fuente: STAT ([http://www.bts.gov/dgi-bin/stat/table\\_out.pl?](http://www.bts.gov/dgi-bin/stat/table_out.pl?)) y cálculos propios.

La validez del anterior análisis es cuestionable porque la red vial urbana promedio de los EU cuenta con autopistas y vías expresas, y en Santa Fe de Bogotá este tipo de vías no existen.<sup>10</sup> Aunque esta crítica es razonable, el análisis hecho a partir de la Tabla 4.2 es válido porque:

<sup>8</sup> Longitud de vías estimada por el autor a partir de Guhl y Pachón (1992).

<sup>9</sup> Longitud de vías tomada de Carlos Trujillo, 1995.

<sup>10</sup> Las más llamadas autopista Norte y Sur, o la autopista al aeropuerto están lejos de ser verdaderas autopistas. Para serlo, entre otras, una autopista debe tener acceso limitado.

(1) las autopistas urbanas son una parte mínima de la red vial de una ciudad<sup>11</sup> (Stares y Zhi, 1995). (2) En últimas, todo el tráfico revierte en las vías de menor importancia, como las avenidas y las vías locales. Así, la capacidad de un sistema de transporte no está dada por la cantidad de carriles en las autopistas, sino por la capacidad del sistema local. (3) Al tomar el total de vías urbanas, se reconoce la posibilidad que tienen los vehículos de usar cualquier vía urbana.

El estudio “La Bogotá que Todos Soñamos” de la Cámara de Comercio de Bogotá (1998), también concluye que en Bogotá las vías son suficientes. Dice el estudio: “En teoría, según el número de vehículos automotores por kilómetro de carril pavimentado, los niveles de congestión en Bogotá deberían ser de los más bajos entre las ciudades estudiadas y son, por el contrario, de los más altos.” La Figura 4.5 muestra la comparación hecha por dicha fuente.

Las comparaciones hechas hasta ahora ignoran que existe una relación inversa entre densidad y cantidad de vías requeridas. Stares y Zhi analizan datos para 65 ciudades del mundo y encuentran que las ciudades más densas tienen unos requerimientos menores de vías, medidos como longitud de vías por habitante (Figura 4.5). De hecho, los estimativos de estos autores indican un *aumento* de 1 por ciento en la densidad, implica un 1 por ciento *menos* de vías por habitante.

Al comparar a Santa Fe de Bogotá con la información de Stares y Zhi se encuentra que para la alta densidad de la ciudad, la misma tiene vías en exceso. Tomando el dato de 8.830 kilómetros de vías en Santa Fe de Bogotá (Guhl y Pachón, 1992) y una población de 6.3 millones de personas, se obtiene una longitud de vías por habitantes igual a 1.4 metros. De

---

<sup>11</sup> Stares y Zhi toman tres grupos de ciudades: (1) 16 ciudades del mundo, (2) 12 ciudades con alta propiedad de automóviles y (3) 113 ciudades de los EU. Respectivamente, las autopistas son un 1.71%, 2.4% y un 2.93% del total de la red vial urbana.

acuerdo con Stares y Zhi, para esta cantidad de vías, la densidad debería rondar los 55 habitantes por hectárea. Sin embargo, la densidad de Bogotá es de unos 165 habitantes por hectárea. Para esta densidad, la longitud de vías por habitante debería ser de apenas unos 0.4 metros.

En síntesis, lo expuesto anteriormente indica que en Santa Fe de Bogotá el número de vehículos es bajo frente a la población y frente a la longitud de las vías. Sorprende entonces que la ciudad tenga un nivel de congestión tan elevado, con tiempos de viaje tan altos. La sección que sigue muestra algunos indicadores del grado de congestión de la ciudad y de su evolución. En la sección "Causas del problema de transporte" se explica esta aparente paradoja: Aun cuando en promedio hay vías suficientes para el tamaño del parque automotor, la congestión es tal que las hace parecer insuficientes.

Vale la pena aclarar que los resultados obtenidos no indican que sobran vías en la ciudad. Tampoco indican que no sea necesario construir nuevas vías. Esto se debe a que las cifras se trabajaron como agregados (promedios) que esconden las variaciones al interior de una ciudad. En muchas zonas de la ciudad, hacen falta vías, como las Avenidas Ciudad de Cali y Cundinamarca, en otras, hacen falta troncales, como la de la Calle 80 y la Autopista Norte.

**4.3 Implicaciones en caso de un sismo**

Debido al grado actual de degradación de las condiciones operativas del sistema de transporte, es poco el margen de maniobra o resiliencia del sistema. Por ello, en este momento de la investigación una conclusión que en caso de un sismo moderado el sistema de transporte colapsaría. En otras palabras, hoy en día ya opera cerca de las condiciones que generaría un desastre y por ende no es mucho el margen para actuar con planes de manejo de la emergencia. Por ello, es necesario actuar inmediatamente sobre el sistema de transporte para mejorar sus condiciones operativas y de esta manera reducir su vulnerabilidad. En la

medida que esto suceda habrá mayores posibilidades de actuar el día que ocurra el sismo. Es decir, habrá como implementar medidas que garanticen la funcionalidad del sistema. Una importante oportunidad, entonces, se presenta con la construcción del sistema Transmilenio. Este sistema debe implantarse con el criterio de que tenga una vulnerabilidad, desde varios puntos de vista, mínima. De hacerse con estos criterios, Transmilenio será la base sobre la cual descansará la movilidad de la ciudad una vez ocurra un sismo. El Apéndice 4.1, presenta el registro fotográfico de los puentes principales de la ciudad y una estimación cualitativa de su vulnerabilidad. El Apéndice 4.2 presenta los mapas de cubrimiento de los organismos operativos.

#### 4.4 Conclusiones parciales

Cuando se articula la información anterior con las bajas velocidades y la elevada congestión que hay en Santa Fe de Bogotá se puede entender porqué este es uno de los indicios de que el sistema de transporte es vulnerable. A pesar de los pocos autos, la congestión es muy alta. En la medida que la cantidad de automotores aumente, el sistema se congestionará aún más. El problema está en que es imposible frenar el crecimiento de la cantidad de vehículos. En efecto, en todos los países la tasa de motorización crece año tras año; es decir, cada vez hay más autos frente a la población (Gakenheimer y Steffes, 1995 y Gakenheimer, 1997). Estudios que se han hecho (Talukdar, 1997) demuestran que la motorización sólo se reduce cuando el país alcanza muy altos niveles de desarrollo y de ingreso por habitante. Estos son los países escandinavos que han adquirido además una gran conciencia ambiental. Para el caso de Santa Fe de Bogotá y de Colombia es de esperar, entonces, que la tasa de motorización continúe creciendo. Eso significa que en la ciudad, dado el tamaño de su población, aún hay un potencial enorme para que entren más carros a sus vías. Por ello, el sistema de transporte es altamente vulnerable ante la entrada de nuevos vehículos, pues implican –dado el mal funcionamiento del sistema de transporte– una reducción en la movilidad y un aumento en los tiempos de viaje.

INDICES	δ	DESCRIPTORES	δ	INDICADORES	δ	COMPONENTES	δ
IR <sub>H</sub> Riesgo Sísmico Físico	0.5	XIR <sub>1</sub> Area destruida	0.3	X <sub>H1</sub> Aceleración espectral en T cortos X <sub>H2</sub> Area de suelos blandos X <sub>H3</sub> Area con potencial de licuación X <sub>H4</sub> Susceptibilidad de deslizamiento	.55 .15 .15 .15	X <sub>E1</sub> Población X <sub>E2</sub> Densidad poblacional X <sub>E3</sub> Area construida X <sub>E4</sub> Area industrial X <sub>E5</sub> Area institucional	0.2 0.2 0.2 0.2 0.2
		XIR <sub>2</sub> Fallecidos	0.1				
		XIR <sub>3</sub> Heridos	0.1				
		XIR <sub>4</sub> Roturas red de acueducto	0.2				
		XIR <sub>5</sub> Roturas de la red de gas	0.1				
		XIR <sub>6</sub> Long. de redes eléctricas caídas	0.1				
		XIR <sub>7</sub> Centrales telefónicas afectadas	.05				
		XIR <sub>8</sub> Subestaciones eléctricas afectadas	.05				
IR <sub>T</sub> Índice Riesgo Total							
IR <sub>S</sub> Riesgo del Contexto	0.5	H <sub>s</sub> Amenaza Sísmica Contexto	0.5	E <sub>V</sub> Exposición del Contexto	.25	X <sub>F1</sub> Area barrios marginales X <sub>F2</sub> Tasa de mortalidad X <sub>F3</sub> Tasa de delincuencia X <sub>F4</sub> Índice de dispanidad social	0.4 0.1 0.1 0.4
		V <sub>s</sub> Vulnerabilidad del Contexto	0.5				
R <sub>V</sub> Resiliencia (-) Falta de	.35					X <sub>R1</sub> Camas hospitalarias X <sub>R2</sub> Recurso humano en salud X <sub>R3</sub> Espacio público X <sub>R4</sub> Personal de rescate X <sub>R5</sub> Nivel de desarrollo X <sub>R6</sub> Operatividad en emergencias	.15 .15 .15 .15 .20 .20



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

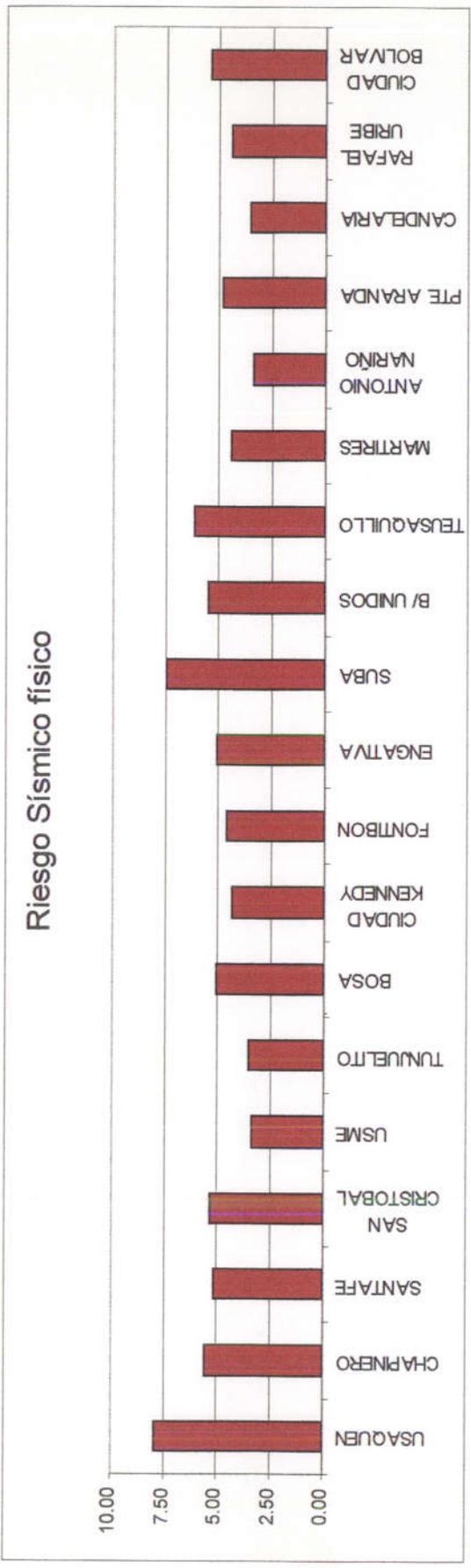
Composición de los Indices de riesgo

Figura 3.1

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



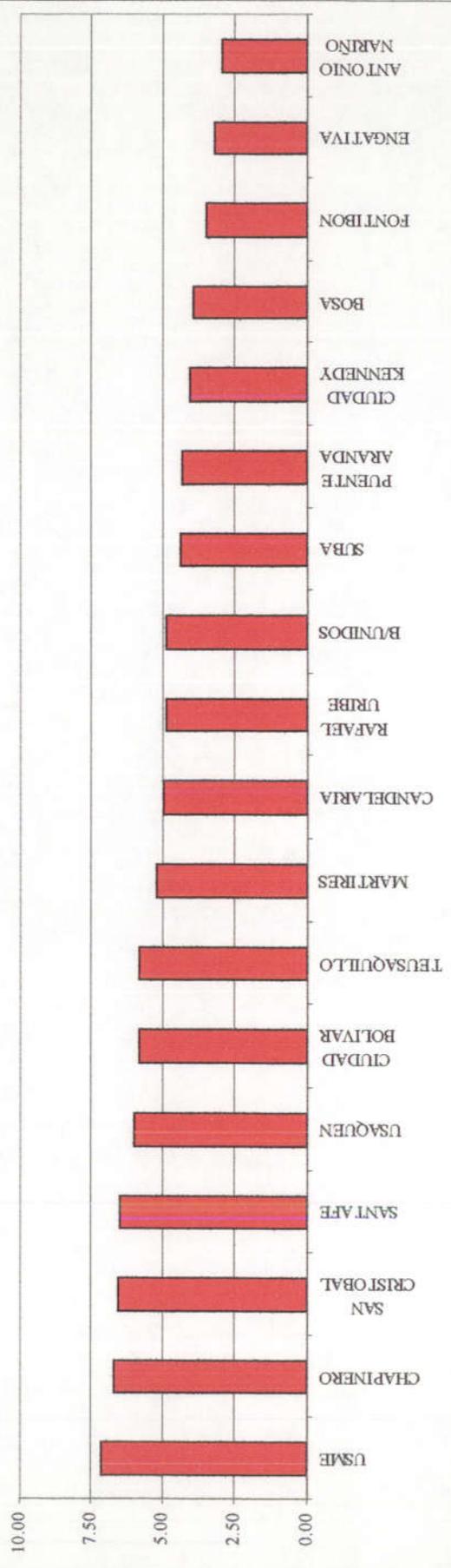
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



**Figura 3.2**  
**Índice de Riesgo Sísmico Físico obtenido de escenarios de Pérdidas**

**Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**

### Amenaza Sísmica del contexto



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

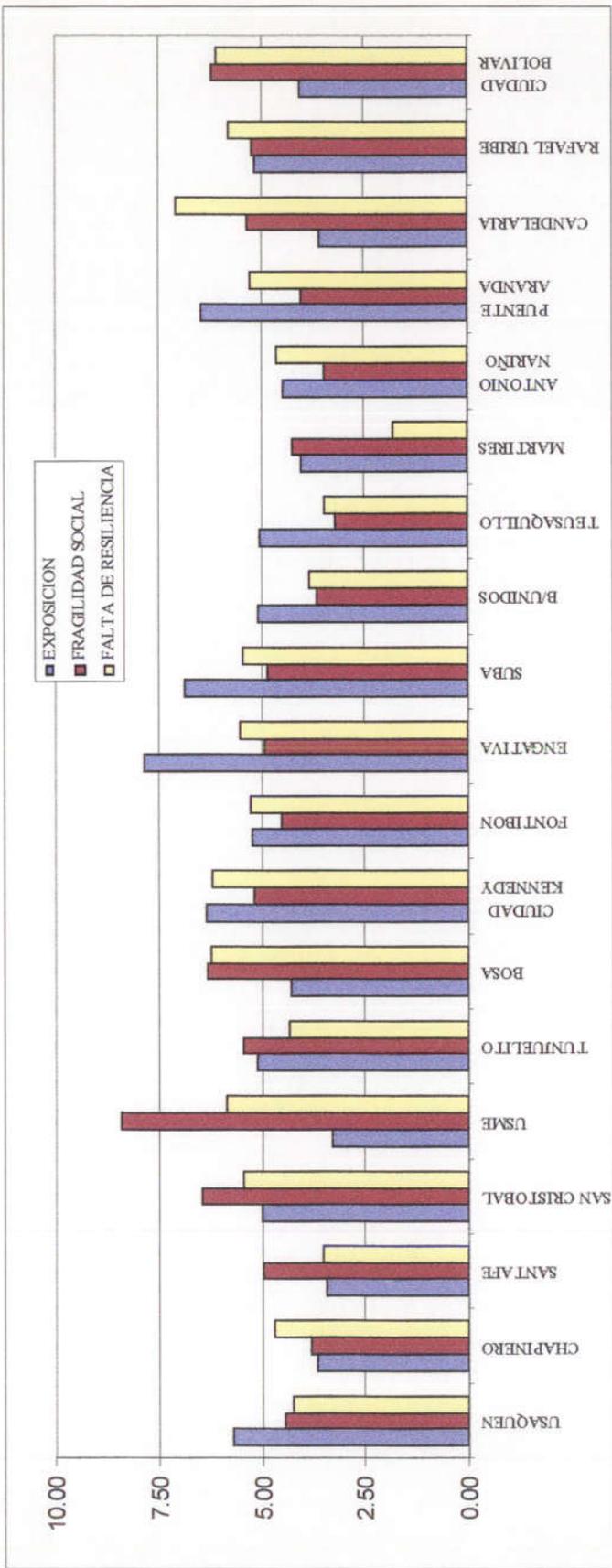
Figura 3.3

Descriptor de la Amenaza Sísmica del  
 contexto (soft)

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento  
 Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ DC



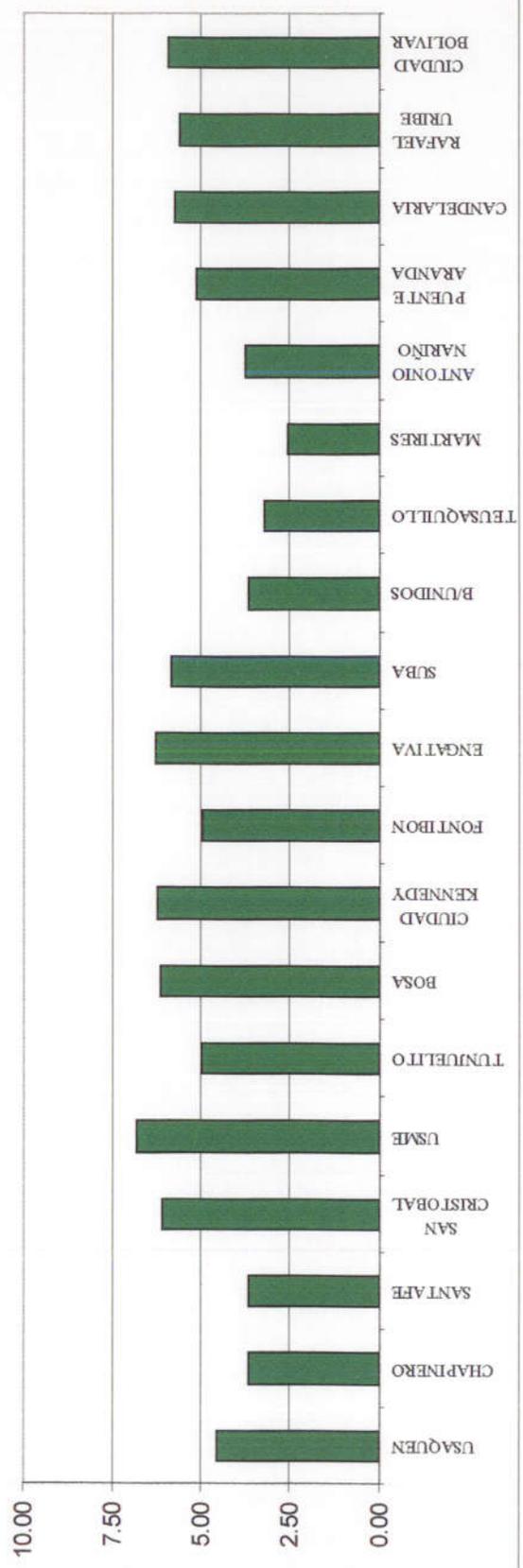
**Figura 3.4**

**Desagregación de la Vulnerabilidad del contexto**

**Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**

X

Vulnerabilidad del contexto



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

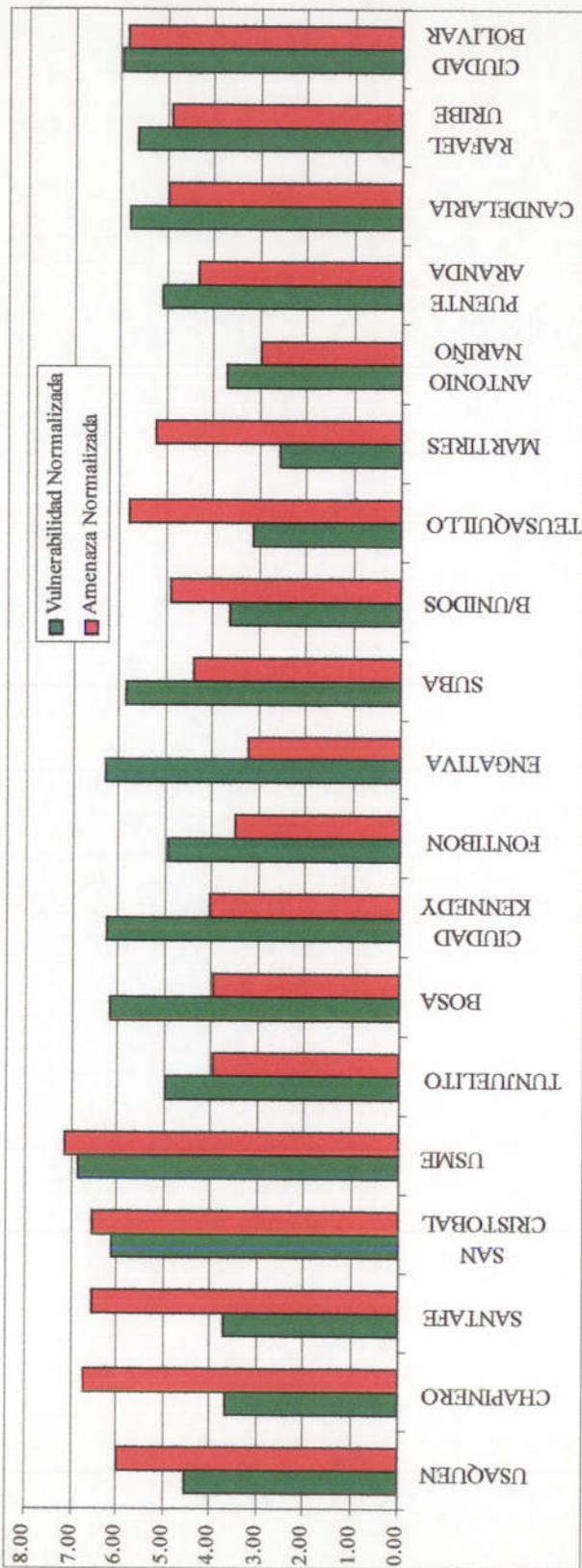


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Descriptor de Vulnerabilidad del contexto( *soft*)

Figura 3.5

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

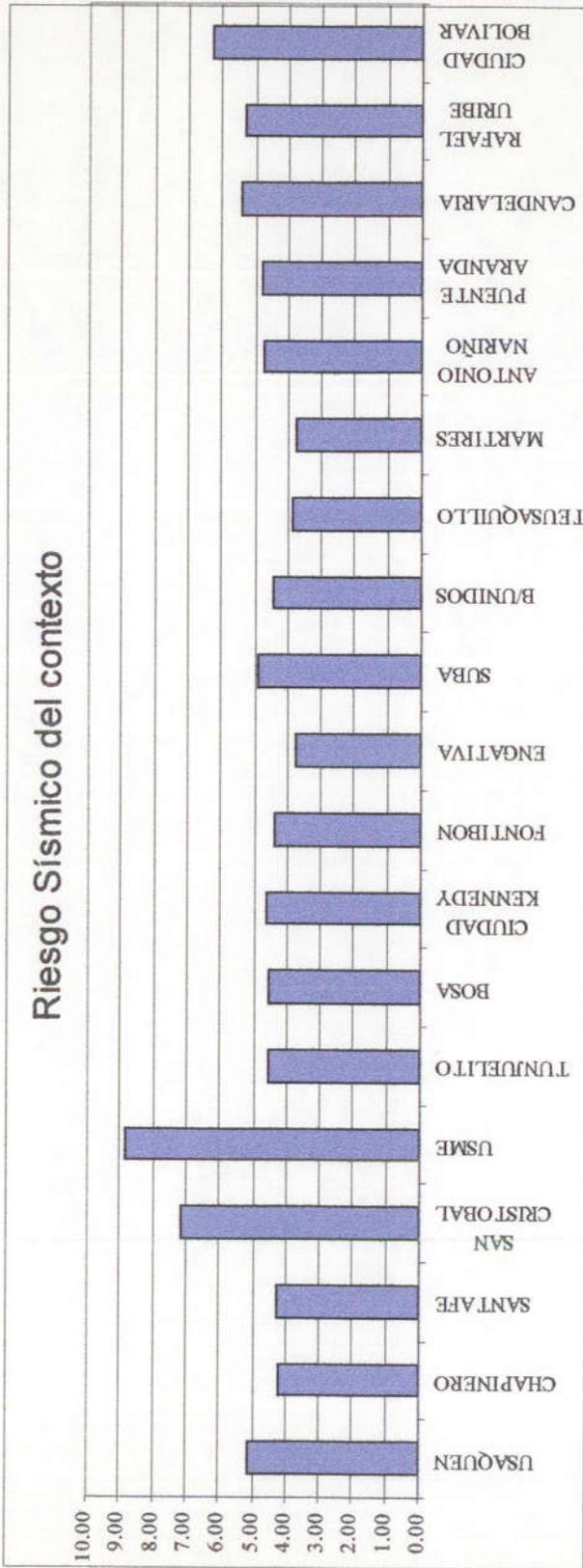


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Descriptor de Amenaza y Vulnerabilidad del contexto ( soft)

Figura 3.6

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

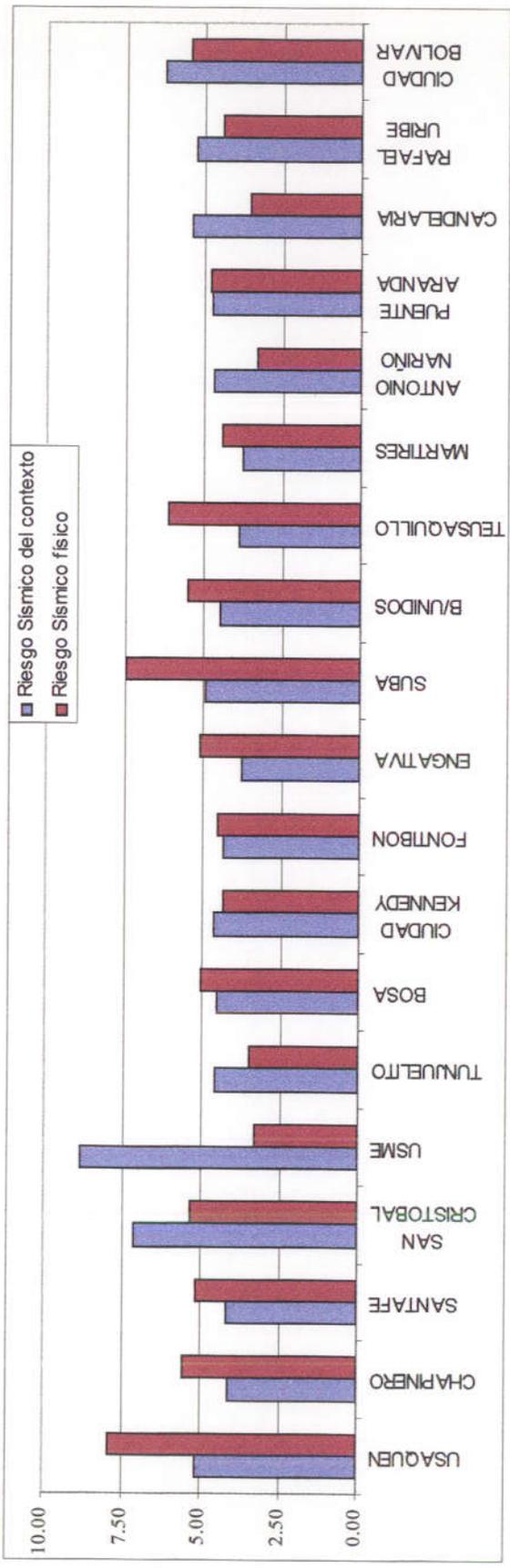
Indice de Riesgo Sísmico del contexto

Figura 3.7

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CENERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Figura 3.8

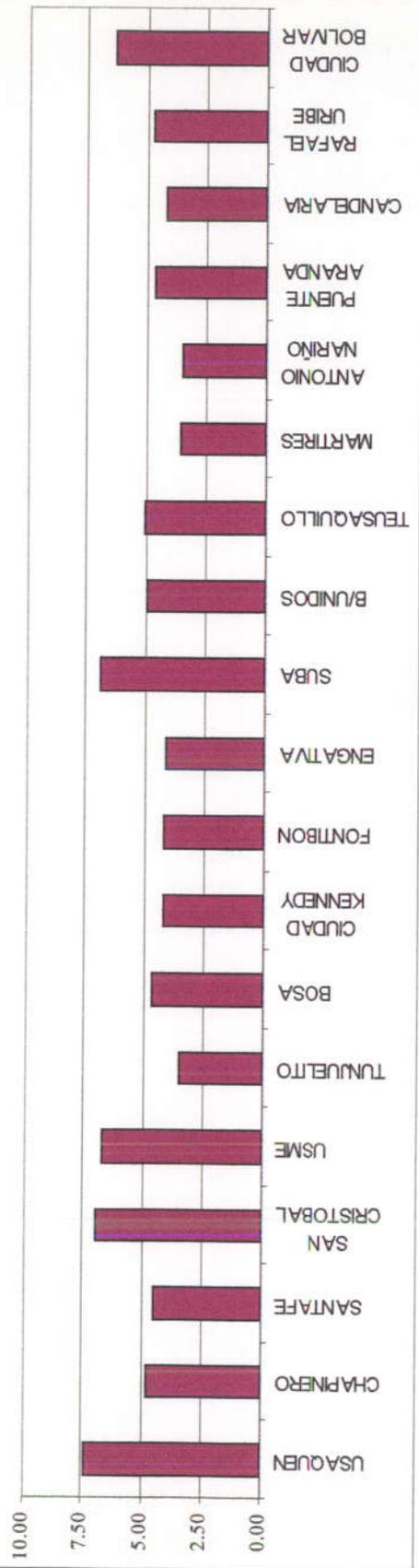
Desagregación de los indicadores del Riesgo Total

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

Riesgo Sísmico Total



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

Índice de Riesgo Sísmico Total

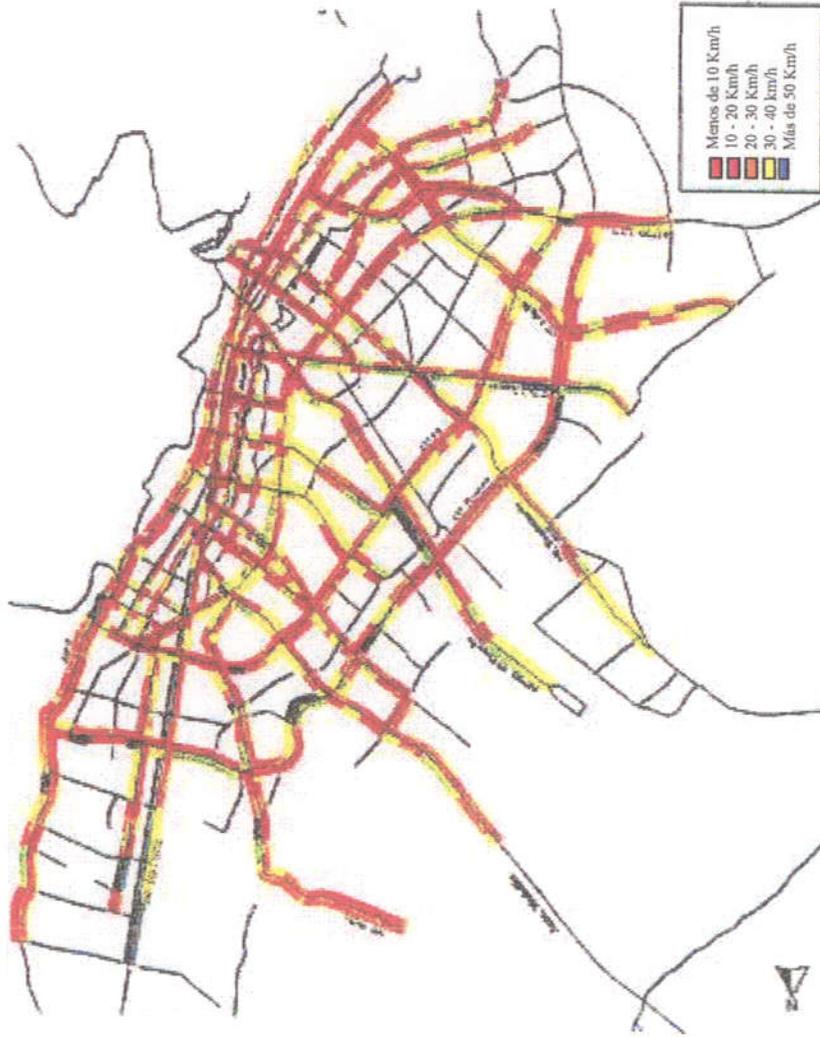
Figura 3.9

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

x



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Figura 4.1

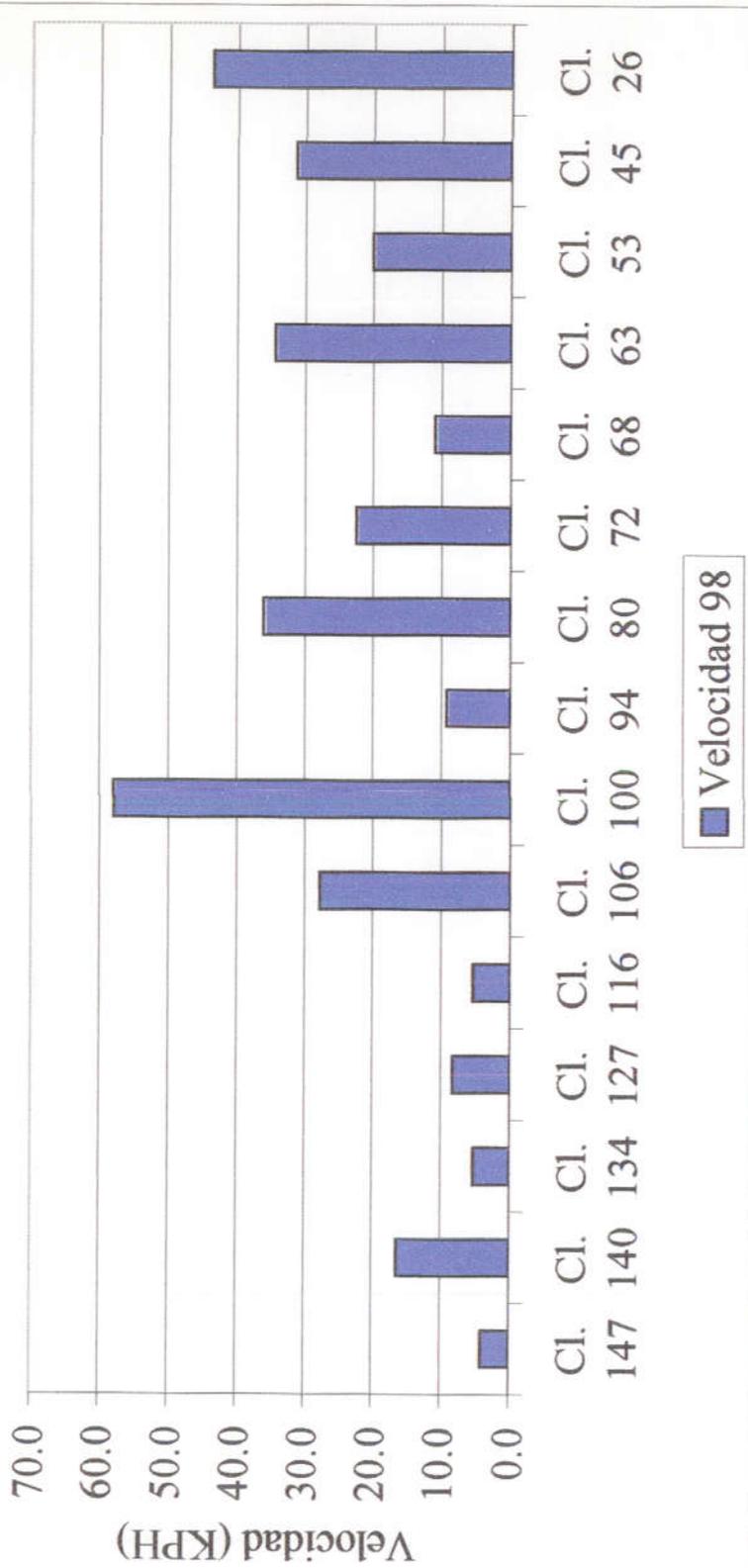
Promedio de Velocidad de Viaje  
 (Hora Pico de la Mañana)

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento  
 Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

### VELOCIDAD EN LA NQS (AM)



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Velocidad de Viaje en la NQS (AM)

Figura 4.2

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

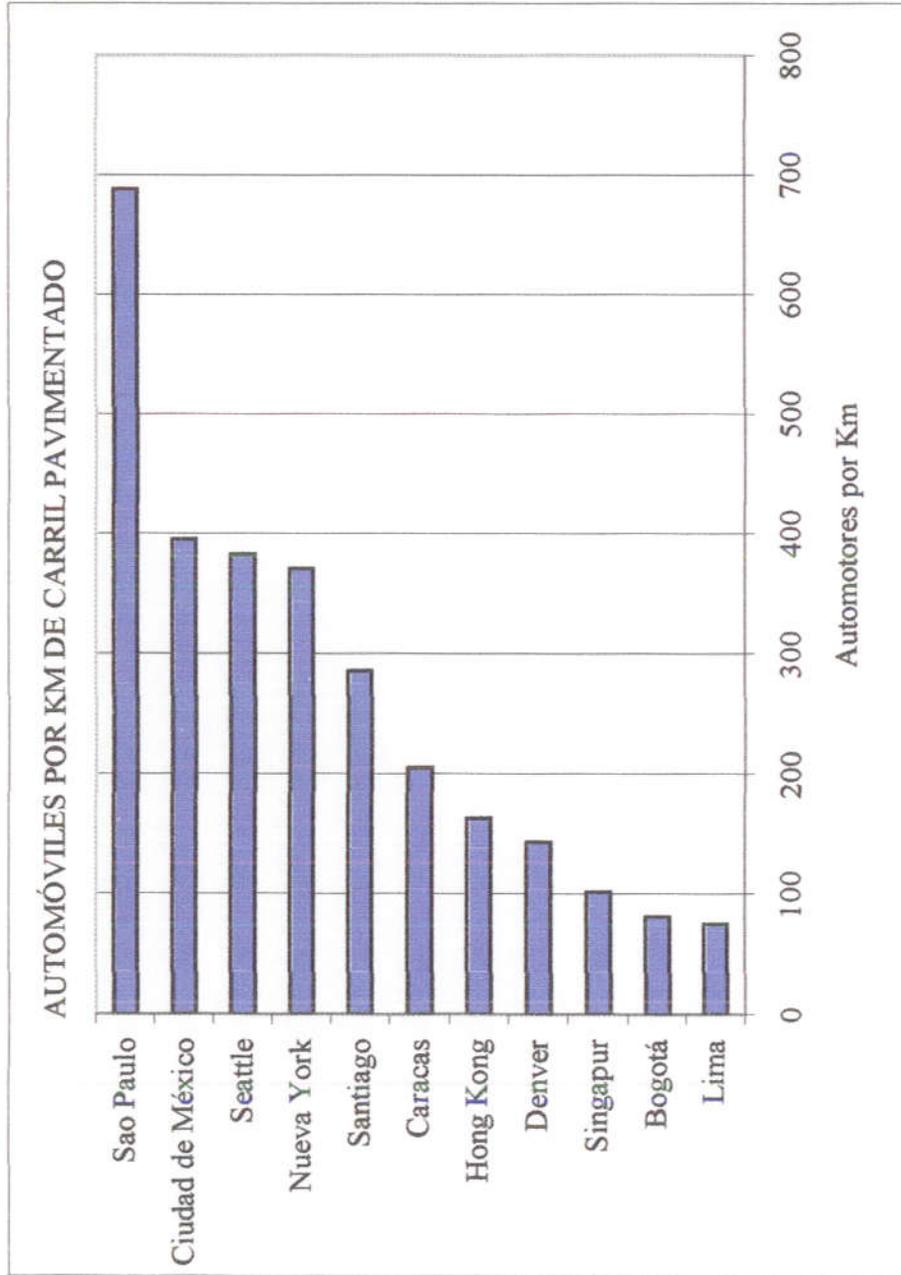
Figura 4.3

Principales Razones de la Congestión del Tráfico en las Vías más Importantes

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



Fuente: La Bogotá que todos soñamos, Cámara de Comercio de Bogotá, 1998.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

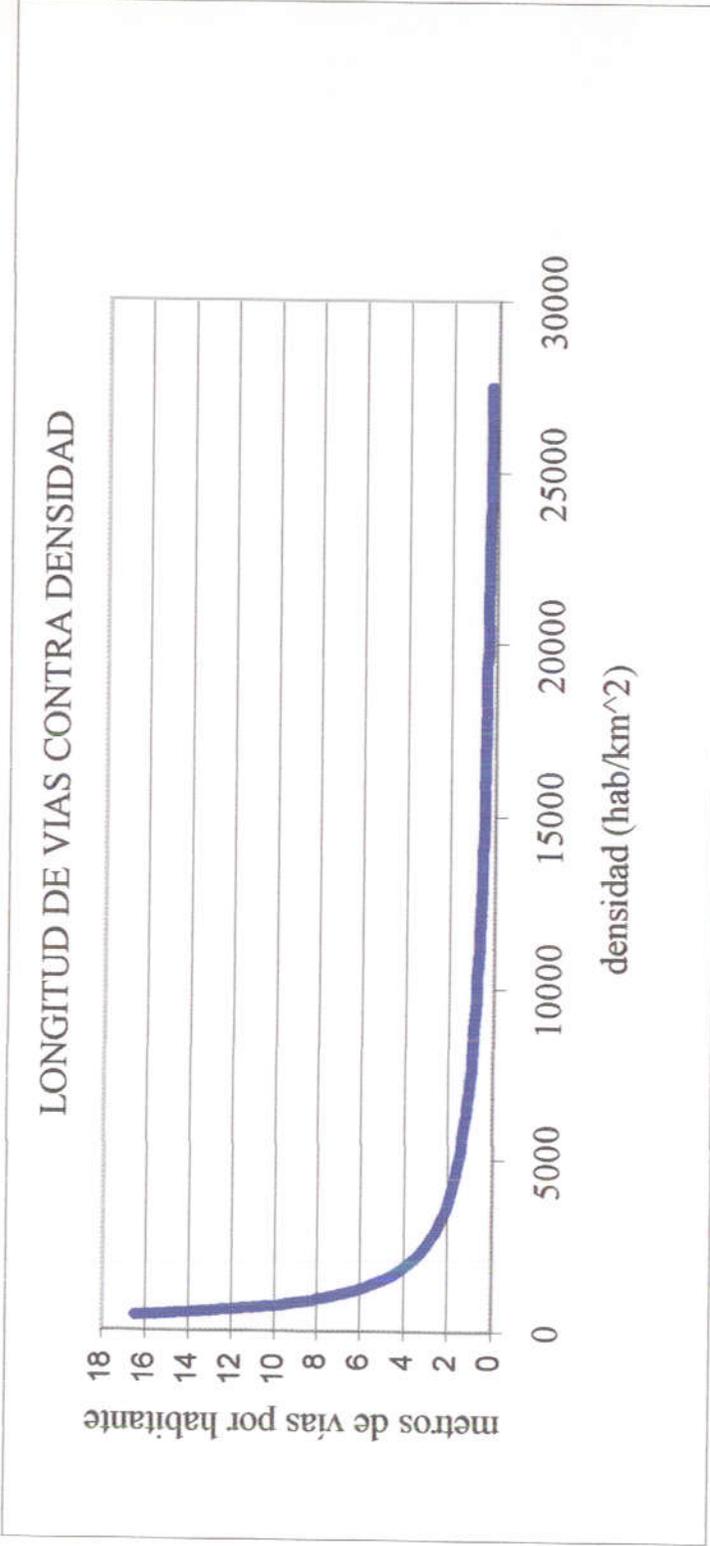
Automóviles por Km de carril pavimentado

Figura 4.4

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



Fuente: Stares y Zhi, 1995.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



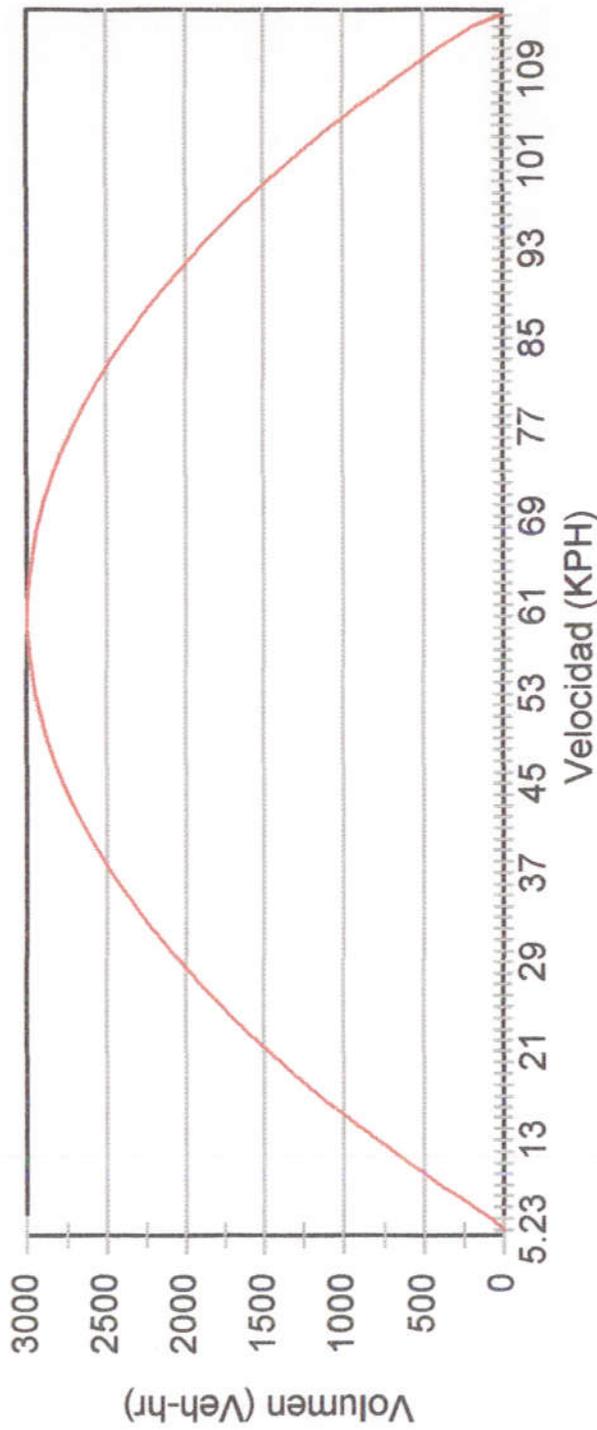
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Figura 4.5

Longitud de vías contra densidad

Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

Volumen-Velocidad para una vía típica



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Volumen-Velocidad para una vía típica

Figura 4.6

**Diagnostico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento  
 Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
 ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



## 5 MOVILIDAD Y TRANSPORTE EN CASO DE TERREMOTO

En esta sección se presentan los análisis hechos para investigar desde el punto de vista de la movilidad la funcionalidad de la ciudad de Santa Fe de Bogotá ante un sismo. Por movilidad se entiende la facilidad para moverse o movilizarse dentro de la ciudad. Se analiza la forma como la movilidad va a ser afectada debido al sismo. Para ello, se dividió el problema en cuatro partes. En la primera, se analizó la movilidad de los heridos. En la segunda, se analizó la movilidad de las personas que quedan vivas e ilesas, pero que deben retornar de su lugar de trabajo a su residencia una vez ocurra el sismo. Tercera, se estudia la situación de las personas que fallecen, es decir, a dónde deben ser llevados los cadáveres. Finalmente, se estudia la movilidad que tienen los organismos de socorro como son los bomberos, la policía y la defensa civil.

El capítulo consta de una primera sección donde se explica la metodología general seguida para esta parte. Enseguida, se desarrollan cuatro secciones con cada una de las partes en que se dividió el problema de movilidad y que fueron mencionadas en el párrafo anterior. Finalmente, están las conclusiones del capítulo.

### 5.1 Metodología

En el capítulo anterior se presentó un diagnóstico de la situación del transporte en Bogotá, y se concluyó que el sistema se ha degradado debido posiblemente a la falta de planeación, operación y mantenimiento y por lo tanto es bastante vulnerable ante un sismo. En el presente capítulo se modela el impacto del sismo sobre el sistema de transporte. Una aproximación pudiera ser tomar el sistema actual, es decir, el sistema degradado, y realizar las simulaciones con el sistema en esas condiciones. Sin embargo, dicha aproximación no es factible dado que, de una parte, modelar la situación actual es muy complejo, y de otra, no existe manera de calibrar el modelo, pues no se tienen mediciones para la situación de sismo

con un sistema degradado. Es decir, el modelar el sistema degradado, además de ser difícil, no aporta riqueza al análisis.

Por ello, se optó por asumir en este capítulo que el sistema de transporte de Santa Fe de Bogotá *funciona idealmente, es decir que sus vías funcionan al nivel de la capacidad teórica*. Es importante que esta hipótesis quede clara, ya que se puede mal interpretar por el hecho de parecer que existe una contradicción con lo mencionado en el capítulo anterior. El supuesto de que el sistema de transporte es ideal se hace para facilitar el análisis. En el capítulo siguiente, sin embargo, se articulan los resultados de la modelación de un sistema ideal –este capítulo– con la situación verdadera del sistema –lo mencionado en el capítulo anterior–.

El enfoque metodológico dado a esta parte de la investigación buscó modelar la movilización dentro de la ciudad en dos situaciones básicas: con y sin sismo. Para modelar la movilización dentro de la ciudad se usó el paquete computacional Transcad-GIS. Este paquete permite modelar la ciudad dividida en zonas. Se tomaron dos zonificaciones diferentes, la del estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá y la del Estudio del Plan Maestro de Transporte. La primera se usó para el ejercicio de movilidad de los heridos y los muertos y la segunda para la movilidad de las personas ilesas. El paquete además requiere una red vial, por la cual se llevarán a cabo los viajes entre las diferentes zonas. Se usó la red vial empleada en el Estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá.

El paquete Transcad-GIS sigue para efectos de modelar un problema de demanda de transporte el proceso tradicional conocido como las “Cuatro Etapas”. Por demanda se entiende la cantidad de viajes que tiene una vía o modo de transporte. A continuación se explica brevemente cada una de ellas. La discusión se articula con las particularidades de los estudios de movilidad de interés para este estudio.

En la primera etapa, conocida como “generación y atracción” el modelo calcula el total de viajes que cada una de las zonas genera y atrae. Para la modelación del problema de movilidad de los heridos en esta etapa se tomó como “generación” los heridos que se producían en cada zona según el Estudio de Microzonificación Sísmica. Estos heridos debían ser llevados a los hospitales y centros médicos de la ciudad, que “atraen” los viajes de los heridos. Esta era entonces la atracción de las zonas. En otras palabras, una zona generaba más viajes de heridos en la medida que tuviera más heridos y atraía más viajes de heridos en la medida que tuviera más capacidad para atender heridos; capacidad medida por medio del número de camas de hospital en cada zona.

Al calcular la primera etapa se tiene únicamente el total de viajes que cada zona genera y atrae. No se sabe, sin embargo, cuántos viajes van de cada zona a cada una de las demás zonas. Es decir, se sabe cuántos heridos produce una zona, pero no cuántos van a ser llevados a cada una de las zonas donde hay capacidad de atención.

En la segunda etapa se soluciona el problema anterior al calcular la distribución de viajes entre las zonas, de ahí el nombre de la etapa: Distribución. Al final de la etapa de Distribución, entonces, es posible conocer cuántos viajes irán de cada una de las zonas a las demás zonas. El modelo Transcad-GIS permite varios procedimientos para hacer esto. Se escogió el procedimiento más estándar llamado “modelo gravitacional.” El principio subyacente es que la cantidad de viajes entre dos zonas es proporcional a los viajes generados en una y a los viajes atraídos por la otra, e inversamente proporcional a la distancia o al costo de movilizarse entre las dos zonas. Entre más viajes generen dos zonas, más probable es que haya viajes entre ellas. A la vez, entre más lejos estén las dos zonas, es menos probable que haya viajes entre ellas. Una idea sencilla, pero razonable.

Visto en términos del problema de movilidad de heridos, lo que este modelo hace es asignar más viajes entre dos zonas en la medida que hay más heridos en una y más capacidad

---

hospitalaria en la otra. A su vez, asigna menos en la medida que las zonas estén más distantes. Se tomó la distancia porque se asumió que en el caso del sismo este debía ser el criterio fundamental, ya que la ciudad entra a funcionar en condiciones muy distintas a las normales, en donde los usuarios buscan, por ejemplo, minimizar tiempo de viaje. Para el caso de un sismo se consideró que el problema radica en llevar a los heridos a recibir atención médica y retornar los ilesos a sus hogares o refugios disponibles y ello se puede lograr de la mejor forma posible si se minimiza la distancia de viaje.

En la tercera etapa del proceso de modelación de demanda se asignan los viajes entre las diferentes zonas a un modo de transporte: metro, bus, auto, a pie, etc. Como el ejercicio consistía en modelar la situación ante un sismo, se consideró que todos los viajes deberían ser asignados a un solo modo de transporte. Para el caso de los heridos, es claro que lo importante es llevarlos a recibir atención médica y no tanto en qué modo. Para el caso de los ilesos, es difícil estimar el daño que va a sufrir cada uno de los modos actuales y por ende, difícil modelar la situación con sismo. Al tomar un solo modo, en cambio, se evita este problema sin perder riqueza los resultados, porque la información que contienen permite conocer las principales rutas que tendrán que tomar los viajeros debido al sismo.

En la cuarta etapa o de escogencia de ruta, el modelo asigna los viajes entre zonas (y por modo, si los hubiera) a una ruta que conecte las dos zonas. Aquí es donde el modelo utiliza la red vial del Estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá. Para llevar a cabo la asignación, el modelo soluciona un problema de optimización donde minimiza una función objetivo. Para el problema objeto de estudio, se escogió como función objetivo la distancia entre las zonas. Nuevamente, en caso de sismo se consideró que lo importante era escoger la ruta con menor distancia, pues la ciudad va a funcionar de una manera muy diferente a como lo hace normalmente. Además, al minimizar la distancia se está implícitamente minimizando el tiempo de viaje entre las zonas. Infortunadamente, es imposible predecir los nuevos tiempos de viajes o el nuevo costo

generalizado de viaje,<sup>12</sup> y por eso no es factible realizar la modelación con estas variables dentro de la función objetivo.

Para la modelación del problema de movilidad de las personas ilesas después del sismo no fue necesario realizar las etapas 1 y 2, anteriormente explicadas. Esto por cuanto se utilizó la matriz de origen y destino para el año 1995, proveniente del Estudio de Plan Maestro de Transporte. Esta matriz fue hallada por los autores del Plan a partir de encuestas y calibrada para las condiciones de la época. La matriz contiene la información que para el caso de heridos se halló en las etapas 1 y 2, y es más precisa que si se hubiera adoptado un enfoque para el problema de movilidad de los ilesos similar al usado con el problema de movilidad de los heridos.

El Plan Maestro encontró varias matrices de origen y destino –para viajes con motivo trabajo, estudio, hogar, negocios, etc.–. Para este estudio se usó la matriz que especifica los viajes que son de regreso al hogar. Esto se hizo para simular la peor situación, que es cuando la mayor cantidad de gente se encuentra fuera de su hogar, ya sea en el trabajo, en el estudio o haciendo negocios, y ocurre el sismo. Esto es, según cálculos de los autores a partir de información del Plan Maestro, aproximadamente a las 11 a.m. Los cálculos indican que la peor situación significa que un 35 por ciento del total de viajes en el día de regreso al hogar se harían inmediatamente después del sismo. No todos los viajes de un día se dan en el peor escenario, pues esto es imposible ya que nunca toda la población de la ciudad está fuera de su casa al tiempo. En este sentido, vale la pena aclarar que un 35 por ciento de los viajes al hogar ocurriendo al tiempo, constituyen una fracción muy alta de los mismos y representan una carga muy alta sobre el sistema. Se estima que esta fracción representa un 33 por ciento más que los que había durante la hora más cargada (la hora pico antes de la medida del Pico y Placa).

---

<sup>12</sup> El costo generalizado de viaje es igual a la suma de la tarifa que se paga por viajar, más el costo de la gasolina, más el valor del tiempo.

Como en la etapa 3 del proceso de modelación de demanda –donde se asignan los viajes a un modo de transporte– se asumió que solo había un modo de transporte, la etapa importante al estudiar el problema de movilidad de los ilesos fue la 4, donde se asignan los viajes a la red vial. Es decir, se modelaron todos los viajes en un solo modo, y por lo tanto, lo interesante es ver qué ruta toman estos viajes, para determinar las vías que son fundamentales para el funcionamiento después del sismo.

Para todas las simulaciones hechas se definió una situación base que es la situación en la cual se simuló el problema de movilidad en cuestión –movilidad de heridos hacia los hospitales, de ilesos hacia sus casas y de cadáveres hacia las morgues– asumiendo que el sismo no producía daño alguno al sistema de transporte. La situación base permite ver cuáles son las vías que inicialmente son importantes para el funcionamiento de la ciudad.

Luego, el enfoque seguido en este estudio llevó a que se introdujeran poco a poco daños en el sistema de transporte debido al sismo. El correspondiente problema de movilidad era estudiado y analizado. Así fue posible afinar la lista de las vías que son importantes para el funcionamiento de la ciudad en caso de sismo. Se definieron tres escenarios de daños. En el primero, el sismo derrumba algunos puentes de la ciudad, lo cual obstruye algunas vías. En el segundo, el sismo derrumba edificios que bloquean las vías aledañas, pero no afecta los puentes. Finalmente, en el tercer escenario, se asume que el sismo derrumba algunos puentes y además edificaciones que bloquean las vías. Este es, por ende, el escenario más probable.

Se adoptó esta aproximación gradual para enriquecer el análisis y dar a la parte contratante una visión más integral de los posibles daños que ocurrirán. Siempre hay incertidumbre al hacer estos estimativos. Una forma de copar con ella, es plantear varios escenarios, que fue la aproximación que se siguió en este estudio.

La estimación de los daños sobre puentes y vías se presentó en el segundo capítulo, en el cual se explica cómo se estimó cualitativamente la vulnerabilidad de los puentes de la ciudad

y cómo se estableció cuáles podrían eventualmente tener más chance de presentar mayores daños ante un sismo. Para un sismo moderado se estimó que los puentes con una vulnerabilidad alta podrían colapsar. De acuerdo con el grado de vulnerabilidad cualitativa se estima que dos de ellos podrían interrumpir la circulación; sobre la Autopista Norte en las Calles 100 y 170 (este mapa está más adelante en la Figura 5.5; se colocó allí para facilitar al lector la interpretación de los mapas a medida que se introducen daños al sistema de transporte). Cuando el sismo es severo, se asumió que además de los anteriores, se podrían afectar los puentes con vulnerabilidad media (color amarillo en el mapa de la Figura 5.5). En el sismo fuerte, se estima que se afectarían significativamente 14 puentes de los 46 puentes que tiene la ciudad. Al fallar, un puente cierra tanto la vía que eleva como la vía que pasa por debajo de él.

Además de los puentes, se estimó qué tramos de vías se podrían cerrar por construcciones aledañas a las mismas que, debido al sismo, al colapsar taponan la vía. Para ello, el equipo investigador tuvo en cuenta los resultados del estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá, el ancho de la calle y la altura de las edificaciones aledañas. Una vía se obstruye, entonces, si existen construcciones que puedan ser fuertemente afectadas, y si dichas construcciones tienen una altura que supera el ancho de la vía (ver Figuras 5.10 y 5.11, que están más adelante, nuevamente, para facilitar al lector el seguimiento de los resultados).

Tal como se mencionó, el colapso de un puente cierra el paso tanto en la vía que se elevaba con el puente, como en la vía que pasa por debajo de él. Igualmente, el derrumbe de un edificio sobre una vía cierra la vía. Una vez “cerrados” estos tramos de la red vial, se corrió el modelo Transcad-GIS para ver cómo se afectaba el patrón de asignación de viajes a la red vial.

Otro problema de movilidad que se estudió fue el de las personas fallecidas debido al sismo, para el cual también se utilizó el paquete Transcad-GIS. El equipo de investigación definió 3

zonas de la ciudad adecuadas para la ubicación de las personas fallecidas y para su reconocimiento inmediatamente después del desastre. Estas fueron: la escuela de caballería en el Norte de la ciudad, la escuela de artillería en el Sur de la ciudad y el estadio El Campín, sobre la NQS. Se siguió un enfoque similar al utilizado para los heridos: del estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá. Con base en el número de muertos en cada zona se constituyó el proceso de generación de viajes. El destino fueron los tres sitios antes definidos. El modelo Transcad tenía entonces que encontrar las rutas óptimas para llevar los cadáveres hasta estos sitios.

El último problema de movilidad que se estudió fue el de los organismos de socorro al analizar con el paquete Transcad-GIS la forma como deberían dar respuesta a la emergencia. Este paquete además de ser una herramienta de análisis de demanda de transporte también es un sistema de información geográfica. Al usar esta herramienta fue posible localizar las estaciones de bomberos, defensa civil y policía que tiene la ciudad. Al usar la zonificación del Estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá se definió una zona de influencia para cada una de las estaciones. Entonces se simularon viajes desde la respectiva estación hasta el centroide de cada una de las zonas de influencia. El centroide convierte a la zona en un punto representativo y facilita la modelación del problema de acceso a dicha zona, pues no hay una multitud de destinos, sino uno solo.

Es conveniente indicar, como se explica en otra parte del informe, que se analizaron cuatro escenarios de sismo: sismo moderado de día, sismo moderado de noche, sismo fuerte de día y sismo fuerte de noche. El problema de movilidad cambia en función de si el sismo es de día o de noche. Por ejemplo, si ocurre de noche, las personas ya no tendrán que regresar a sus casas, y será más sencillo manejar esta situación. Si el sismo es fuerte, la cantidad de daños es mayor, lo cual también afecta la movilidad.

Por otra parte, es fundamental *explicar los diagramas con los cuales muestra los resultados el paquete Transcad-GIS*. Cada mapa contiene varias capas de información y por eso es importante que el lector entienda bien el contenido de los mapas. Para las simulaciones de heridos, los mapas de resultados tienen una primera capa de información que es la cantidad de heridos por zona. En la tabla de convenciones figura la equivalencia de cada color. Como se puede ver, en todos los escenarios la zona occidental de la ciudad tiene menos daños que la zona oriental. Los mapas además tienen la red vial de la ciudad de Bogotá.

Sobre la red hay unas líneas de color azul y ancho variable, que representan el volumen de viajes sobre cada tramo. En el cuadro de convenciones aparece la escala, con lo cual se sabe cuántos viajes representa el ancho de la línea. *Entre más ancha sea la línea, mayor es la cantidad de viajes que van por ese corredor*. Es conveniente que el lector se fije en la escala, pues a medida que se introducen más daños al sistema de transporte debido al sismo, cambia la escala y usualmente, un mismo ancho representa el paso de más viajes.

Finalmente, es importante aclarar que estas líneas azules que representan un volumen de viajes y no hacen explícita una dirección de viajes. Sin embargo, es posible inferirla a partir del problema de movilidad en cuestión. Así, para el problema de movilidad de los heridos, las líneas representan un viaje desde las zonas donde se generan heridos, hasta las zonas del centro de la ciudad donde se concentran la mayoría de los hospitales de la ciudad. Para el caso de los viajes al hogar, se puede asumir que son desde las zonas de trabajo hacia las zonas residenciales, pues, como se vio arriba, se encontró que la peor situación ocurre si el sismo tiene lugar de día cuando la mayoría de la gente está fuera de su hogar y a raíz del sismo, quiere retornar a sus residencias. Así mismo, el problema de movilidad de las personas fallecidas es desde las zonas donde fallecen hasta los tres centros de ubicación temporal de cadáveres que se recomendaron en este trabajo.

## 5.2 La movilidad de las personas heridas por el sismo

El estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá estimó para cada una de las zonas en que se dividió la ciudad, la cantidad de heridos que habría en caso de un sismo moderado y un sismo fuerte, tanto si el sismo es de día como si es de noche. Estos son los cuatro escenarios que se manejan en este estudio y que se explicaron anteriormente.

En esta sección se discuten los resultados de las simulaciones usando el paquete Transcad-GIS. Como se dijo antes, se puso el paquete a modelar los viajes de las personas heridas hacia los centros asistenciales. Es conveniente mencionar que se asumió que los centros de atención –hospitales de nivel 1, 2, y 3– estaban vacíos al momento del sismo, *es decir, toda su capacidad instalada está disponible para atender la emergencia*. Se hizo esto por dos razones. Primera, si el modelo encuentra que la generación –los heridos producidos– es mayor que la atracción –la capacidad de los hospitales– automáticamente ajusta la atracción y la iguala con la generación. Esto se hace en la práctica usual porque de lo contrario algunos viajes tendrían que desaparecer en el camino y eso no sucede en la vida real. En este orden de ideas, entonces, era indiferente para efectos de la modelación el tomar los hospitales vacíos o con un histórico de la capacidad ocupada, porque el modelo de todas maneras ajustaba automáticamente la capacidad hospitalaria. Segunda, lo interesante desde el punto de vista de la movilidad era ver las rutas que deberían tomar estos viajes, y no tanto determinar si la capacidad hospitalaria es suficiente o no. Al parecer, no lo es, pero esto se determina de otra manera.

Inicialmente se presentan los resultados de la simulación en la situación en que hay sismo, pero no hay afectación alguna sobre el sistema de transporte. Es decir, ninguno de los puentes de la ciudad se afecta gravemente por efecto del sismo. Esta primera modelación permite identificar las rutas que serán críticas y que por ende, de mayor importancia para la funcionalidad de la ciudad desde este punto de vista. Luego, como se explicó en la

metodología, se introducen poco a poco daños en la red vial, hasta llegar a la situación de daño en vías y puentes.

### **5.2.1 Resultados de la modelación sin daños en el sistema de transporte**

La asignación de viajes de heridos a la red vial es consecuente con la situación que plantean los sismos de acuerdo al Estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá. En ella, la mayoría de los heridos ocurren en las zonas cercanas a las montañas del oriente de la Sabana. En estas mismas zonas, la ciudad tiene la mayoría de los centros asistenciales. Por lo tanto, hay una cantidad importante de viajes dentro de esta misma zona.

Es importante resaltar que las modelaciones no afectaron la cantidad de hospitales o camas que ofrecen por la razón anotada arriba: el modelo no lo permite. Sin embargo, en la práctica esto quiere decir que la ciudad debe prestar particular atención a reducir la vulnerabilidad de los hospitales. Análogamente, al occidente de la ciudad se presentan pocos heridos y por ende la demanda sobre el sistema es bastante baja en esta zona. Además, cuenta esta zona con algunos hospitales lo cual reduce la distancia que tienen que viajar los heridos.

Para el caso del sismo moderado durante el día (Figura 5.1) emergen como principales vías para el transporte de heridos las Avenidas: 7 y Caracas; la NQS a partir de la Calle 68 hasta el Sur de la ciudad; la Calle 26 entre Carreras. 30 y 7; la Calle 68 en un tramo al occidente de la NQS; y la Calle 63 entre la Caracas y la NQS. Otras vías que no son tan importantes son las Avenida Suba, la Carrera 68 entre Calle 100 y Calle 68, y la Avenida (Carrera) 19 en el Norte de la ciudad. Avenidas como la Boyacá y la Carrera 68 y otras en el occidente de la ciudad no tienen mayor importancia en este escenario debido a que la mayoría de los heridos ocurren en las zonas del oriente de la ciudad, que están cerca de los hospitales ubicados en

esta misma zona. Por ende, los viajes se concentran en el oriente de la ciudad, en el llamado centro expandido.

Cuando el sismo moderado es de noche (Figura 5.2), la situación es muy parecida a la descrita anteriormente. El problema es de menos magnitud, pues por ser de noche, el sismo produce menos heridos; sin embargo, las vías importantes para la movilidad de los heridos son las mismas. Nuevamente, el oriente de la ciudad concentra la mayoría de los viajes de heridos, pues es donde más incidencia tiene el sismo. El occidente, presenta un problema de movilidad muy menor.

En el caso de un sismo fuerte hay más heridos, porque la destrucción es mayor. Los daños continúan concentrados en el oriente de la ciudad, aunque ahora algunas zonas de Suba y Bosa sufren daños, pero no tan importantes con las zonas del Suroriente.

Cuando el sismo es durante el día (Figura 5.3) las siguientes avenidas son importantes para el transporte de heridos: la NQS, particularmente entre las Calles 68 y 26, la Avenida Caracas entre el monumento a Los Héroes y su final en el Sur de la ciudad, la Calle 26 y la Carrera 7. Estas avenidas son de lejos las que más deberán prestar sus servicios para el transporte de heridos (sin embargo, la NQS tiene unos puentes que muy probablemente se afectarían ante un sismo fuerte y por ende, pueden cerrar buena parte de esta vía). Otras vías importantes son la Autopista Norte, la Autopista Sur, la Avenida (Carrera) 19, la Avenida Suba, la Calle 68 al occidente de la NQS, la Carrera 68 entre la 100 y la 80, y entre la 26 y la Auto Sur. La Avenida Boyacá continua sin ser fundamental (porque la afectación de puentes no se ha considerado en esta simulación).

Cuando el sismo fuerte es en la noche (Figura 5.4) la situación desde el punto de vista de la movilidad no cambia significativamente, excepto por un aumento en la cantidad de viajes en todos los corredores y en particular dos corredores del occidente, la Avenida Boyacá y la Carrera 68. La lista de vías que resultan importantes para el transporte de heridos en la

---

modelación es más extensa comparada con el caso del sismo moderado. Esto concuerda con el impacto del sismo fuerte, que impondrá mayores exigencias al sistema de transporte de la ciudad por lo que ocasiona más daños.

A partir de este análisis se puede entonces listar algunas de las vías que aparecen ser importantes para la funcionalidad de la ciudad (Ver Tabla 5.1). Es importante recordar al lector que la metodología seguida gradualmente se introducían daños al sistema de transporte. En esta parte, se asumió que si bien ocurría el sismo y había heridos, el sistema de transporte no sufría daños. Así, la lista de vías de la Tabla 5.1 debe ser vista con cuidado. En la medida que se introduzcan daños en las secciones posteriores, esta lista cambiará. No obstante, la lista sí muestra las vías que son importantes en condiciones normales. Lo ideal sería entonces, que el plan de preparación para emergencias tenga en cuenta que inclusive con sismo, sean estas las vías de las cuales dependa la funcionalidad de la ciudad. Esto por una sencilla razón: la modelación se hizo minimizando distancia. Por lo tanto, esta lista de vías es la que minimiza la distancia para llevar los heridos a los hospitales.

**Tabla 5.1**

**Vías que aparecen importantes para la funcionalidad de la ciudad desde el punto de vista del transporte de heridos (escenario SIN daños al sistema de transporte)**

Vía	Tramo
<b>Vías muy importantes</b>	
NQS	Calle 68 – Autopista Sur
Carrera 7	Toda su extensión
Avenida Caracas	Héroes – límite Sur
Calle 26	NQS – Carrera 7ª
<b>Vías importantes</b>	
Auto Norte	Calle 170- Calle 80
Auto Sur	Matatigres – Ave. Boyacá
Avenida Suba	Toda su extensión
Carrera 68	Calle 100 a Calle 80
Carrera 68	Calle 26 – Autopista Sur.

**5.2.2 Resultados de la modelación con daños en puentes**

En esta parte de la simulación se asumió que en cada uno de los sismos algunos puentes se afectaban. En la Figura 5.5 se puede verificar la vulnerabilidad cualitativa de cada uno de los puentes de la ciudad. Cuando el sismo es moderado, se asumió que los puentes con un grado de vulnerabilidad alta se podrían colapsar. De acuerdo con la valoración, se estima que fallarían dos, los cuales están ubicados sobre la Autopista Norte en las Calles 100 y 170. Cuando el sismo es fuerte, se asumió que además de los anteriores, se afectarían los puentes con grado de vulnerabilidad media (color amarillo en el mapa). En el sismo fuerte, entonces se afectarían gravemente 14 puentes de los 46 que tiene la ciudad. Al fallar, un puente podría cerrar la vía que eleva como la vía que pasa por debajo de él. Al analizar el problema de movilidad ocasionado por el cierre de puentes, es posible determinar cuáles son los que más inciden en la funcionalidad de la ciudad. Al final del capítulo y basado en estos análisis, se dará una lista de puentes que son fundamentales y una recomendación en torno a cuál debe ser el orden de prioridad para evaluarlos detalladamente y reforzarlos si es pertinente.

En el caso del sismo moderado el impacto sobre la movilidad de las personas heridas no es muy elevado, pues tan solo la Autopista Norte deja de ser una vía útil para la ciudad (Figuras 5.6 y 5.7). Esta vía, de acuerdo con las simulaciones, no es tan fundamental para el transporte de heridos, pues no hay una generación alta de heridos en las zonas cercanas. La Autopista, contrario a lo que puedan pensar algunos, no es una vía muy conveniente en caso de una emergencia, precisamente por ser de acceso limitado. Al serlo, depende de puentes y unas pocas entradas y salidas para funcionar. Una vez algunas de ellas dejan de funcionar, la Autopista podría verse severamente afectada en su funcionalidad. Sin embargo, las paralelas por ser accesibles desde cualquier calle vecina, continúan prestando un servicio local, entre puente y puente que se haya afectado. En la simulación no fue posible tener en cuenta las paralelas de la Autopista Norte. Como son solo dos puentes los que podrían quedar fuera de servicio, sería conveniente preparar rápidamente una cuadrilla con equipo adecuado para que remueva los escombros y habilite nuevamente esta vía. En el capítulo seis, donde se dan



orientaciones para el plan de emergencia y contingencia, se recomienda estudiar la vulnerabilidad sísmica estructural de los puentes de la Autopista; los resultados de estos estudios indicarán la forma de reducir la vulnerabilidad de la Autopista, pues el posible colapso de los puentes es el único impacto que podría cerrar las vías, excepto que haya fallas graves en las tuberías del acueducto que afecten severamente las calzadas.

El tráfico de heridos sobre la Autopista parece ser absorbido en la situación con daños en los puentes por la Avenida (Carrera) 19. Esta vía resulta en este caso más importante de lo que se había concluido en la sección anterior. Actualmente, esta vía se satura de manera importante con el tráfico normal. En caso de sismo, sería necesario definir su uso como exclusivo para ambulancias y transporte público, pues la Autopista Norte podría verse fuertemente afectada en esta circunstancia.

En el caso de sismo fuerte, la situación es diferente, pues al fallar un mayor número de puentes la movilización de los heridos se va a dificultar aun más. En este caso, las vías Autopista Norte, NQS y Avenida Boyacá al Sur de Ciudad Salitre se pueden ver fuertemente afectadas. Un eventual colapso del puente de la Carrera 68 con Autopista El Dorado afectaría estas dos vías. Particularmente grave resultaría la falla del puente en la intersección de la Avenida de las Américas con Avenida Jiménez y Avenida Los Comuneros, porque cierra varias vías a la vez. Esto afecta la movilidad de la ciudad, ya que obliga a tomar rutas más largas para llevar a los heridos a los hospitales.

Si el sismo es durante el día (Figura 5.8) el patrón de viajes de los heridos se afecta de manera importante. La NQS ya no es una opción y los viajes deben tomar otras rutas, como son la Carrera 50 y otras vías que están entre la NQS y la Carrera 68. La Carrera 68 también se vuelve una vía muy importante en el tramo comprendido entre las Américas y la Avenida de La Esperanza. Esta avenida, a su vez, se convierte en fundamental para el transporte de heridos. La Avenida 26 también resulta ser muy importante, al igual que la Avenida 19 en el Norte de la ciudad, que ahora debe movilizar los heridos que la Autopista

Norte no lleva. De igual manera, la Calle 80 y la Calle 68 ganan en importancia, y por ellas se mueven más viajes de heridos. Si el sismo es durante la noche (Figura 5.9) la conclusión es similar, pues las líneas de viajes dan muy parecidas al caso de sismo fuerte de día.

Las vías secundarias pueden aparecer en la mente del lector como una opción. Si bien lo pueden ser, hay que reconocer que son bastante vulnerables debido a su escaso ancho, unos 8 a 12 metros en promedio, que las hace factibles de sufrir bloqueos por construcciones aledañas que se pueden derrumbar. Sin embargo, es posible esperar que la ciudad deba comenzar a moverse por ellas, por lo menos para desplazamientos cortos dentro de una misma zona.

La conclusión que emerge de estos análisis es que ante la pérdida de operación de ciertos puentes el transporte de heridos tendrá que hacerse por las vías que queden habilitadas o que hayan sufrido menos daños. Si bien esto puede parecer obvio, la conclusión va más allá cuando se articula con las medidas que se deben tomar para manejar la emergencia. De hecho, a continuación es posible mencionar algunas de las recomendaciones de este trabajo, las cuales serán ampliadas y articuladas con lo concluido en las secciones siguientes en el capítulo 6, donde se hacen las recomendaciones finales del estudio.

1. Es necesario que haya un plan emergencias: el espacio vial en el caso de un sismo fuerte va a estar bastante limitado y será necesario usarlo con la máxima eficiencia. Por ello, la intervención de la Administración y del Sistema Distrital para la Prevención y Atención de Emergencias es fundamental, con un plan de emergencia debidamente concebido.
2. Una vez se presente la emergencia, será necesario hacer una verificación muy rápida – por tierra y mediante helicópteros, por ejemplo– de cuáles de los puentes siguen operando, y acorde con esta información qué vías no se pueden usar.

### 5.2.3 Resultados de la simulación con daños en las vías

En esta parte se simula el problema de movilidad de personas heridas por el sismo cuando hay daños en ciertas vías que se cierran totalmente. Se asume, en principio que los puentes no fallan, como se explicó anteriormente, dentro de la aproximación gradual seguida en este estudio. Las modelaciones incluyen únicamente la suposición de cierre total de una vía. El cierre parcial fue imposible de modelar porque no se tenía un periodo de tiempo definido para el análisis. En otras palabras, el cierre parcial de una vía implica que su capacidad está disminuida y que por lo tanto, menos viajes pueden pasar por unidad de tiempo. Sin embargo, no implica que sea imposible el paso. Lo cual lleva a que con la capacidad disminuida los viajes se demoren más tiempo, pero pasarán de todas maneras.

Las vías que se cierran se obtuvieron de los mapas de vulnerabilidad del sistema vial ante los sismos moderado y fuerte. En ambos casos se asumió que las vías con una vulnerabilidad media se cerraban. En el caso del sismo moderado (Figura 5.10), las siguientes vías sufrirían cierres totales: Carrera 7 en tramos importantes entre las Calles 39 y 92, que inutilizan en la práctica todo este trayecto. Además, se cerraría la Carrera 9 en tramos entre la Calle 116 y la Calle 155. Igualmente, se cerraría la Carrera 13 y la Avenida Caracas entre las Calles 39 y 53, aproximadamente. Finalmente, las siguientes calles también sufrirían daños importantes: Calle 63, Calle 26, y Calle 13, todas en los tramos entre la Avenida Caracas y la NQS. En el caso de un sismo fuerte (Figura 5.11), a la anterior lista es necesario añadir la Calle 68 en toda su extensión, la Carrera 15, entre Calles 100 y 116, y tramos de: la Avenida Suba, la Calle 140, la Avenida 68, la Carrera 10 y del extremo Sur de la Avenida Caracas.

El cierre de este conjunto de vías implicaría, tanto para el sismo moderado como para el sismo fuerte, que acceder a la zona central de la ciudad sería difícil, ya que se cerrarían las principales vías del centro de la ciudad: la 7, la 13 y la Caracas. El problema es que en esta zona es donde están, precisamente, la mayoría de los hospitales de la ciudad. Esto generaría un gran traumatismo. Los viajes de heridos ahora tendrían que utilizar la NQS (Figura 5.12,

5.13, 5.14 y 5.15). La ciudad, de acuerdo con las simulaciones, comenzaría a depender críticamente de la NQS, una vía que es central y atraviesa la ciudad. Ante el cierre de las vías en la zona central, la NQS se convertiría en la alternativa para acceder al centro y a los hospitales de la zona usando las Calles 34 y 53, que se convierten en el acceso al centro.

El cierre de estas vías también tiene otra consecuencia, y es que es probable que sea imposible acceder a ciertos hospitales, como el San Ignacio de la Universidad Javeriana. Sin embargo, en estas simulaciones no aparece la Avenida Circunvalar, que queda, en efecto, como la vía de reserva para la ciudad. La Circunvalar no aparece por cuanto se pidió al modelo que minimizara distancia de viaje y no se le dio un límite de capacidad para las vías. Por ello, el modelo asigna por la NQS y las Calles 53 y 34, que implican una menor distancia que por la Circunvalar. No obstante, en la realidad esta vía va a permitir acceder a la zona central de la ciudad con relativa facilidad, y por lo tanto se recomienda que sea declarada para uso exclusivo de los organismos operativos, que requieren llegar rápido a los hospitales. En la siguiente parte se verá qué ocurre cuando además de los daños en la vía, se introducen daños en los puentes.

#### **5.2.4 Resultados de la simulación con daños en los puentes y en las vías**

En este escenario se simula el problema de movilidad de los heridos cuando hay el mayor daño estimado al sistema de transporte debido al sismo: tanto la red vial como los puentes han sufrido daños que implican cierres de las vías.

Para el caso de un sismo moderado (Figuras 5.16 y 5.17) en el que saldrían de operación dos puentes, ambos sobre la Autopista Norte, el patrón de viajes no es muy distinto al descrito anteriormente en las secciones 5.2.2 y 5.2.3. La NQS confirma su importancia, y como ya se había analizado, la Avenida (Carrera) 19 cobra importancia. Nuevamente, la Avenida

Circunvalar resulta ser la reserva que tiene la ciudad y que va a permitir acceder al centro por el oriente.

En el caso de un sismo fuerte (Figuras 5.18 y 5.19) son 14 los puentes que eventualmente saldrían de operación por la acción del sismo; tres de ellos están ubicados sobre la NQS –la vía que en el caso de un sismo moderado es fundamental para la movilidad de la ciudad–. La situación, entonces, con el sismo fuerte implica un cierre de las vías principales del centro (7, 13 y Caracas) y de la NQS. Esto obliga a los viajes a tomar rutas diferentes, que implican una mayor distancia de viaje. También limita las opciones para viajar. Ahora vías intermedias como las Carreras 17 y 19, la Calle 53 al occidente de la NQS y la Calle 34 se convierten en vías fundamentales para la movilidad de la ciudad. Otras vías que son importantes son la Avenida Carrera 19 y la Avenida de Las Américas, esta última en el occidente de la ciudad, y las Carreras 7 y 18 en el extremo Suroriental de la ciudad. Estas últimas vías evacuarían los heridos de ciudad Bolívar.

Algunas de estas vías son de menores especificaciones y se congestionan más rápidamente cuando tienen volúmenes importantes de tráfico sobre ellas. Además, debido a la degradación del sistema de transporte de la ciudad, es de esperar que la congestión sea muy fuerte. Esto implica que acceder a una cantidad de importantes centros hospitalarios que quedan en el centro expandido de la ciudad va a ser difícil. Por ello, algunos heridos tendrán que ser llevados a otros hospitales, cuya capacidad se verá copada muy rápidamente.

En este escenario, el patrón de viaje es bastante diferente a los mostrados antes. De hecho, la situación es dramática: las vías principales dejan de funcionar y la ciudad comienza a depender de rutas muy largas, que si no son conocidas de antemano por los conductores de ambulancias, causarían problemas muy importantes.

La dificultad radica precisamente en conocer estas rutas de antemano. De allí que sea necesario que la ciudad tenga un plan de emergencia y contingencia y una forma de

diagnosticar la situación una vez ocurra el sismo. Dicho plan de manejo de emergencias o de contingencia debe involucrar los siguientes aspectos:

1. La ciudad debe verificar de inmediato la situación una vez ocurra el sismo y debe limitar el uso de ciertos corredores, como la Circunvalar, para uso exclusivo de los organismos operativos. Además, la Ciudad debe identificar rápidamente los daños que sufren vías como la Carrera 7, la troncal de la Caracas y la NQS. Finalmente, debe estar en capacidad de informar a los conductores de las ambulancias sobre las vías que les sirven para llegar a los hospitales.
2. Cada hospital debe tener un plan de emergencias y una red de referencia para distribuir a los heridos, de acuerdo con su nivel de gravedad.
3. El transporte en automóvil particular, en lo posible, sería deseable que sea prohibido en el caso de un sismo fuerte. Los daños que sufrirá la ciudad harán imposible la movilización en autos de baja capacidad, más aún si se tiene en cuenta que hoy en día, sin haber ocurrido un sismo, la congestión es exageradamente alta. Con el sismo, la congestión sería mayor y las ambulancias y el transporte de heridos sufrirían las consecuencias. Esto se agrava por el hecho que la ciudad sólo dispone de 229 ambulancias, lo cual lleva a concluir que lo más probable es que mucha gente no reciba atención médica oportunamente.

En el capítulo seis serán articuladas y ampliadas estas recomendaciones en orientaciones para el plan de emergencia y contingencia.

### **5.3 La movilidad de las personas ilesas después del sismo**

#### **5.3.1 Generalidades**

En esta sección se estudia el problema de movilidad de las personas que quedan ilesas después de ocurrido el sismo. Como se explicó anteriormente, se simuló la peor situación que se estimó ocurre cuando el sismo tiene lugar a las 11 a.m., hora en la cual está la mayoría de la gente fuera de su hogar, ya sea en el trabajo o en el estudio o haciendo actividades comerciales. La situación modelada equivale a un 33 por ciento más de los viajes que antes se hacían en la hora pico (antes de que hubiera Pico y Placa, que dilató el número de viajes en un tiempo más largo).

Para esta parte del ejercicio se siguió un enfoque similar al realizado en la sección anterior, donde se estudió el problema de movilidad de las personas heridas. Es decir, se asumió inicialmente, que el sistema de transporte no sufría afectación alguna, y se modelaron los viajes de la gente desde sus sitios de trabajo y estudio hasta el sitio de residencia. Se introdujeron de manera progresiva daños al sistema de transporte: primero, se asumió que algunos puentes podrían afectarse, luego se asumió que algunas vías se obstruían por colapso de edificaciones y finalmente, se asumió la peor situación de daños en la cual, tanto los puentes como las vías se cierran por colapso de puentes y edificaciones.

Además de la modelación de los viajes al hogar, se modeló otro problema relativo a la movilidad de los estudiantes. La idea es determinar el impacto adicional que tendría sobre la movilización general de la ciudad el que los padres fueran a buscar a sus hijos a los centros de estudio. Esto se hizo para determinar si lo adecuado es que los padres busquen a sus hijos, o si por el contrario, lo mejor es que las familias se reunifiquen cerca de su hogar.

Esta sección está dividida en dos: En la primera se trata el problema de los viajes al hogar, y en la segunda, el problema de los viajes hechos por los estudiantes.

---

### 5.3.2 Viajes al hogar

La primera modelación que se hizo fue de los viajes al hogar cuando no hay daño alguno en el sistema de transporte (Figura 5.20). El patrón de viaje que resulta es similar al hallado por otros estudios como el del Metro (Ingetec-Bechtel-Systra, 1997). Sin embargo, a pesar de esta semejanza general, el patrón de viaje encontrado en este estudio no coincide por completo con el hallado en el estudio para el metro. Esto se debe a que son ejercicios de modelación de demanda diferentes. El de este estudio, es uno para viajes de regreso al hogar. En cambio, el del estudio del metro es para viajar desde el hogar hacia el trabajo y los centros de actividad.

Las vías que aparecen como importantes para la movilización de las personas de regreso al hogar son, entre otras: las Carreras 7, 30 (NQS) y 68; las Avenidas Boyacá, Américas, a Suba y Caracas, y las Calles 68, 72 y 13. La Avenida 19 en el Norte de la ciudad que ha sido mencionada ampliamente en los análisis de la movilidad de heridos, no aparece en estos resultados, porque mueve pocos viajes. Otra vía que no lleva un volumen importante de viajes a pesar de ser una vía fundamental hoy es la Avenida Circunvalar. Esto se debe a que las modelaciones se han hecho minimizando la distancia de viaje; la Circunvalar es una vía por las montañas que alarga de manera importante la distancia de recorrido.

Los resultados de la modelación cuando los sismos afectan gravemente puentes son análogos a los encontrados en el problema de movilización de heridos. En el sismo moderado la Autopista deja de concentrar viajes, y éstos se trasladan a la Avenida (Carrera) 19, dado que la Autopista Norte es la única vía donde hay puentes que podrían colapsar (Figura 5.21). En el caso de sismo fuerte, la afectación es mucho mayor y por ende, se observa un mayor cambio en el patrón de viajes (Figura 5.22): la NQS deja de funcionar, al igual que tramos de la Autopista El Dorado, la Boyacá, la Carrera 68 y la Calle 72. El resultado es que las vías que quedan habilitadas se recargan, como es el caso de la Carrera 7, las Calles 80 y 68, las Avenidas de las Américas y la Caracas.

Es importante resaltar la incidencia que tiene el eventual colapso del puente de la Avenida de las Américas con Calles 13, Avenida los comuneros y transversal 47. Por ser un puente que puede cerrar tantas vías simultáneamente, su impacto es muy alto y como se ve en la Figura 5.22 estas vías dejarían de ser utilizadas. Por ende, este puente es de máxima importancia para la ciudad y debe someterse al igual que muchos otros a un estudio detallado de vulnerabilidad sísmica para definir la necesidad de intervención para mejorar su capacidad sismoresistente.

La siguiente modelación que se hizo fue una en la cual los puentes no se afectan por la acción del sismo, pero en cambio, algunas vías se cierran por colapsos debido a cada uno de los dos tipos de sismo (Figuras 5.23 y 5.24). En este caso, el patrón de viajes que se presenta es similar al que se daba en un escenario para los heridos: la NQS se convierte, junto con la Calle 34 en las principales vías de acceso al centro. La Calle 72 y la Avenida de las Américas también cobran importancia, lo mismo que la Calle 53 y la Avenida 13 Sur. La Avenida Circunvalar que no había aparecido como un corredor importante en las modelaciones anteriores, ahora comienza a cobrar importancia.

La última modelación hecha en esta parte considera al tiempo el eventual colapso de los puentes y el cierre de las vías. Para el sismo moderado, el patrón de viajes se altera debido a la menor disponibilidad de vías de una forma similar a como se alteró el patrón de viaje de heridos cuando puentes y vías se cerraban. Para el caso de los viajes al hogar, sin embargo, lo más importante es el cambio en la cantidad de viajes en cada una de las vías. Si se compara la escala de la Figura 5.25 con la de la Figura 5.20 se ve que es el doble. Esto quiere decir que la demanda sobre las vías que quedan va a ser muy alta. Si tenemos en cuenta el estado actual de la red vial y del sistema de transporte, se puede entender que una carga tan alta de viajes tardaría muchas horas en ser evacuada por un sistema degradado y afectado por un sismo.

En el caso de sismo fuerte, la situación es muy diferente: la NQS no funciona al Norte de la Calle 26, las principales vías del centro estarían cerradas y el puente de las Américas con Calle 13 estaría fuera de operación. Con todas estas vías cerradas, la ciudad comienza a depender más fuertemente de vías secundarias: la Carrera 19, la Avenida de la Esperanza (que reemplaza a la Calle 26), la Carrera 85, la Calle 63, la Carrera 7 en el Sur de la ciudad. Algunas avenidas importantes que se tornan vitales son la Calle 80, la Primero de Mayo y la Salida a Villavicencio.

La principal consecuencia de todos estos daños es que los viajeros deberán tomar una ruta mucho más larga para llegar a sus destinos. Además, en las vías que queden disponibles circulará un volumen muy alto de vehículos, muy superior al que hay hoy en día. Por ello, se llama la atención al mirar las Figuras 5.20 a la 5.26, pues la escala de las líneas de viaje cambia.

Este hecho sumado a la dependencia de la ciudad de pocas vías para acceder a salir de las zonas de mayor actividad económica, se puede traducir en importantes demoras, que de no ser manejadas adecuadamente, ocasionarán no solo retrasos importantes a las personas ilesas en su viaje al hogar, sino retrasos a las ambulancias en sus viajes con heridos a los hospitales. Por eso, sería conveniente que una vez ocurra el sismo, se promuevan las siguientes recomendaciones (estas recomendaciones será ampliadas y articuladas con las demás que se han dado en este capítulo en las orientaciones para el plan de emergencia que se plantean en el capítulo 6):

1. Determinar las vías que se vean afectadas, usando un sistema rápido de verificación, por tierra y con helicópteros que recorran la ciudad e identifiquen los daños sobre vías fundamentales como la NQS, la Carrera 7, la Caracas y la Calle 26.
2. Las vías disponibles deben ser racionadas, primero porque serán pocas vías y segundo porque tendrán una demanda exagerada para movilizar viajes. Unos corredores viales,

que pueden ser secundarios, deben ser asignados para uso exclusivo de los organismos operativos (por ejemplo las Carreras 17, 19 y 20 en la zona del centro expandido). Otros corredores deben ser asignados para el transporte masivo, como son los buses. La Avenida Circunvalar queda de reserva, pero como se argumentó arriba, debe ser dejada para transporte exclusivo de los organismos de socorro.

3. Se debe hacer tomar consciencia a la ciudadanía antes de la ocurrencia del sismo sobre la necesidad de no usar su vehículo particular una vez ocurra el evento. Los vehículos deben ser dejados en los sitios donde están y la gente deberá ir a su casa en transporte masivo. Si la ciudadanía decide retornar a sus casas en automóvil, el escaso espacio vial que quedará disponible después del evento estará muy congestionado; regresar a casa puede tomar horas. Si bien esto no es tan grave, los más perjudicados van a ser los heridos, que no podrán llegar a los hospitales, debido a la congestión.
4. Transmilenio debe desarrollarse teniendo en cuenta las máximas especificaciones que garanticen una muy baja vulnerabilidad, ya que, como se vio, el transporte masivo va a ser fundamental para que la ciudad pueda funcionar en las horas posteriores al sismo. Esto quiere decir que las vías por donde pase Transmilenio no pueden ser bloqueadas en caso de sismo por las construcciones aledañas que se derrumben, y que las estaciones y centros donde se localicen los buses no deben sufrir mayores daños con el sismo fuerte. Este sistema es una línea vital y por lo tanto varias de sus edificaciones asociadas deben diseñarse como indispensables, de acuerdo con las Normas NSR-98.

### 5.3.3 Viajes a centros educativos

Ante el evento de un sismo moderado o fuerte durante el día, es de suponer que los padres de familia se preocuparán por sus hijos, que a esa hora están en los centros educativos. Este afán se puede traducir en muchos viajes de padres hacia los colegios, para luego ir al hogar o



a un centro de refugio. Dado que por el sismo el sistema de transporte estará afectado, se decidió modelar en parte esta situación.

En primer lugar, se obtuvo un listado de todos los colegios y centros educativos que hay en la ciudad. El énfasis se puso en los centros que atienden menores de edad, bajo el supuesto que si el estudiante es mayor de edad, se podrá defender por su cuenta en el caso del sismo.

Los estudiantes menores de edad se concentran en las localidades de exteriores al centro expandido: Usaquén, Suba, Engativá, Fontibón, Ciudad Kennedy, Bosa, Ciudad Bolívar, Usme y San Cristóbal tienen en total el 69 por ciento, 678.850, de los estudiantes de la ciudad (Tabla No. 5.2).

En caso de sismo, el que la mayoría de los estudiantes estén fuera del centro expandido debería facilitar las cosas, pues se alivia la carga sobre las vías que salen del centro. Sin embargo, si los padres de familia deciden ir primero por sus hijos, tendrían entonces que hacer un viaje desde su lugar de trabajo —ubicado principalmente en el centro de la ciudad— hasta la periferia. En caso de que los estudiantes vivan cerca de donde estudian, este viaje adicional no sería tan importante para el sistema de transporte.

Sin embargo, como se demostrará adelante, una fracción importante de los estudiantes viven lejos de su lugar de residencia. Esto es aún más cierto para los estudiantes de colegios privados de estrato social alto, que se localizan en Usaquén, por ejemplo. Si los padres deciden ir por estos estudiantes, entonces la demanda sobre el sistema será mucho más grande.



**Tabla 5.2**

**Estudiantes por localidad**

<b>Puesto</b>	<b>Localidad</b>	<b>Número Estudiantes</b>
1	Ciudad Kennedy	113.550
2	Engativa	103.000
3	Suba	98.850
4	San Cristóbal	81.700
5	Ciudad Bolívar	76.750
6	Rafael Uribe	68.800
7	Usaquén	61.500
8	Bosa	58.500
9	Usme	52.250
10	Tunjuelito	51.550
11	Puente Aranda	39.050
12	Fontibón	32.650
13	Barrios Unidos	31.350
14	Antonio Nariño	25.150
15	Santa Fe	23.600
16	Los Mártires	23.600
17	Teusaquillo	17.800
18	La Candelaria	14.300
19	Chapinero	7.250
20	Sumapáz	1.700
	Total	982.900

Fuente: Secretaria de Educación de Bogotá.

De otra parte, aunque el centro expandido (Chapinero, Barrios Unidos, Teusaquillo, Los Mártires, Santa Fé, y La Candelaria) sólo tiene una minoría de los estudiantes, es importante reconocer que constituyen un volumen apreciable de estudiantes –117.900– y por ende de posibles viajes.

Para analizar mejor el problema de movilidad de los estudiantes, se utilizó la matriz de origen y destino para los viajes con motivo estudio del Plan Maestro de Transporte. La Figura 5.27 muestra el patrón de viajes para los viajes motivo estudio. Este patrón es similar, en las vías que utiliza, al patrón de viajes motivo hogar (Figura 5.20). Sin embargo, la cantidad de viajes es diferente. Los viajes motivo estudio son solo una fracción minoritaria de los viajes motivo hogar. Lo importante, no obstante, es que el patrón de viajes es el mismo. Esto quiere decir que, en general, los estudiantes estudian relativamente lejos de su lugar de residencia.

En los escenarios con sismo, en los cuales algunos puentes presentan colapso, el patrón de viajes motivo estudio (Figuras 5.28 y 5.29) es significativamente parecido al que se dio en los escenarios de viajes de regreso al hogar (Figura 5.21 y 5.22). Esto quiere decir que los viajes de los estudiantes contribuirán a sobre-cargar las mismas vías que usarían los viajes de las personas que tratan de retornar a su hogar.

Los resultados de los escenarios en los cuales se cierran algunas vías de la ciudad (Figuras 5.30 y 5.31) indican que para el sismo moderado la NQS va a adquirir una importancia mayor, pues las principales vías del centro se van a cerrar. Igualmente, las Calles 34 y 53 también van a ser las vías de salida del centro, pues la Calle 26 hasta la 30 va a estar cerrada. Esta situación es análoga a la discutida para los viajes motivo hogar.

Cuando se modela la situación en la cual hay vías que se cierran y hay puentes que colapsan la situación se agrava un poco con el sismo moderado y bastante con el sismo fuerte (Figuras 5.32 y 5.33). En este último caso, como ya se dijo al analizar la situación para

viajes motivo hogar, los viajes motivo estudio tendrán que tomar rutas muy largas para llegar a su destino, pues una serie de vías fundamentales estarán cerradas. Así, los viajes de los estudiantes agravan la situación, en gran medida porque estudian, según estos resultados, lejos de donde viven.

La situación se puede agravar, consecuentemente, aún más si los padres deciden ir por sus hijos a recogerlos a los colegios. En la sección anterior se había concluido que la carga de viajes sobre las vías que quedaban habilitadas iba a ser muy alta. Si los padres deciden ir por sus hijos habrá una carga aún mayor sobre las vías. Por lo tanto, la velocidad de viaje será todavía menor y los tiempos de recorrido mayores. El panorama se agrava si se tiene en cuenta que los más perjudicados no son las personas ilesas, sino las que quedaron heridas y deben ser llevadas de urgencia a un centro asistencial.

En síntesis, la legítima preocupación de los padres por sus hijos en el colegio puede generar una importante demanda adicional al sistema de transporte. Por esta razón, el manejo de la emergencia debe propender por minimizar la carga de viajes sobre el sistema vial. Para ello: (1) se debe tratar de reunir a los padres que trabajen en la misma zona de sus hijos en la misma zona donde ambos están. (2) Se debe evitar que los padres que están en zonas diferentes a donde estudian los busquen antes de ir al hogar, a menos que sean niños muy pequeños. En este caso, la reunión se debe hacer ya sea en los hogares, o en sitios de reunión definidos para cada barrio o zona. (3) Entrenar a la ciudadanía para que cada familia defina uno o dos lugares de reunión en sitios cercanos a las zonas donde habitan o trabajan, siguiendo los criterios de los puntos (1) y (2).

#### **5.4 El transporte de personas fallecidas después del sismo**

Las personas que fallecen por la acción de sismo deben ser llevadas a zonas donde sea posible identificarlas o tomar los datos pertinentes y luego llevarlas a un cementerio o fosa

común si es el caso. El equipo de investigación definió tres posibles sitios para esta función: (1) la Escuela de Caballería en la zona Norte de la ciudad; (2) la Escuela de Artillería en la zona Sur; y (3) el Estadio el Campín aledaño a la NQS. Los datos de muertos producidos en cada una de las zonas por los sismos modelados fueron tomados del estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá.

Con la ayuda del paquete Transcad-GIS se modeló el transporte de los muertos que se producirían ante el sismo en cada una de las zonas de la ciudad hacia los sitios arriba mencionados. Dado que las zonas donde va a haber más daños y por ende muertos están al oriente de la ciudad, la vía que aparece como fundamental es la Carrera 7. En segundo lugar está la NQS y la Carrera 68. Este patrón se observa en todos los escenarios: sismo moderado y fuerte, en el día y en la noche (Figuras 5.34 a 5.37).

Cuando se introduce un primer nivel de daño al sistema de transporte, con el eventual colapso de algunos puentes, el patrón de viaje de las personas fallecidas hacia los sitios mencionados no se afecta de manera (Figuras 5.38 y 5.39).

En cambio, el sismo fuerte que puede afectar una mayor cantidad de puentes (Figuras 5.40 y 5.41) por ende, afecta de manera importante el transporte de los fallecidos. Rutas como la NQS y la Carrera 68 no se pueden utilizar, por lo cual vías como la Caracas y otras vías de capacidad intermedia se convierten en las principales rutas para llegar hasta los sitios definidos.

Este patrón cambia, sin embargo, cuando se considera el escenario donde se taponan algunas vías por los sismos. En el caso de un sismo moderado, el taponamiento de vías por la acción del sismo (Figuras 5.42 y 5.43) parece no afectar de manera importante el traslado de los cadáveres hasta los sitios escogidos en este estudio. No obstante, el impacto del sismo fuerte (Figuras 5.44 y 5.45) es mayor al del sismo moderado. El corredor de la NQS al Sur del estadio el Campín hasta la Autopista Sur, lo mismo que la Carrera 11 cobran mayor

importancia al igual que la Avenida Circunvalar. Los volúmenes transportados ahora son mayores en las vías que todavía funcionan.

Cuando se modela la peor situación de daño al sistema de transporte (puentes y vías cerradas) se tiene que el patrón de viaje se afecta de manera importante (Figuras 5.46 a 5.49). Al articular los resultados de esta sección con los resultados de las secciones anteriores se encuentra que la ciudad va a depender de unas pocas vías para el transporte de heridos, ilesos y los cadáveres de las personas fallecidas. Por ello, este análisis refuerza, entre otras, las siguientes recomendaciones dadas anteriormente, y que serán ampliadas y articuladas en el capítulo 6:

1. Identificar el daño sobre las vías y encontrar las rutas posibles.
2. Definir rutas para los organismos operativos, que transportarán ambulancias y muertos, harán rescates y apagarán los incendios que haya.
3. Restringir el uso del auto privado, a menos que el sismo sea muy leve. Sin embargo, el plan de manejo de la emergencia debe especificar que hasta que no se logre definir con claridad la magnitud de los daños, el uso del auto debe estar restringido. La ciudad debe pasar a movilizarse en transporte público y masivo y a pié.

## 5.5 Suministros Externos

Los suministros externos en caso de un sismo intenso llegarían tanto por vía aérea como por vía terrestre. Por vía aérea, se cuenta con el Aeropuerto Internacional El Dorado y en la zona norte por el Aeropuerto de Guaymaral. Aeropuertos alternos internacionales serían el de Pereira o un poco más lejano el de Cali o Medellín. Aeropuertos alternos mas cercanos pero muy importantes serían la base aérea militar de Palanquero en Puerto Salgar, y el Aeropuerto de Villavicencio.

Por vía terrestre las principales vías de acceso y salida de la ciudad son la Autopista Norte, la Autopista Medellín (Calle 80), la vía por la Calle 13 a Mosquera, Facacativá y Villeta, la Autopista Sur, la vía al Llano y la vía a la Calera.

Se plantea entonces un gran centro de acopio de suministros generales que se podría ubicar en Corferias, de muy fácil acceso al Aeropuerto El Dorado para canalizar los eventuales suministros nacionales e internacionales. Se establecen igualmente los grandes centros de abastos como puntos estratégicos para alimentos los cuales están ubicados en las afueras de la ciudad y son por lo tanto de fácil acceso por vía terrestre. Estos son:

CODABAS	Zona Norte	Carrera 7 con Calle 180
UNIABASTOS	Zona occidental	Autopista Medellín ( Calle 80) Km 2 vía Siberia
CORABASTOS	Zona Sur	Entre Avenida Dagoberto Mejía (Carrera 86) y Cra 92
Plaza de mercado de PALOQUEMAO	Zona Centro	Calle 19, entre Carreras 22 y 27

Estos centros de acopio y suministro deben estar coordinados de acuerdo con el plan de emergencia y contingencia de la ciudad. Cada sitio debe contar con un plan que permita definir aspectos relacionados con almacenamiento de suministros, inventarios, solicitudes, transporte, formas de distribución y demás aspectos relacionados con la operación del mismo durante la emergencia.

## 5.6 Movilidad de Autoridades y Entidades de Emergencia

El último problema de movilidad que resta por analizar es el de la movilidad de los organismos operativos –bomberos, policía y defensa civil– en las horas posteriores al sismo.

La movilidad de las ambulancias ya fue analizada, implícitamente, al mirar la movilidad de las personas heridas. En primera instancia, se ubicó en un sistema de información geográfico las estaciones de cada uno de estos organismos. Esto permitió definir un área de influencia para cada estación, es decir, las zonas de la ciudad que cada estación debe servir. Posteriormente, se encontraron las vías principales que utilizarían las unidades de cada estación para movilizarse dentro de su zona de influencia. A continuación se presentan los resultados para estos tres organismos.

Las figuras que muestran los resultados de esta evaluación tienen de una parte la zonificación usada para este estudio, que es la misma que usó el estudio de Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá. Para cada zona aparece un centroide, que para efectos del ejercicio aquí realizado representa a la zona. Esto se hace por cuanto es imposible tomar todos los posibles destinos –cada edificio, construcción, parque, etc.– dentro de una zona. El centroide, en cambio, es una abstracción de la zona y facilita la modelación y el análisis.

### **5.6.1 Bomberos**

La ciudad de Santa Fe de Bogotá cuenta con solo 14 estaciones de Bomberos y con 35 máquinas para apagar incendios y dos para rescate. Este volumen es considerado insuficiente para las necesidades de la ciudad, especialmente cuando haya un sismo. Al haber tan pocas estaciones, cada una tiene una zona de cubrimiento muy amplia. Consecuentemente, cada equipo tendrá que atender muchas emergencias y se puede esperar que el Cuerpo de Bomberos no dé abasto. El cubrimiento de cada una de las estaciones se muestra en la Figura 5.50.

Si a esto se suma que las estaciones de bomberos también podrían sufrir con el sismo, la vulnerabilidad de la ciudad desde esta perspectiva es aún mayor, pues cada estación tendría

que cubrir un área todavía mayor y atender aún más situaciones de emergencia. Estaciones con áreas de influencia particularmente grandes son las ubicadas en Usaquén, Chapinero, Los Mártires y Ciudad Bolívar. Por ello, el centro expandido de la ciudad, lo mismo que la localidad de Kennedy son particularmente vulnerables, pues es poco probable que los bomberos den abasto con la cantidad de incidentes que tendrán que atender.

Además del cubrimiento de cada estación, en esta sección también se estudió su movilidad después del sismo. En el caso de un sismo moderado, donde dos puentes podrían fallar en la Autopista Norte, como se explicó arriba, la movilidad de los bomberos no se verá tan afectada. De otra parte, tanto al oriente como al occidente de la Autopista existen estaciones de bomberos que deberán atender sus zonas de influencia que son bastante amplias. En el sismo moderado las estaciones del resto de la ciudad –Sur y occidente –no se verán fuertemente afectadas, pues no parece haber puentes de alta vulnerabilidad en la zona.

Esta situación cambia cuando se considera el cierre de las vías debido a las edificaciones que se colapsan por el sismo. Como se vio antes, la zona de Chapinero es la más afectada por el cierre de las Carreras 7 y 13 y la Avenida Caracas. Esta zona, además, a pesar de ser muy grande y densa, tiene una sola estación de bomberos. Algo similar ocurre con la zona central de la ciudad –centro internacional y centro histórico– pues sufren el cierre de vías, y no tienen estación de bomberos. Estas zonas, entonces, van a estar más desprotegidas que las otras zonas de la ciudad, pues convergen dos factores: la falta de estaciones de bomberos y el cierre de vías. Las otras zonas de la ciudad, principalmente al occidente, no sufrirían tantos daños, habrá pocos cierres de vías y tienen proporcionalmente, un mejor cubrimiento de los bomberos. Por ello, se podría pensar en habilitar unidades de bomberos en la zona del centro y Chapinero. No obstante, debido a la cantidad de vías que se cierran esto va a ser difícil de llevar a cabo, más aún si se tiene en cuenta que una vez ocurra el sismo será difícil determinar qué vías son utilizables.

En caso del sismo fuerte, donde se estima que podrían colapsar del orden de 14 puentes, la movilidad de los bomberos se va a ver fuertemente afectada, particularmente en las zonas de influencia de las estaciones de Chapinero, Teusaquillo, el Centro. El cierre de la NQS va a afectar a los bomberos porque va a dificultar el apoyo que estaciones del occidente de la ciudad van a poder dar a la estación de Bomberos de Chapinero. La zona central de la ciudad, que también va a sufrir daños importantes, solo cuenta con una estación, que debe ser apoyada por bomberos de las zonas que sufrieron menos daños. Estas unidades de apoyo van a encontrar difícil su movilización hasta el centro. Una vez se articula esto con las predicciones de daños en vías, se ve que la zona del centro y en particular la de Chapinero va a tener una situación muy grave. Los daños van a ser muy altos, tanto que vías fundamentales como la Carrera 7, la Carrera 13 y la Avenida Caracas se cerrarán. Esto impedirá la movilización de los bomberos de la zona, lo mismo que la de las unidades de apoyo que puedan venir. Al igual que con el sismo moderado, Chapinero va a ser una de las zonas más afectadas por el sismo debido a la falta de estaciones de bomberos, al eventual cierre de las vías y a la posible caída de puentes.

La ciudad debe prestar atención, entonces, a aumentar el número de estaciones y la cantidad de equipo disponible. Además, debe evaluarse detalladamente la vulnerabilidad física y funcional de las estaciones de bomberos, pues aun no se sabe cuántas de ellas soportarían el sismo. En el terremoto de Armenia de Enero de 1999, un problema grave fue que la principal estación de bomberos colapsó debido a la acción del sismo. De esta manera, la ciudad se quedó sin el principal servicio de rescate para atender las consecuencias del sismo.

Además, se debe preparar un plan de emergencia y contingencia que permita determinar muy rápidamente qué vías principales de la ciudad permanecen abiertas y con la ayuda de un SIG y los parámetros dados en este estudio, encontrar las vías que deben ser usadas por los organismos operativos (y por el tráfico general). Un SIG permite encontrar la ruta más eficiente y por ende, de una manera relativamente rápida, optimizar en tiempo real el plan de emergencia y contingencia.

### 5.6.2 *Policía*

El cubrimiento de la ciudad con estaciones de policía (Figura 5.51) es mejor que el cubrimiento de las estaciones de bomberos. Sin embargo, las estaciones están ubicadas principalmente en la zona del centro expandido. Si bien es esta una de las zonas donde el sismo va a tener un mayor impacto, también es cierto que hay zonas de la ciudad donde cada estación tiene un área de influencia muy amplia. Tal es el caso de las estaciones ubicadas en Suba y Usaquén.

Algunas estaciones tendrán que atender zonas muy grandes, tanto que les implicará servir áreas a los dos lados de la Autopista Norte. Esto puede ser grave, pues como se vio, debido a la posible falla de dos puentes sobre esta vía en el caso del sismo moderado, será difícil pasar de un costado al otro. De hecho, como los muestran las Figuras 5.52 y 5.53 la policía va a encontrar difícil acceder a algunas zonas de Suba y Usaquén, debido, primero a las amplias zonas de influencia de las estaciones en esta parte de la ciudad, y debido a la posible caída de los puentes y al eventual cierre de las vías. Esto quiere decir que estas zonas van a requerir que la policía llegue de otra manera. Es conveniente que la policía diseñe una forma de acceder a estas zonas sin requerir de transporte aéreo. Ello puede ser en motocicletas, bicicletas o a pie.

Dado que los bomberos serán insuficientes para atender la emergencia, la policía jugará un papel fundamental. Sus tareas irán desde acordonar las zonas de mayor destrucción hasta ayudar en el rescate de heridos y su posterior transporte, pasando por la distribución de la ayuda a los afectados. Además jugarán un papel fundamental a la hora de garantizar la seguridad de los vehículos que dejan sus propietarios en los sitios de origen. Se recuerda que una de las recomendaciones de este estudio es que una vez ocurra el sismo se restrinja el uso del automóvil particular, pues de lo contrario la ciudad funcionalmente de colapsaría.

### 5.6.3 Defensa Civil

La Defensa Civil cuenta con 18 estaciones en la ciudad de Bogotá, que funcionan las 24 horas del día<sup>13</sup> (Figura 2.8) Esto implica grandes áreas de influencia para cada una, y zonas de la ciudad sin un adecuado cubrimiento por parte de la Defensa Civil (Suba, Usme, Ciudad Bolívar, Bosa y el occidente de Kennedy, por ejemplo). Más aún, a la hora de considerar los daños sobre la red vial y de puentes, el acceso a ciertas zonas de la ciudad, como son Suba y Usaquén será muy limitada.

De otra parte, el equipo con que cuenta la Defensa Civil es bastante limitado para atender las situaciones generadas por el sismo. A esto es necesario agregarle el que las instalaciones de la Defensa Civil pueden ser afectadas por el sismo, con lo cual se limita aún más el cubrimiento. La Defensa Civil deberá entrar a trabajar en conjunto con los demás organismos operativos de la ciudad. Por ello, es necesario que los diversos organismos coordinen su trabajo, por ejemplo, siguiendo las instrucciones del Comité Operativo ubicado en un Centro de Operaciones de la ciudad, que deberá contar con un completo plan de emergencia y contingencia.

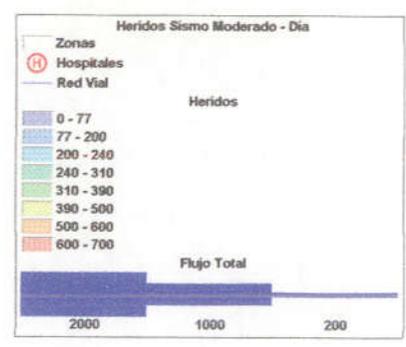
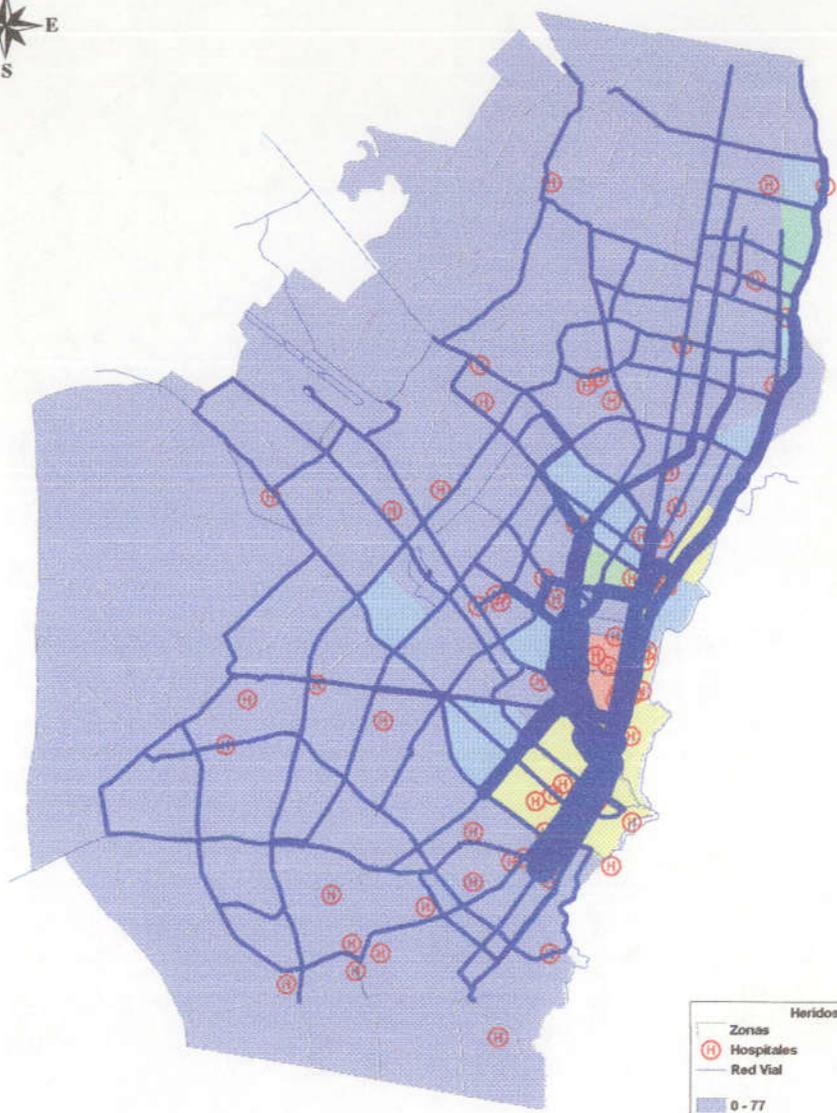
### 5.6.4 Entidades estatales

Debido a su ubicación poco estratégica y a que las edificaciones del centro histórico pueden llegar a ser afectadas gravemente en caso de un sismo intenso, sería conveniente definir una ubicación alterna para entidades de alto nivel del Gobierno Nacional, Departamental y

---

<sup>13</sup> Hay otras estaciones que no funcionan todo el día, sino en periodos cortos. No se tomarán estas estaciones porque tienen menos recursos y menor capacidad para atender la emergencia. Sin embargo, es cierto que en caso de un sismo, las que queden en pie pueden abrir sus puertas y prestar alguna ayuda en la atención del desastre.

Distrital. Un sitio alternativo estratégico para el manejo de la atención de la emergencia por parte de las entidades de mayor rango podría ser las instalaciones de la Gobernación de Cundinamarca (Avenida el Dorado con 47) dado que de acuerdo con este estudio están bien ubicadas y cuentan con áreas amplias tanto internamente como en los alrededores. Además es una edificación moderna que probablemente sufriría pocos daños en el caso de un sismo intenso y cuenta con excelentes vías de comunicación a los sitios estratégicos como el Aeropuerto, Corferias o en general a cualquier sitio de la ciudad. Esto también implicaría que el Gobierno Nacional, Departamental y Distrital elaboren protocolos y procedimientos para su coordinación y distribución de responsabilidades en el manejo de la emergencia.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

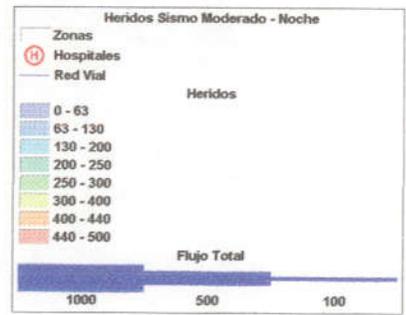
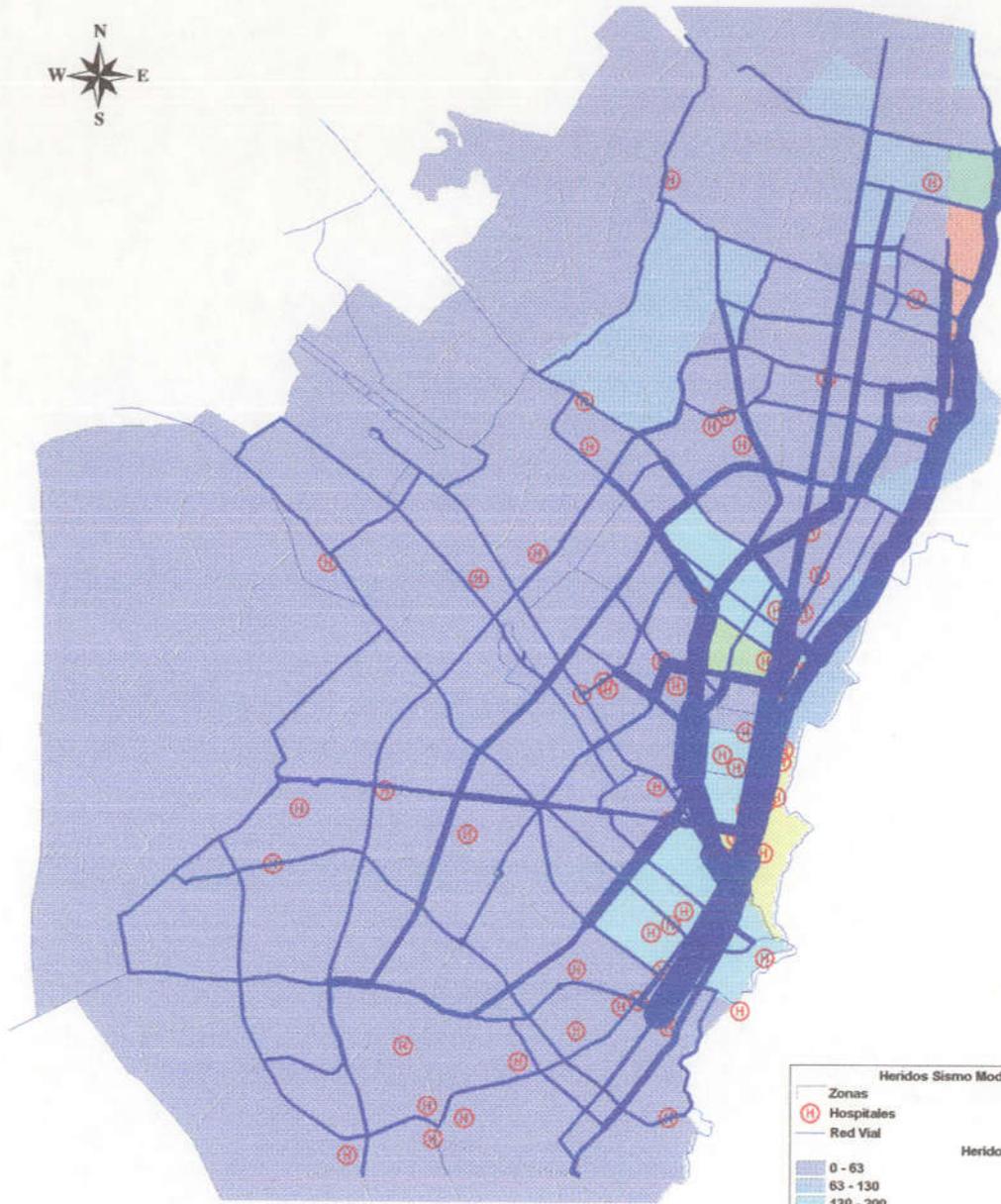
**Heridos Sismo Moderado Día**

**Figura 5.1**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



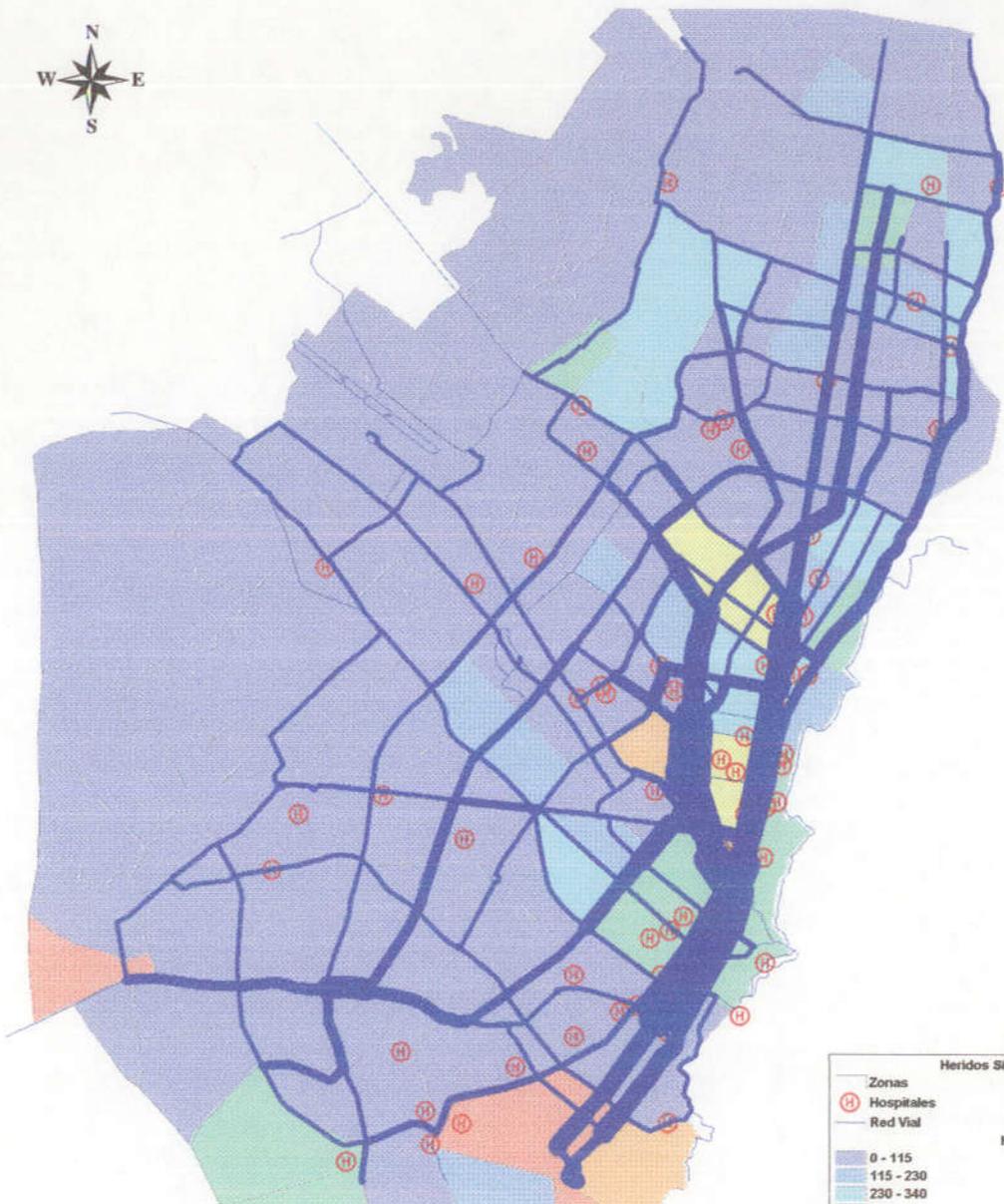
**DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Heridos**  
**Sismo Moderado Noche**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

**Figura 5.2**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

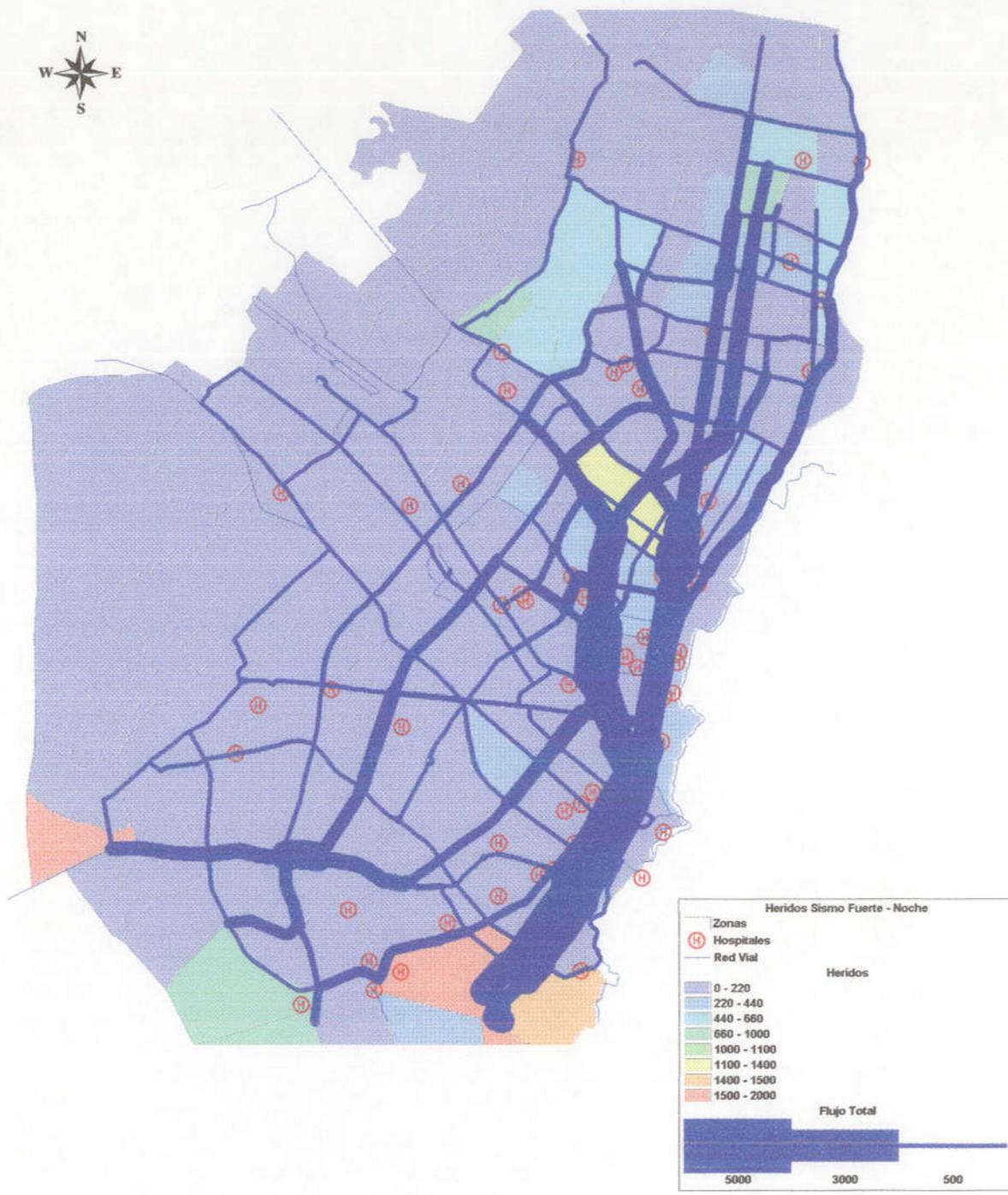
**Heridos Sismo Fuerte Día**

**Figura 5.3**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

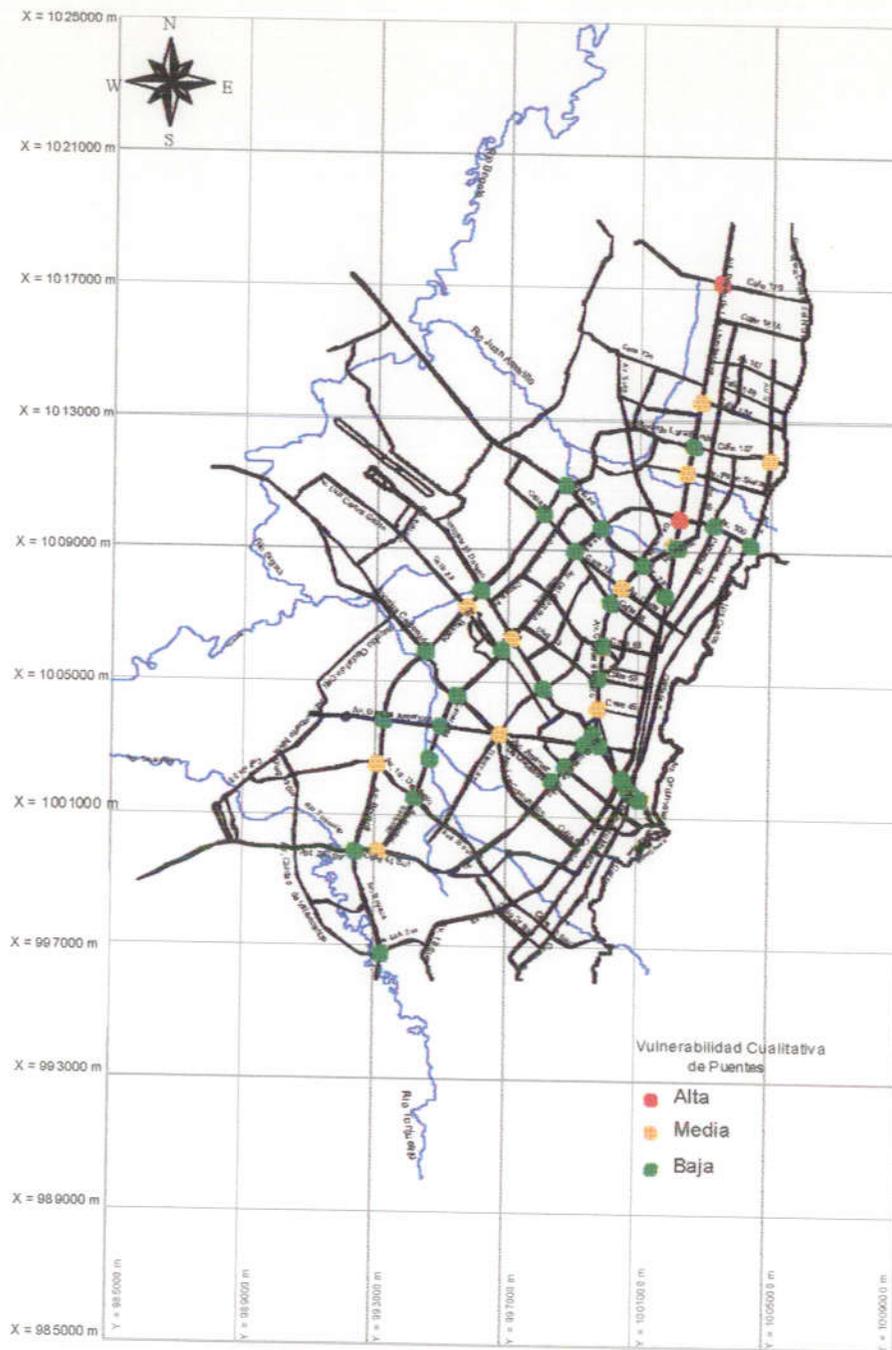
**Heridos Sismo Fuerte Noche**

**Figura 5.4**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y  
ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

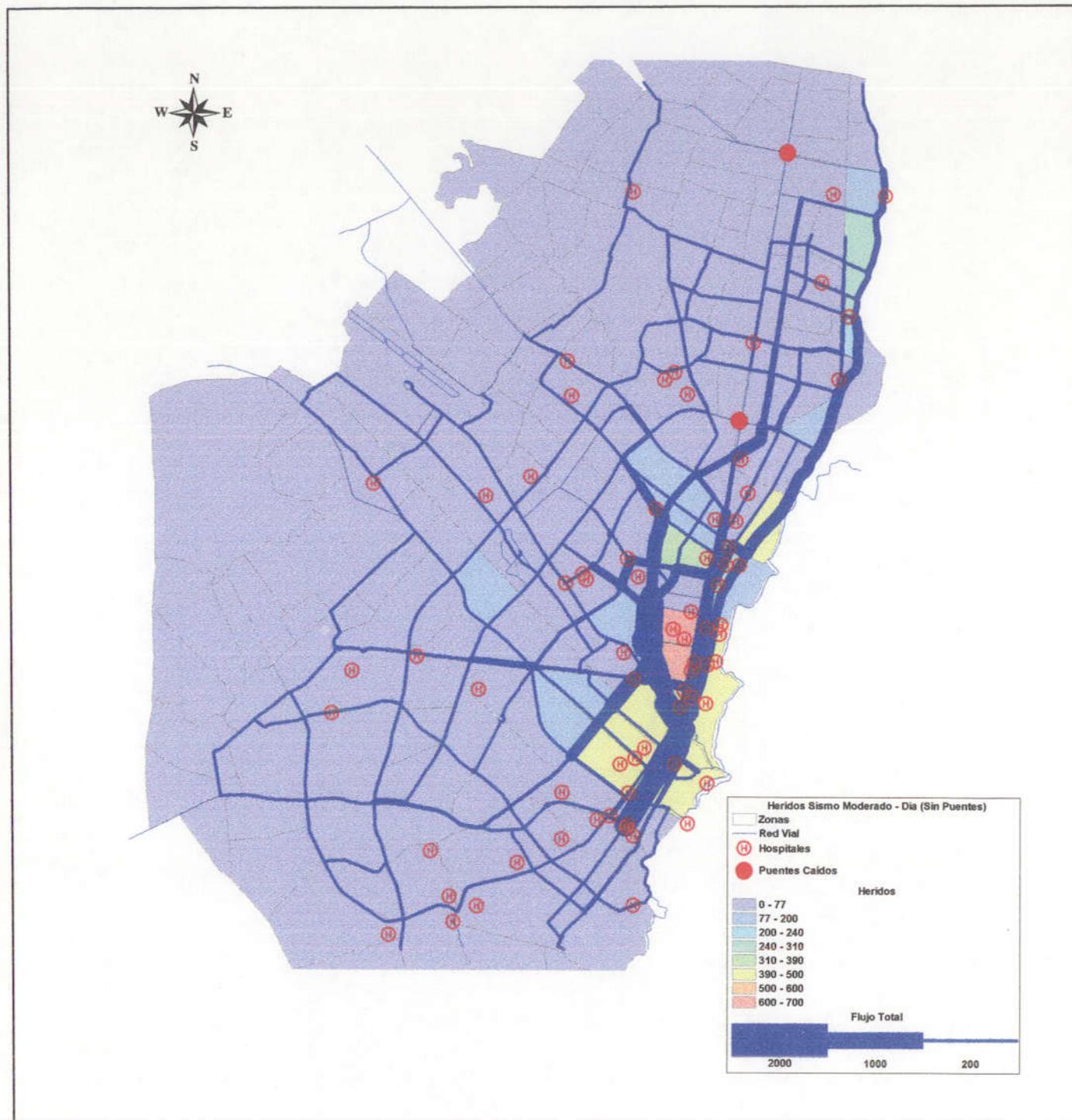
**Vulnerabilidad cualitativa de los  
Puentes Vehiculares Principales**

**Figura 5.5**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



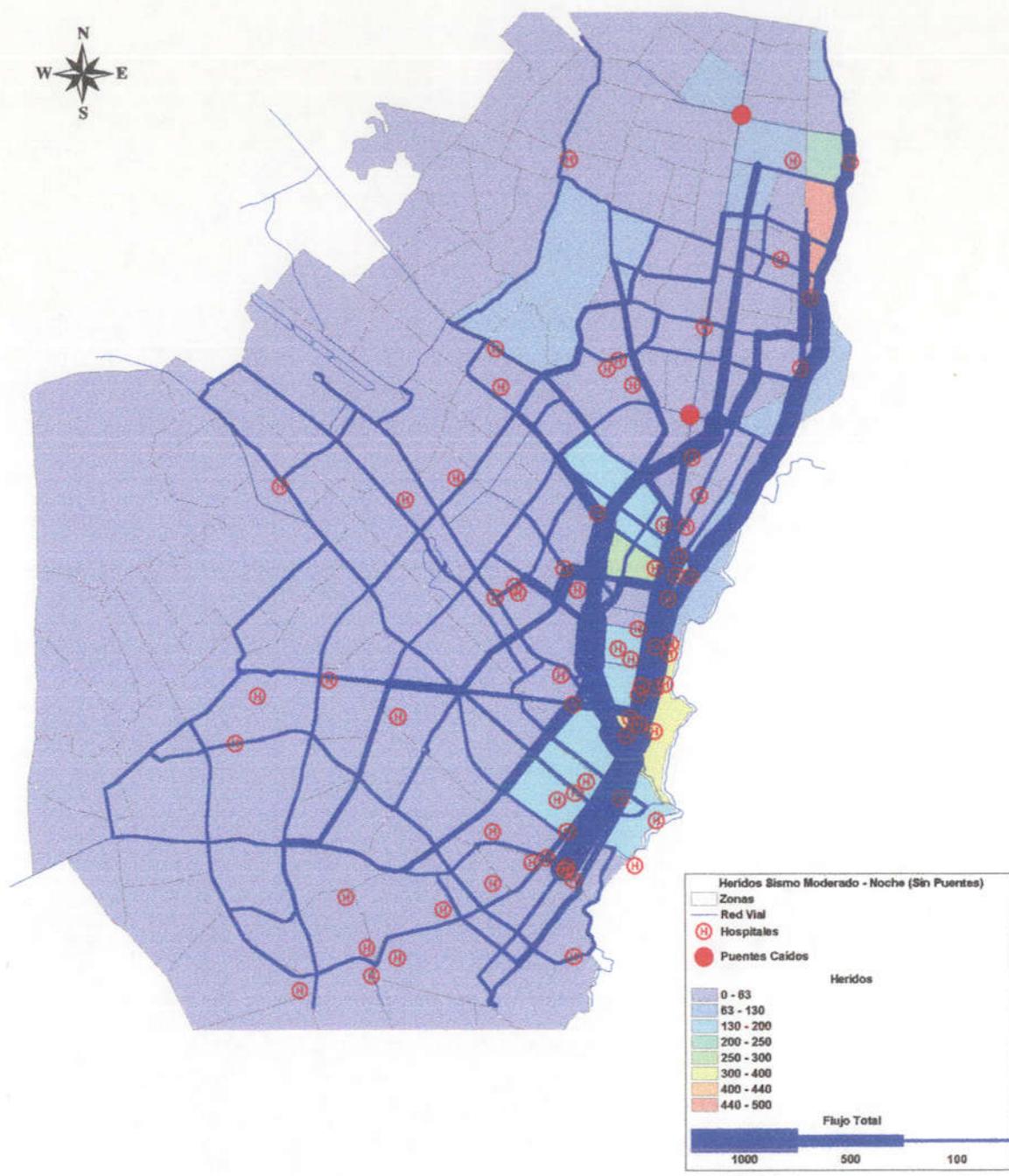
  
**DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

**Heridos Sismo Moderado Día Sin Puentes**

**Figura 5.6**

  
**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

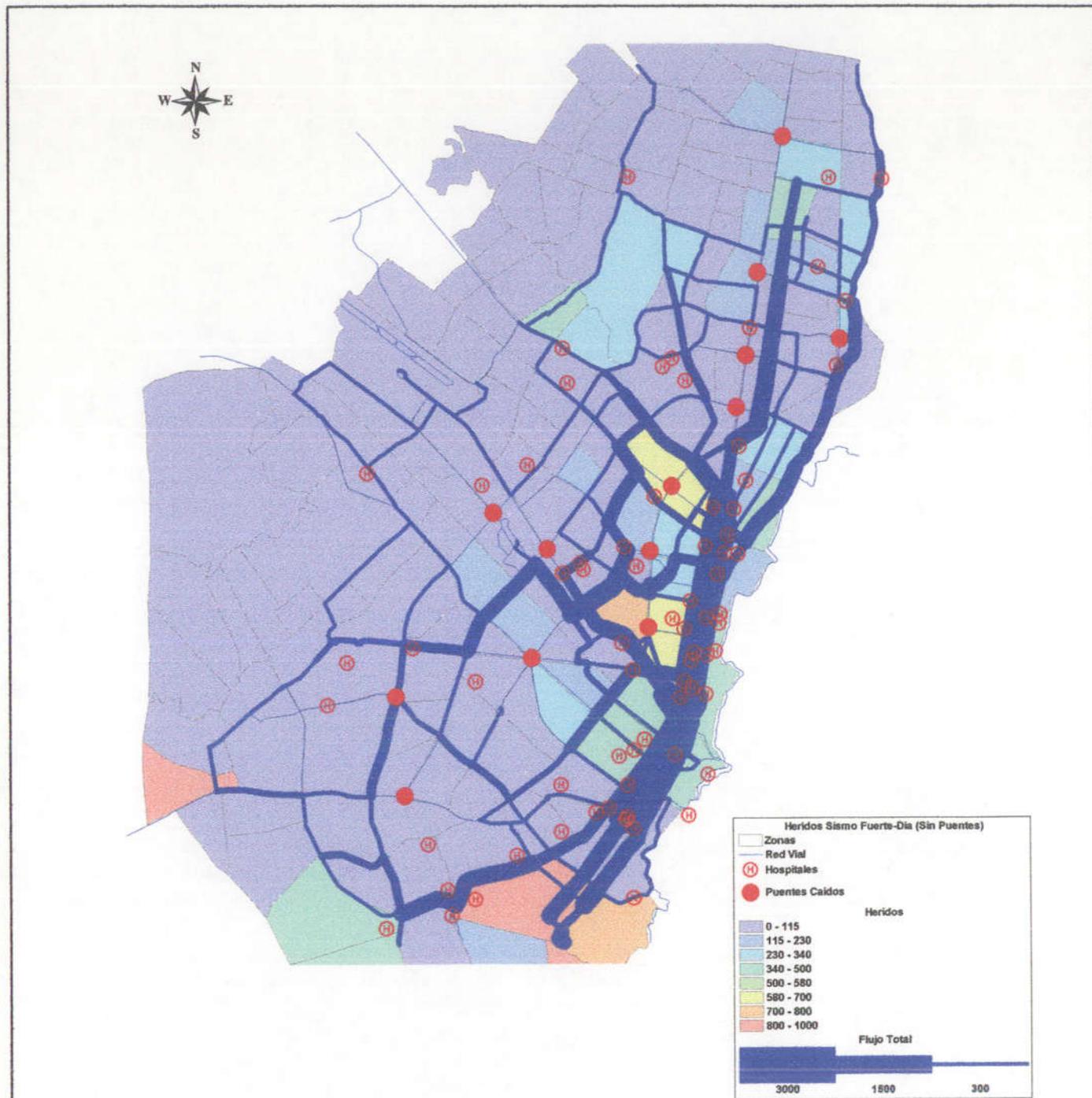
### Heridos Sismo Moderado Noche Sin Puentes

Figura 5.7

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

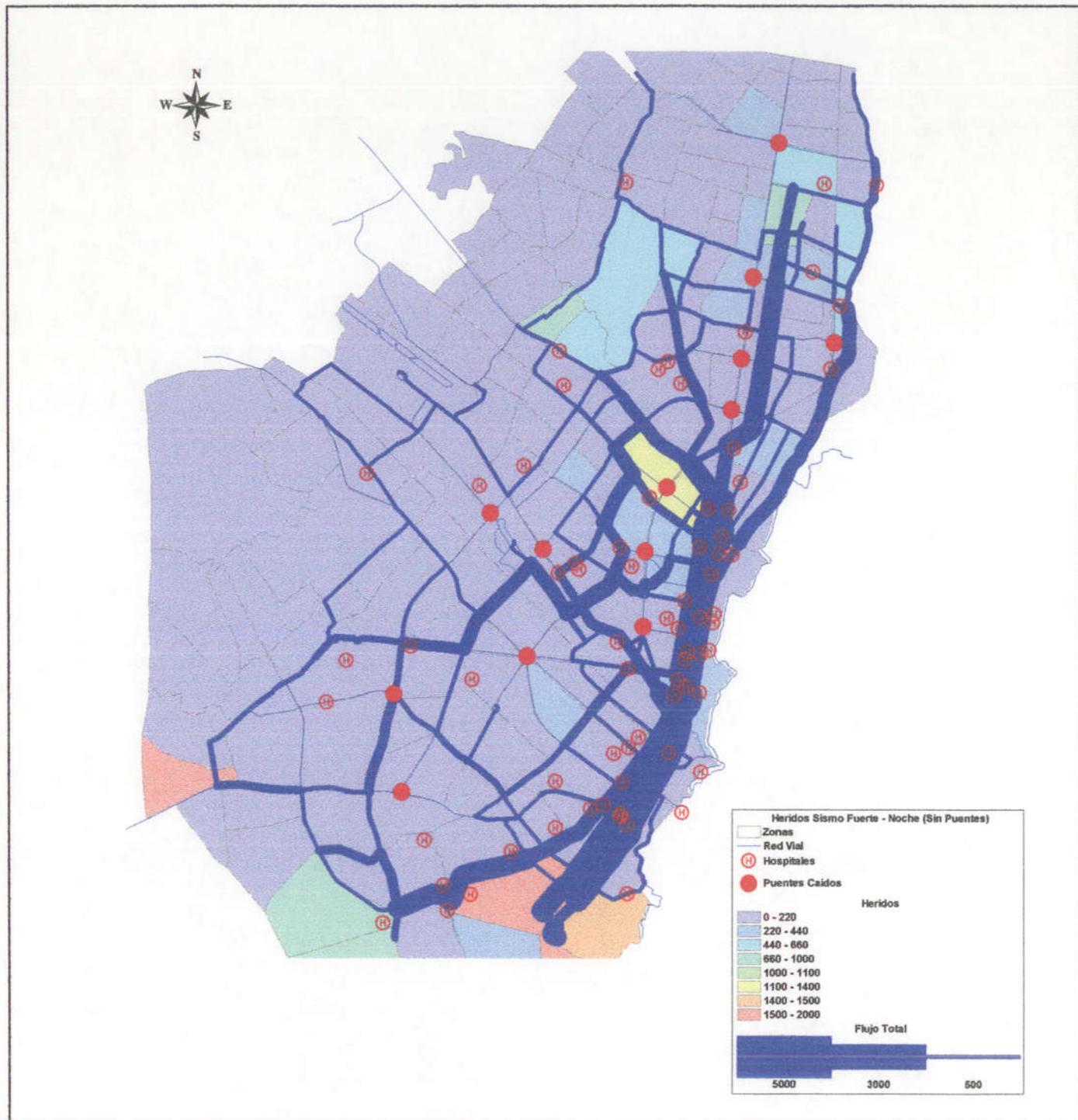
**Heridos Sismo Fuerte Día  
Sin Puentes**

**Figura 5.8**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

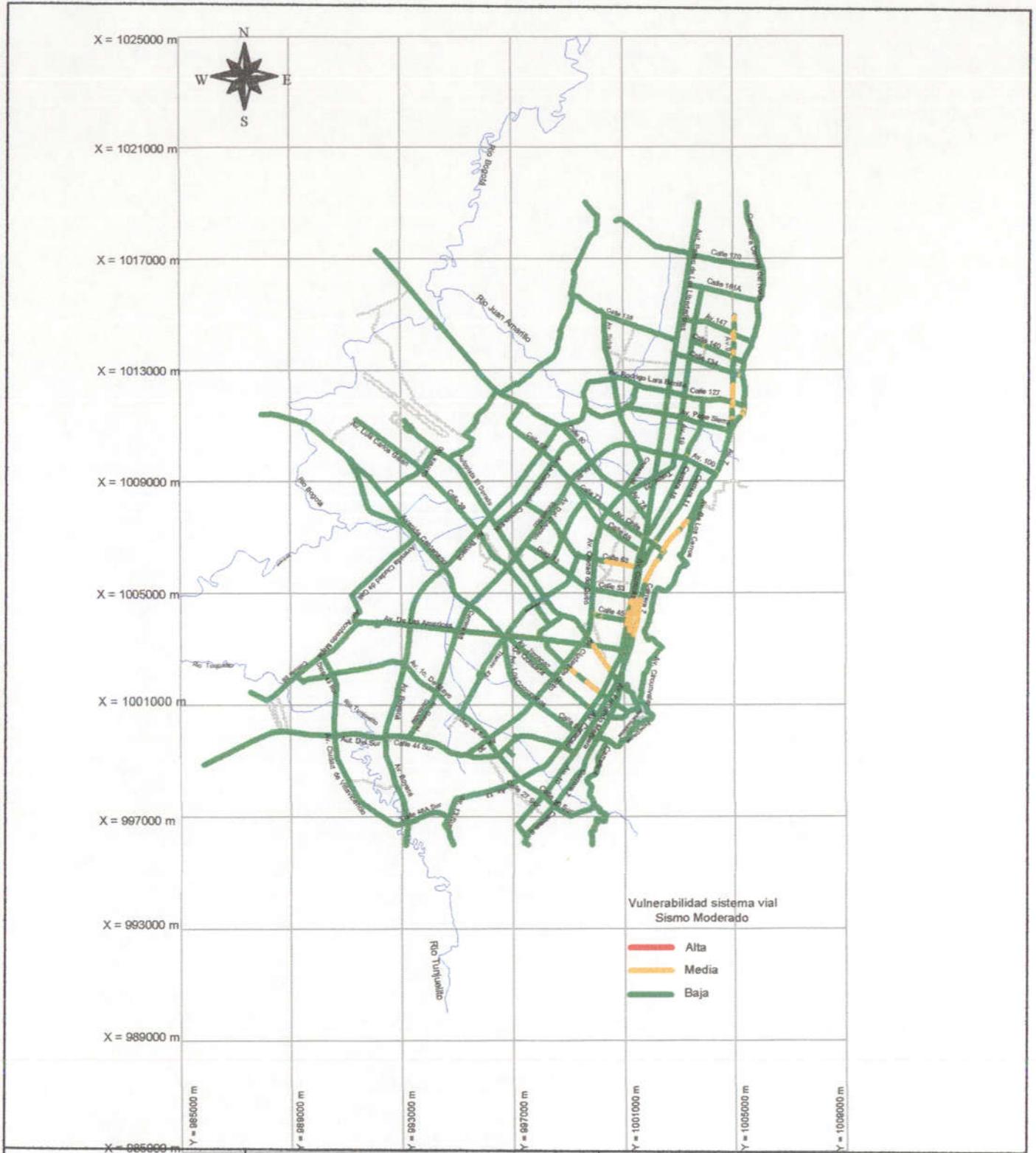
**Heridos Sismo Fuerte Noche Sin Puentes**

**Figura 5.9**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

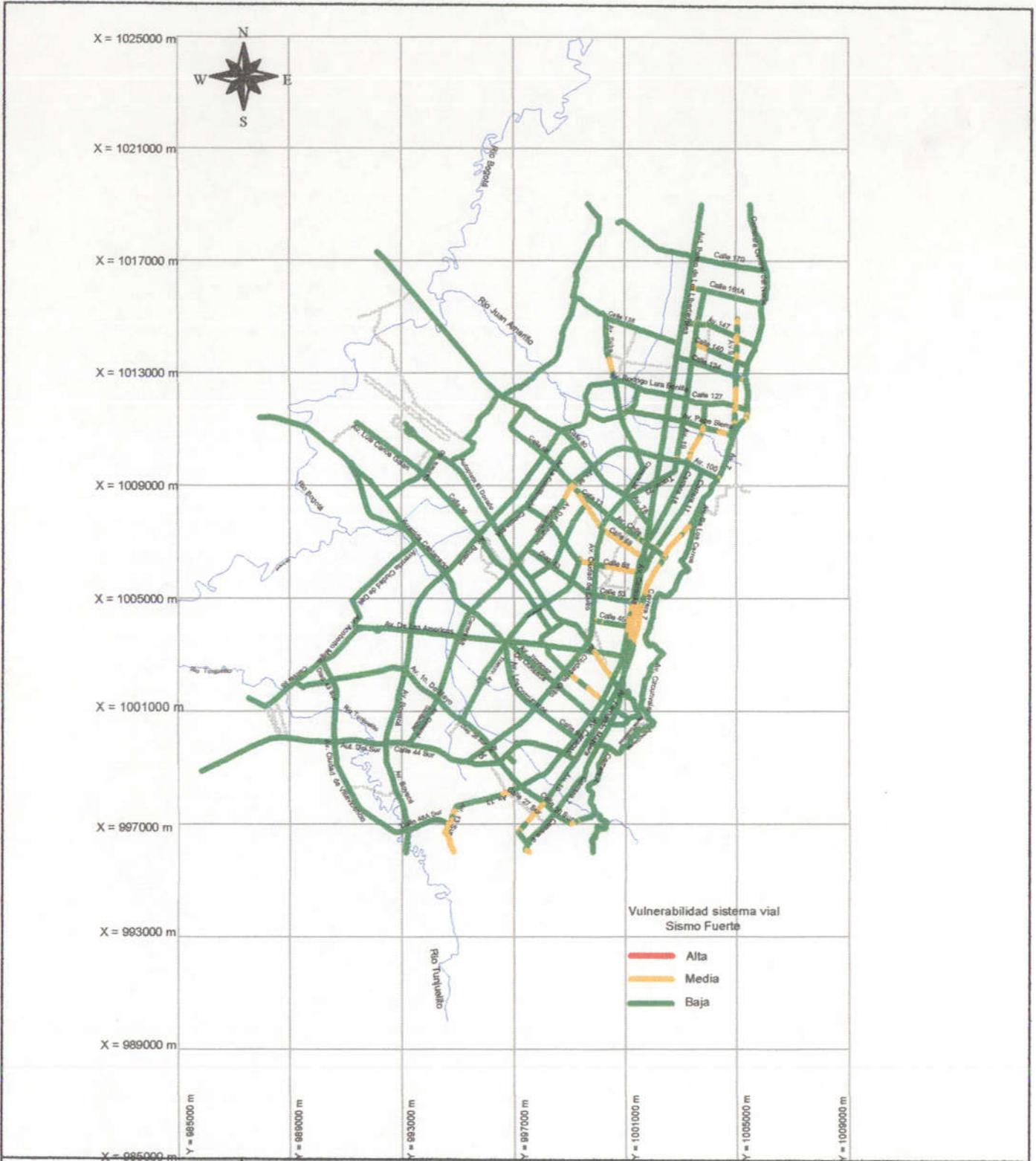
**Obstrucción de Vías  
Sismo Moderado**

**Figura 5.10**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



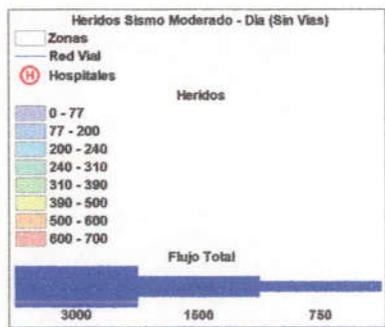
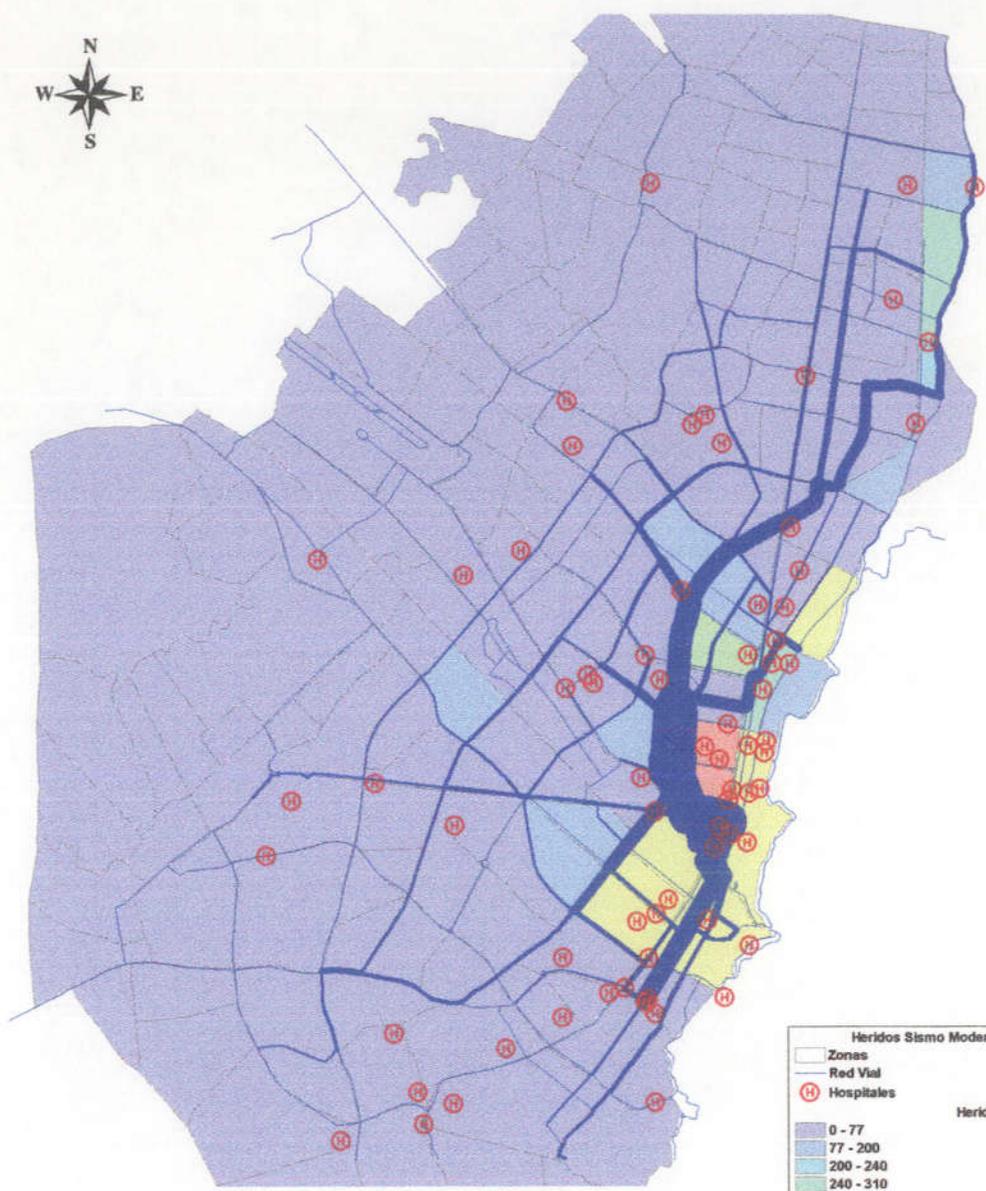
  
**DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Obstrucción de Vías**  
**Sismo Fuerte**

**Figura 5.11**

  
**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
 Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

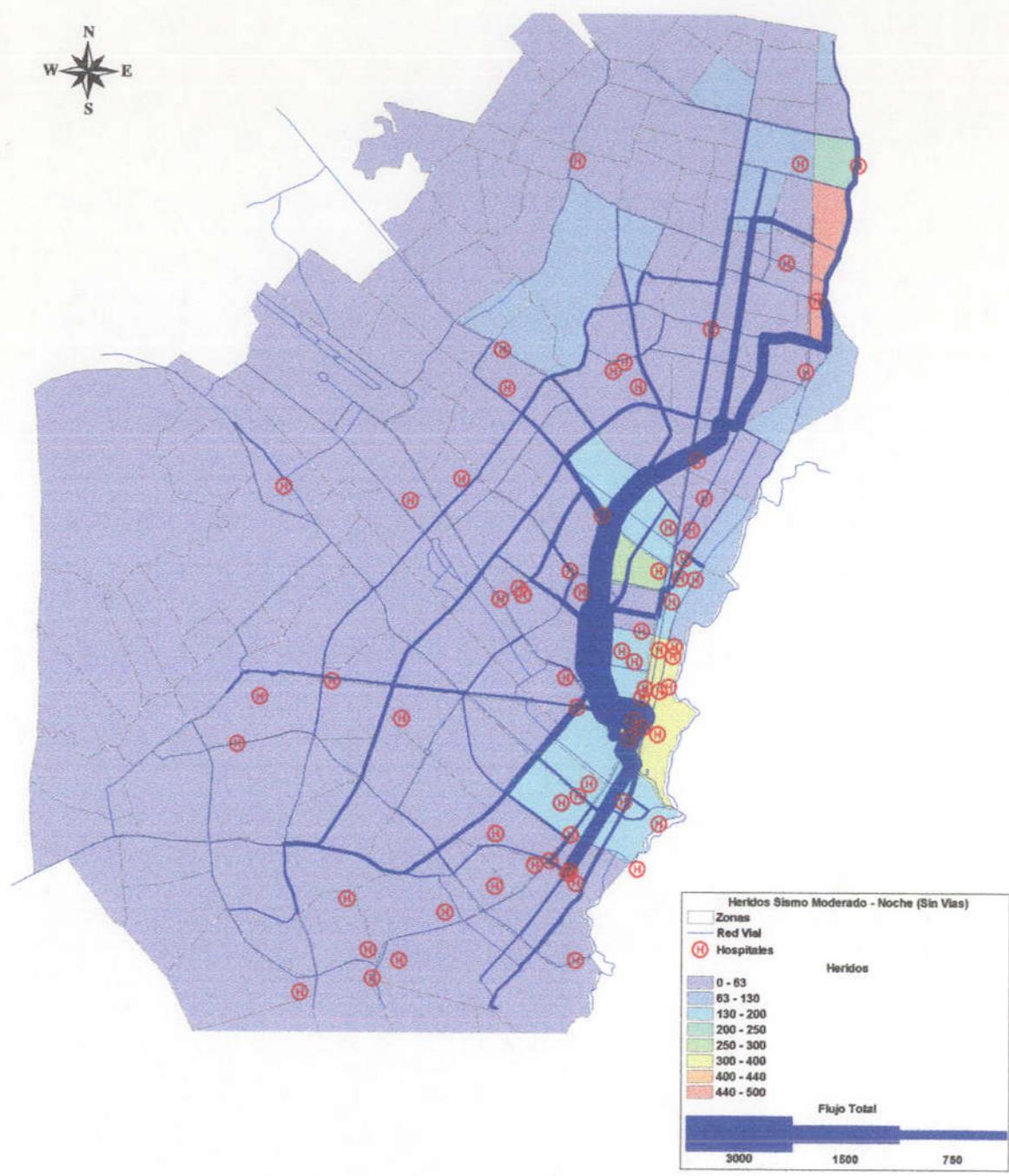
### Heridos Sismo Moderado Día Sin Vías

Figura 5.12



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

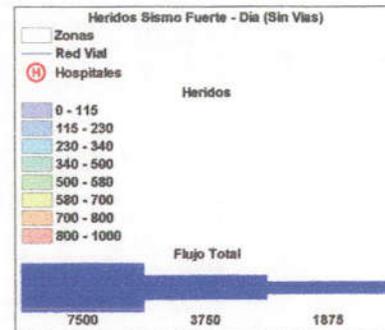
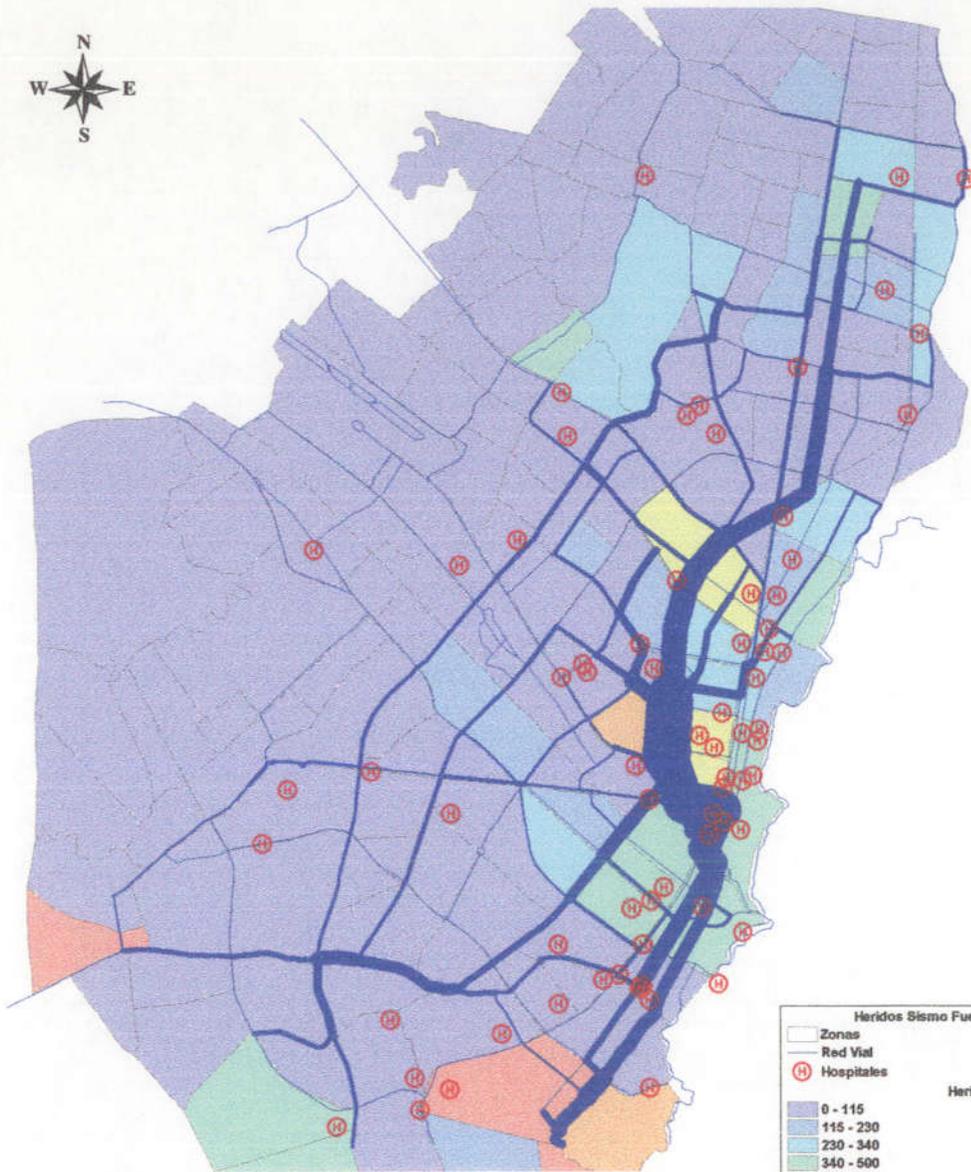
**Heridos Sismo Moderado Noche**  
**Sin Vías**

**Figura 5.13**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

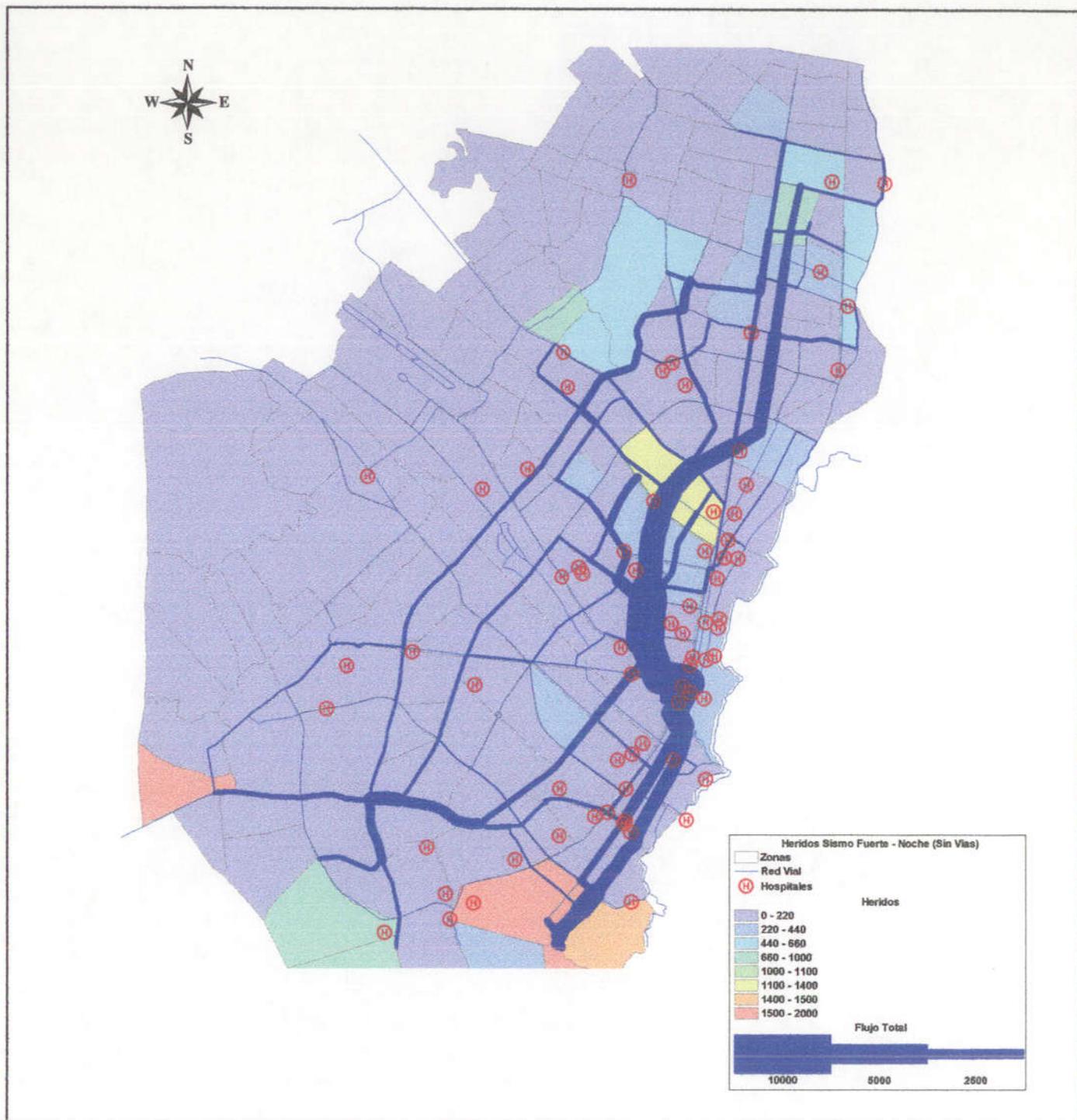
**Heridos Sismo Fuerte Día  
Sin Vías**

**Figura 5.14**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

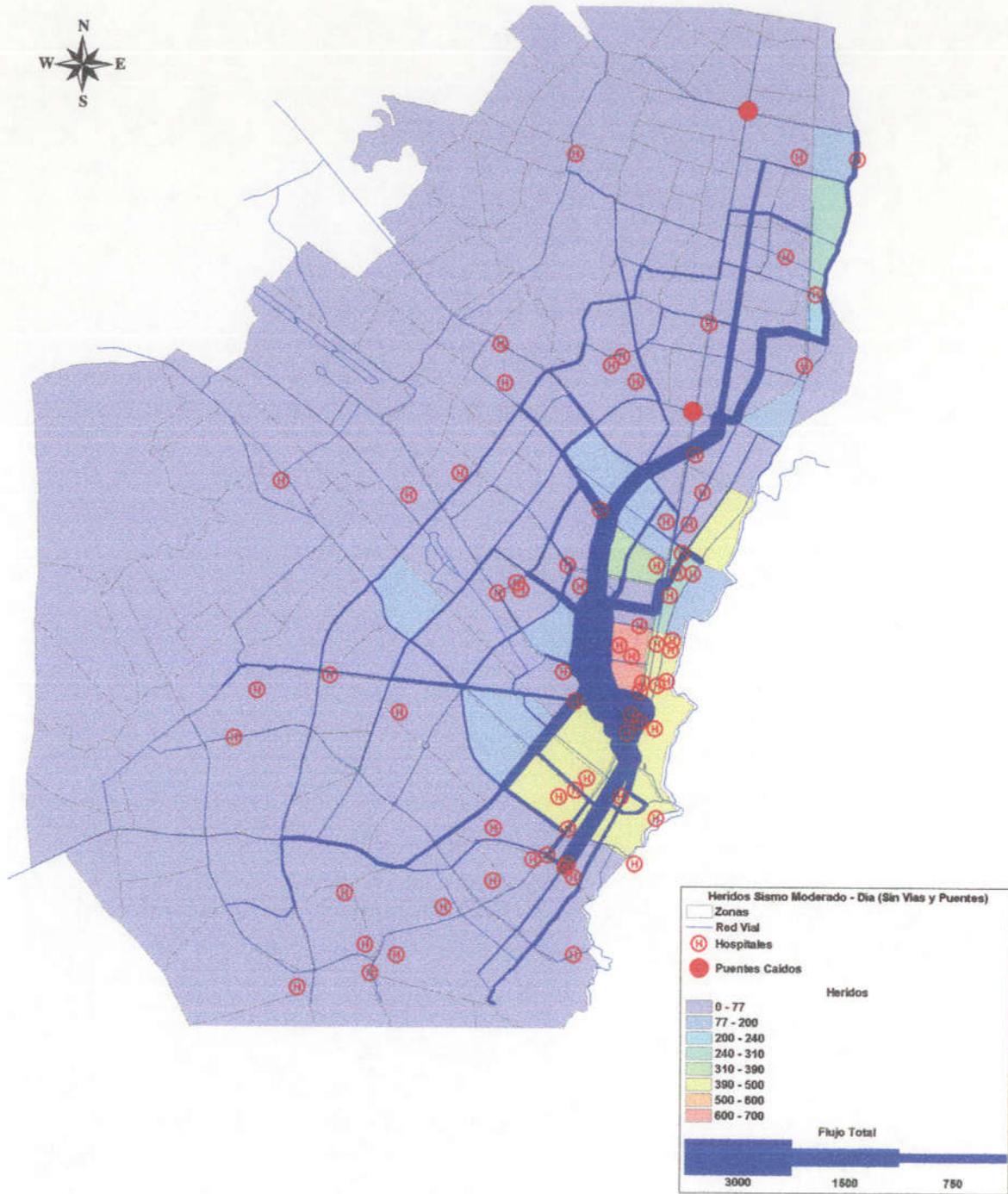
**Heridos Sismo Fuerte Noche  
 Sin Vías**

**Figura 5.15**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
 Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

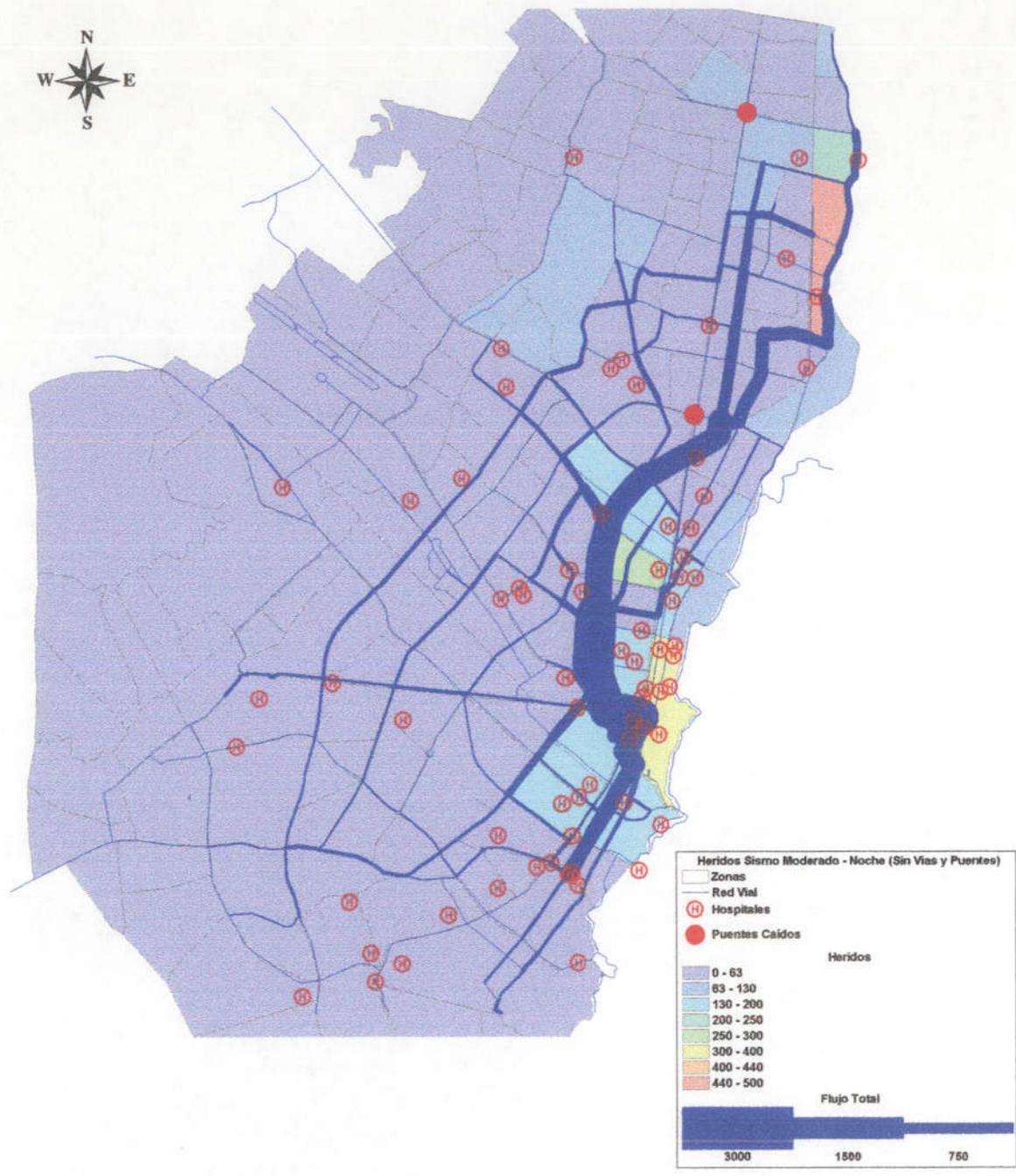
**Heridos Sismo Moderado Día Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.16**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

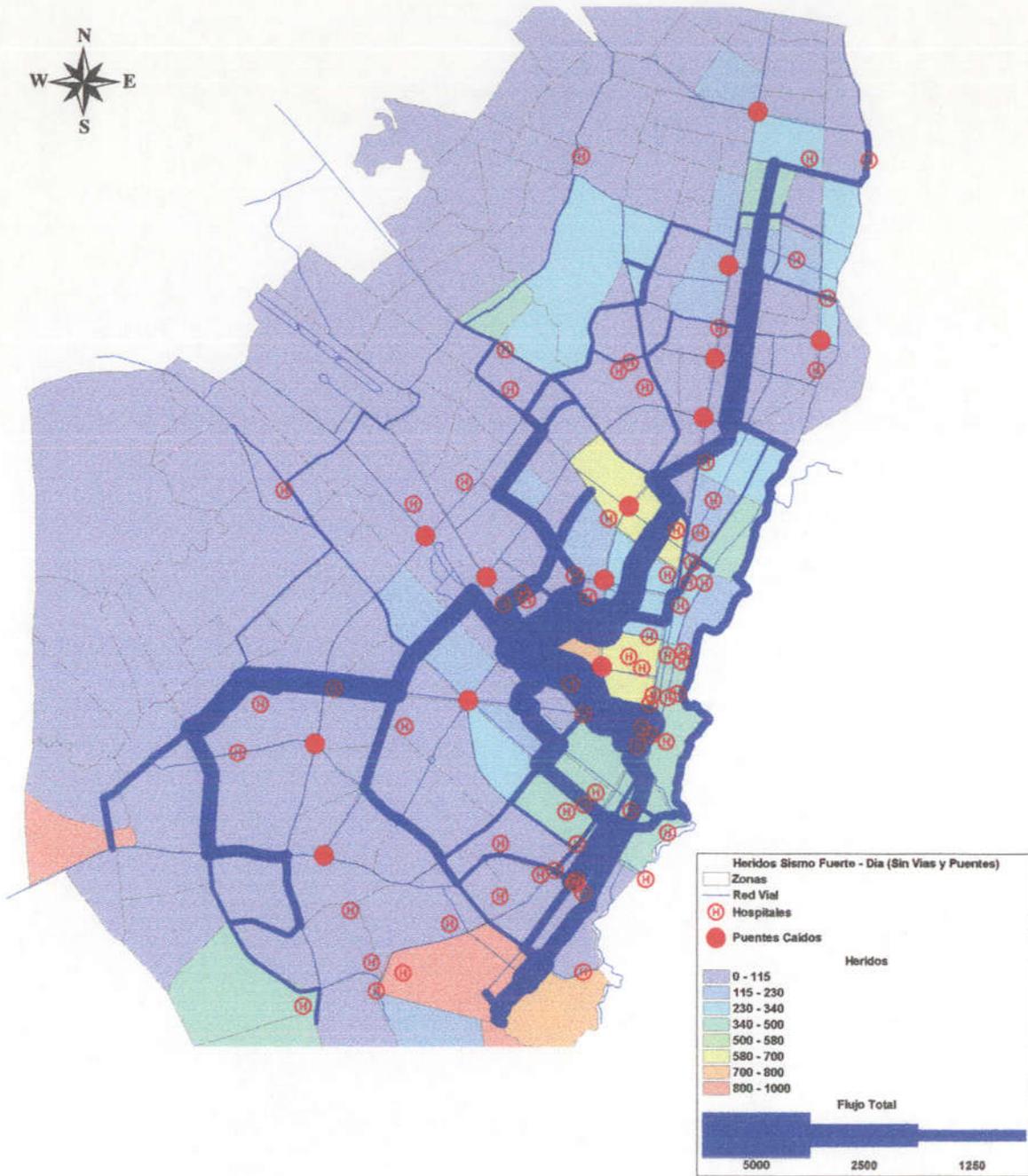
**Heridos Sismo Moderado Noche  
 Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.17**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

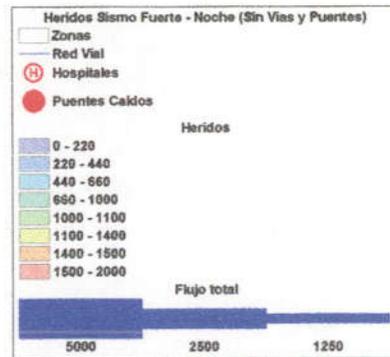
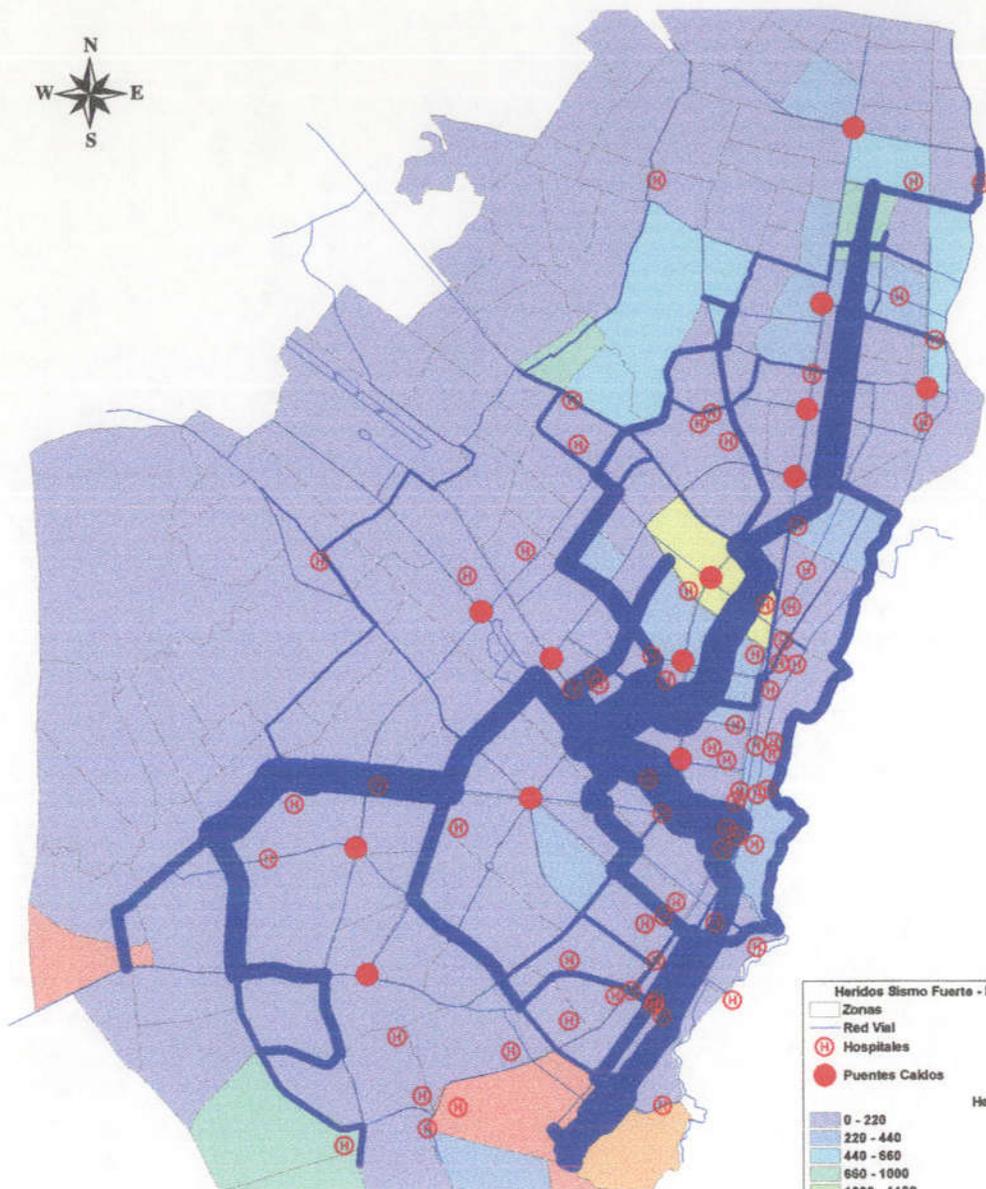
**Heridos Sismo Fuerte Día  
 Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.18**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

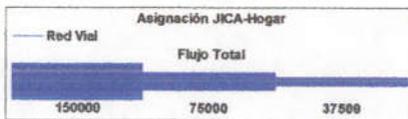
### Heridos Sismo Fuerte Noche Sin Vías y Puentes

Figura 5.19

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

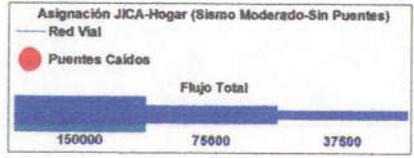
Asignación JICA - Hogar

Figura 5.20



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

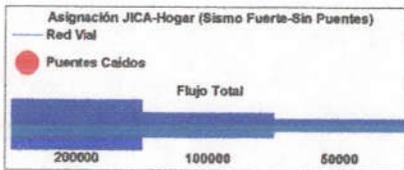
### Asignación JICA - Hogar Sismo Moderado Sin Puentes

Figura 5.21

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

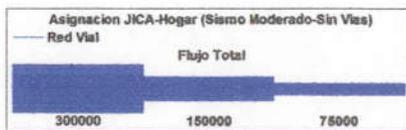
### Asignación JICA - Hogar Sismo Fuerte Sin Puentes

Figura 5.22

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

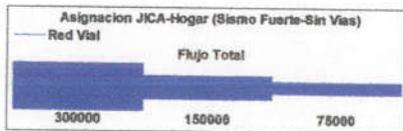
**Asignación JICA - Hogar**  
**Sismo Moderado Sin Vías**

**Figura 5.23**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Asignación JICA - Hogar**  
**Sismo Fuerte Sin Vías**

**Figura 5.24**

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

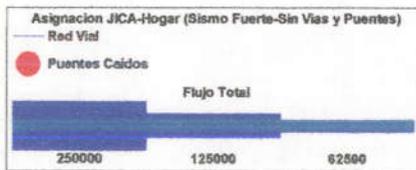
Asignación JICA - Hogar  
Sismo Moderado Sin Vías y Puentes

Figura 5.25

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

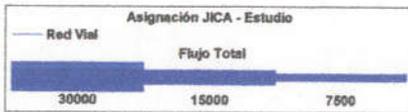
### Asignación JICA - Hogar Sismo Fuerte Sin Vías y Puentes

Figura 5.26

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

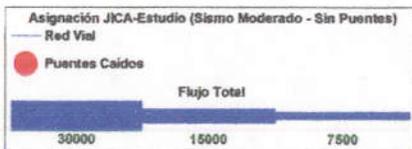
Asignación JICA - Estudio

Figura 5.27

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

### Asignación JICA - Estudio Sismo Moderado Sin Puentes

Figura 5.28

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Asignación JICA - Estudio  
Sismo Fuerte Sin Puentes**

**Figura 5.29**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

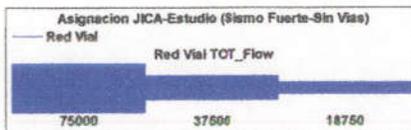
**Asignación JICA - Estudio  
 Sismo Moderado sin Vías**

**Figura 5.30**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
 Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

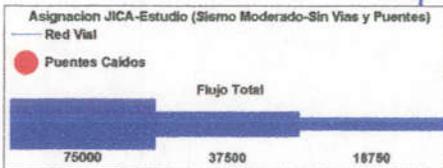
**Asignación JICA - Estudio**  
**Sismo Fuerte sin Vías**

**Figura 5.31**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

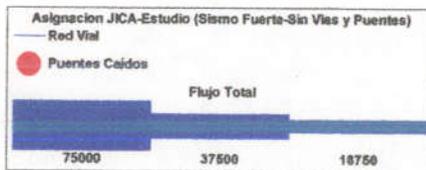
Asignación JICA - Estudio  
Sismo Moderado sin Vías y Puentes

Figura 5.32

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

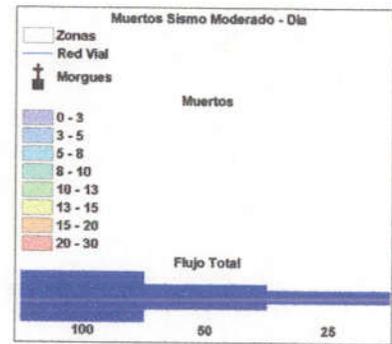
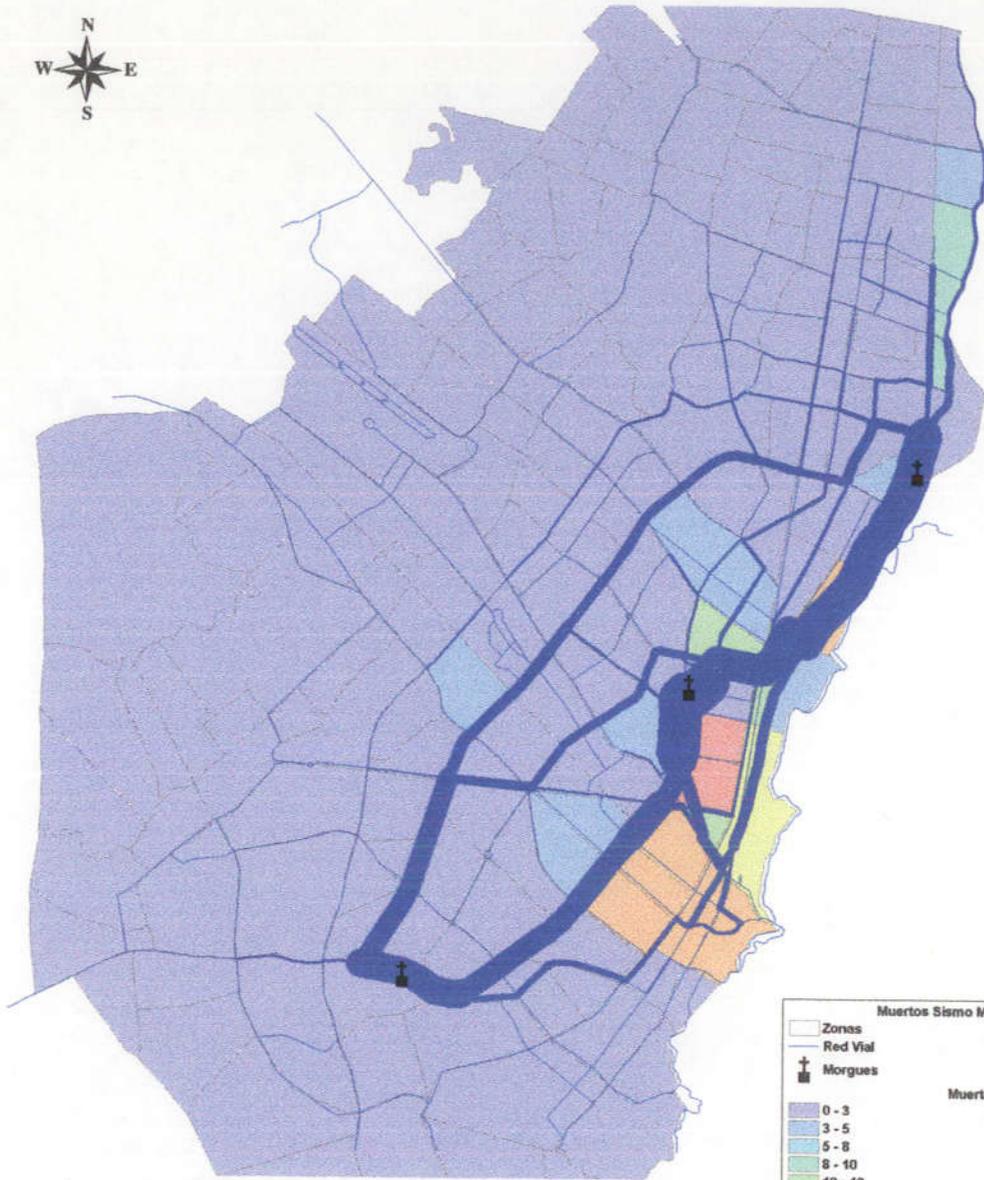
**Asignación JICA - Estudio**  
**Sismo Fuerte sin Vías y Puentes**

**Figura 5.33**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

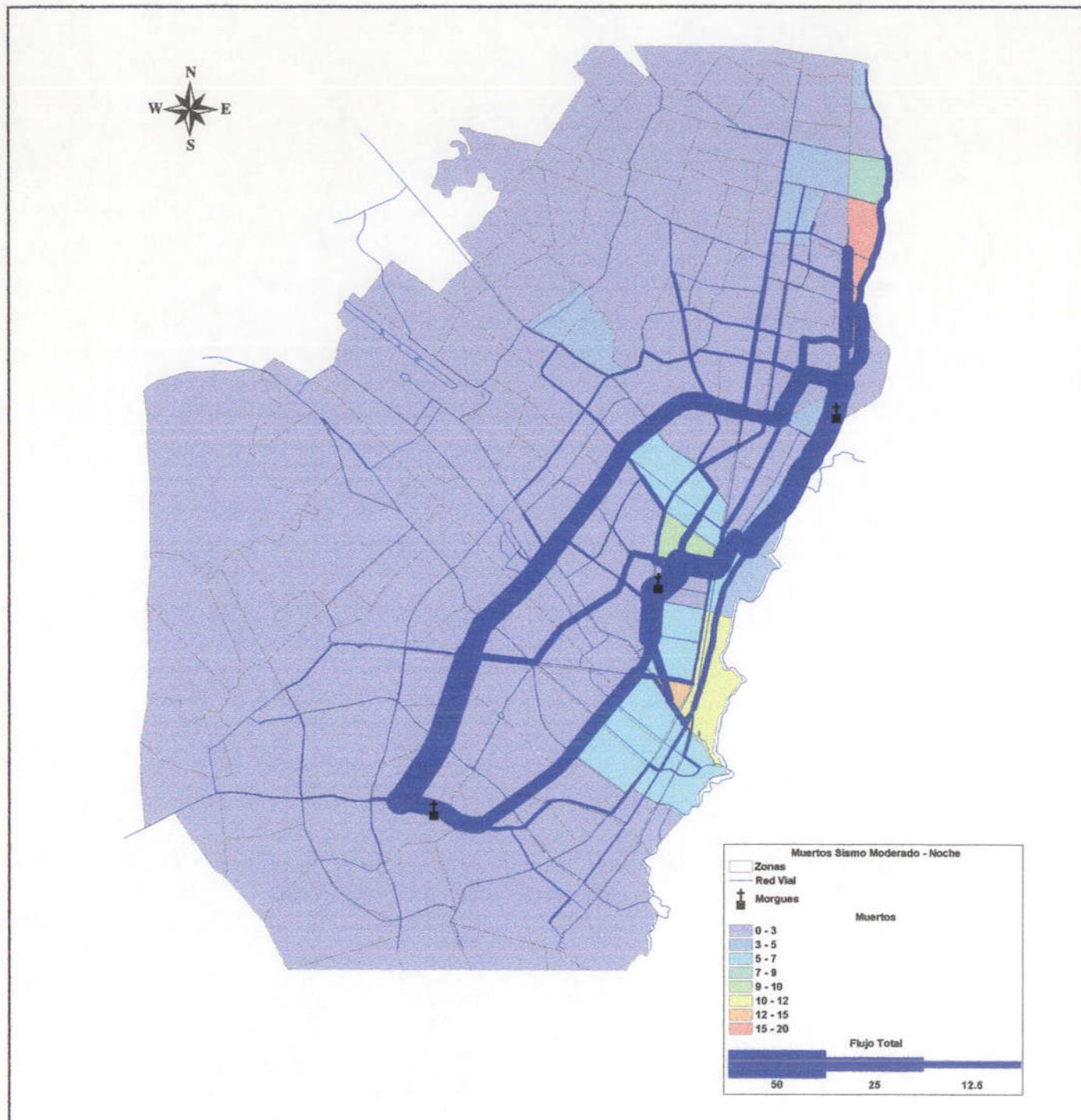
### Muertos Sismo Moderado Día

Figura 5.34

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

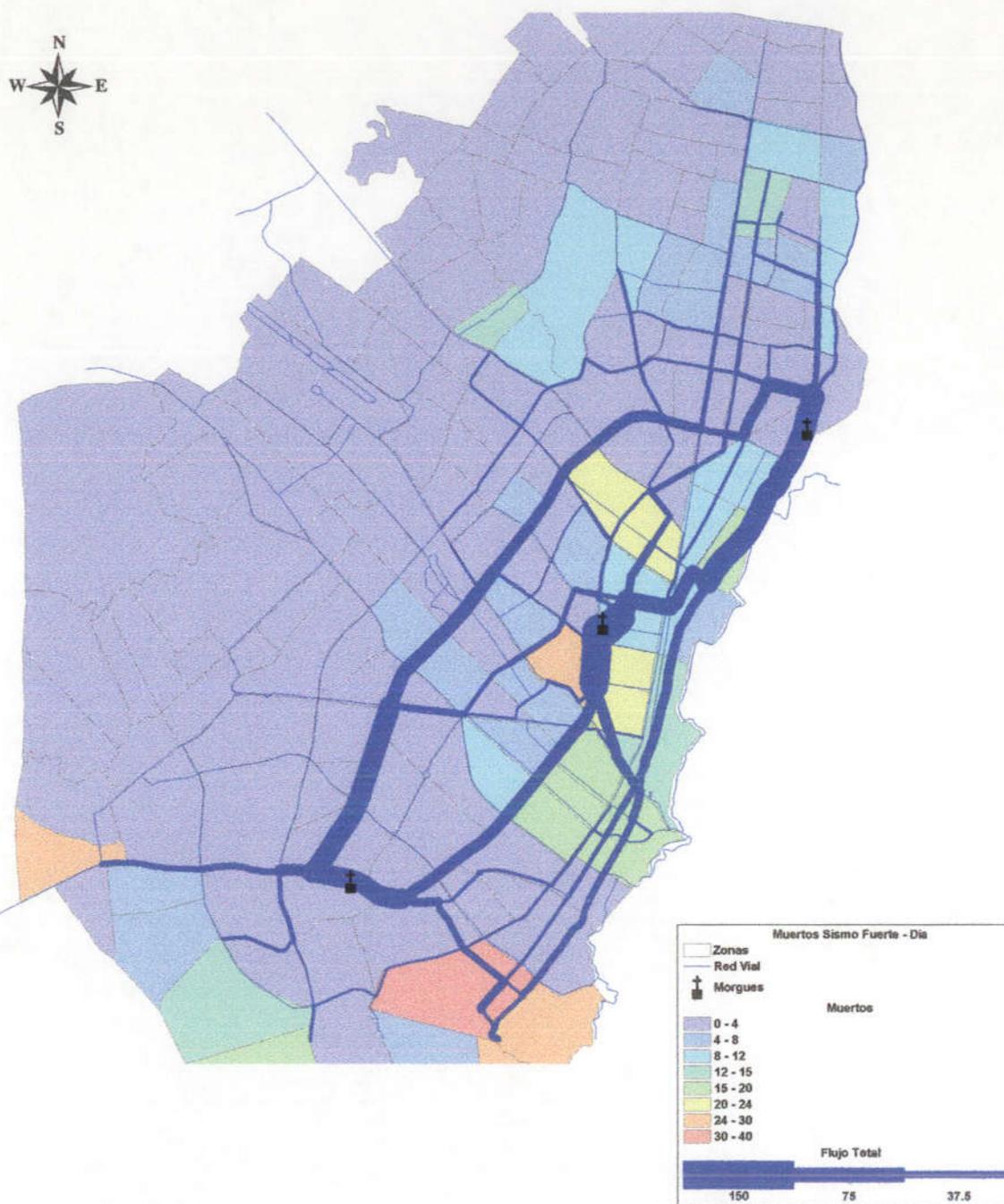
**Muertos Sismo Moderado Noche**

**Figura 5.35**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCION DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

### Muertos Sismo Fuerte Día

Figura 5.36

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



**CONVENCIONES**

- F Bomberos
- - - - - Zonas
- Red Vial
- Ruta



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

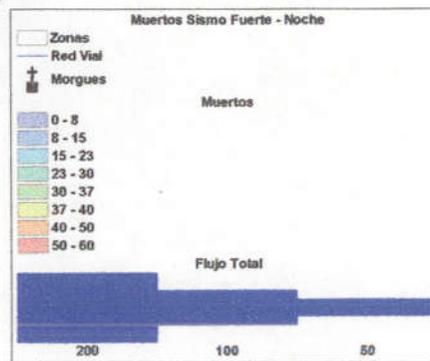
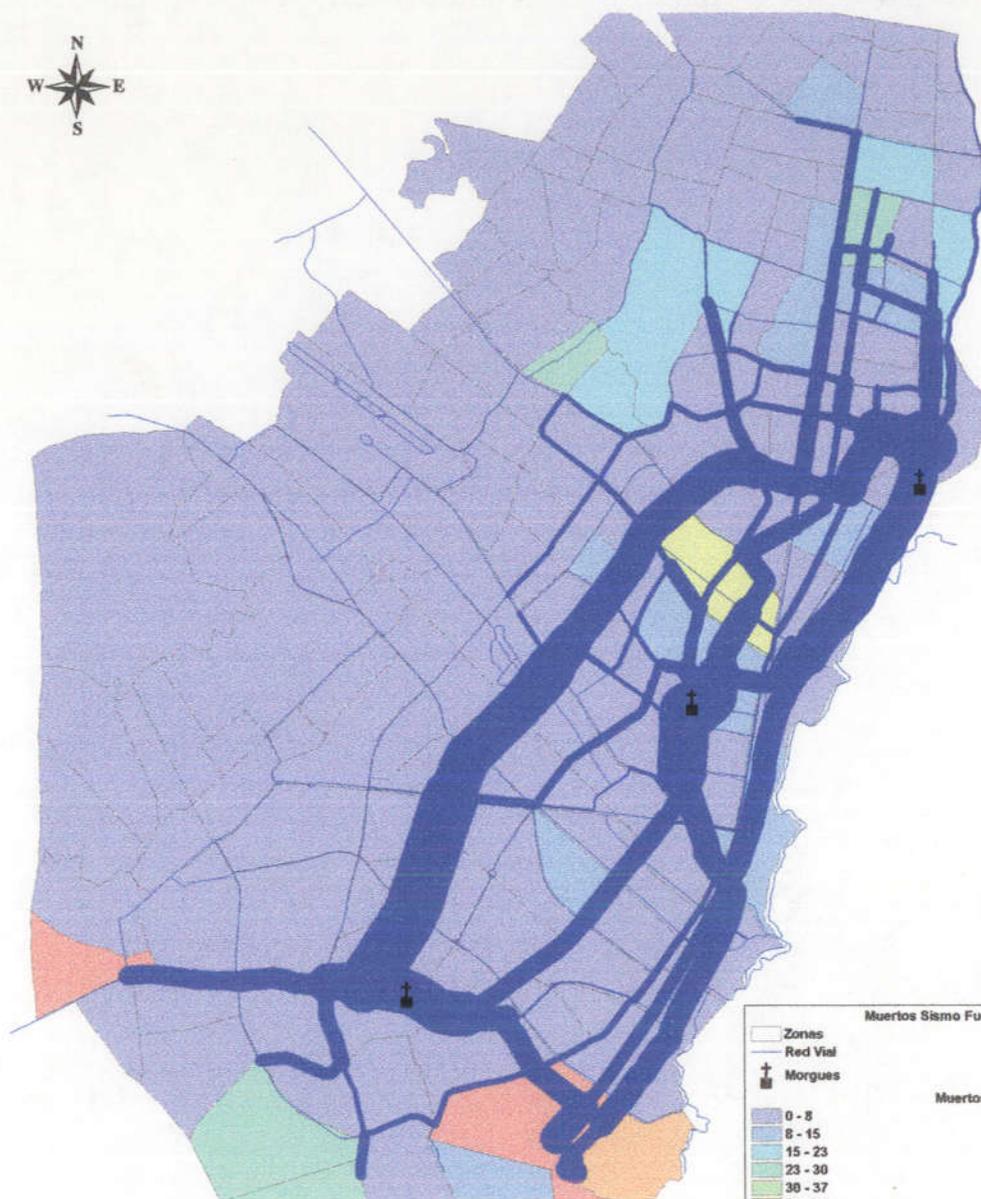
**Ruta Estación Bomberos San José Bavaria**

**Apéndice 4.2  
 Figura 91**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre  
 Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
 Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

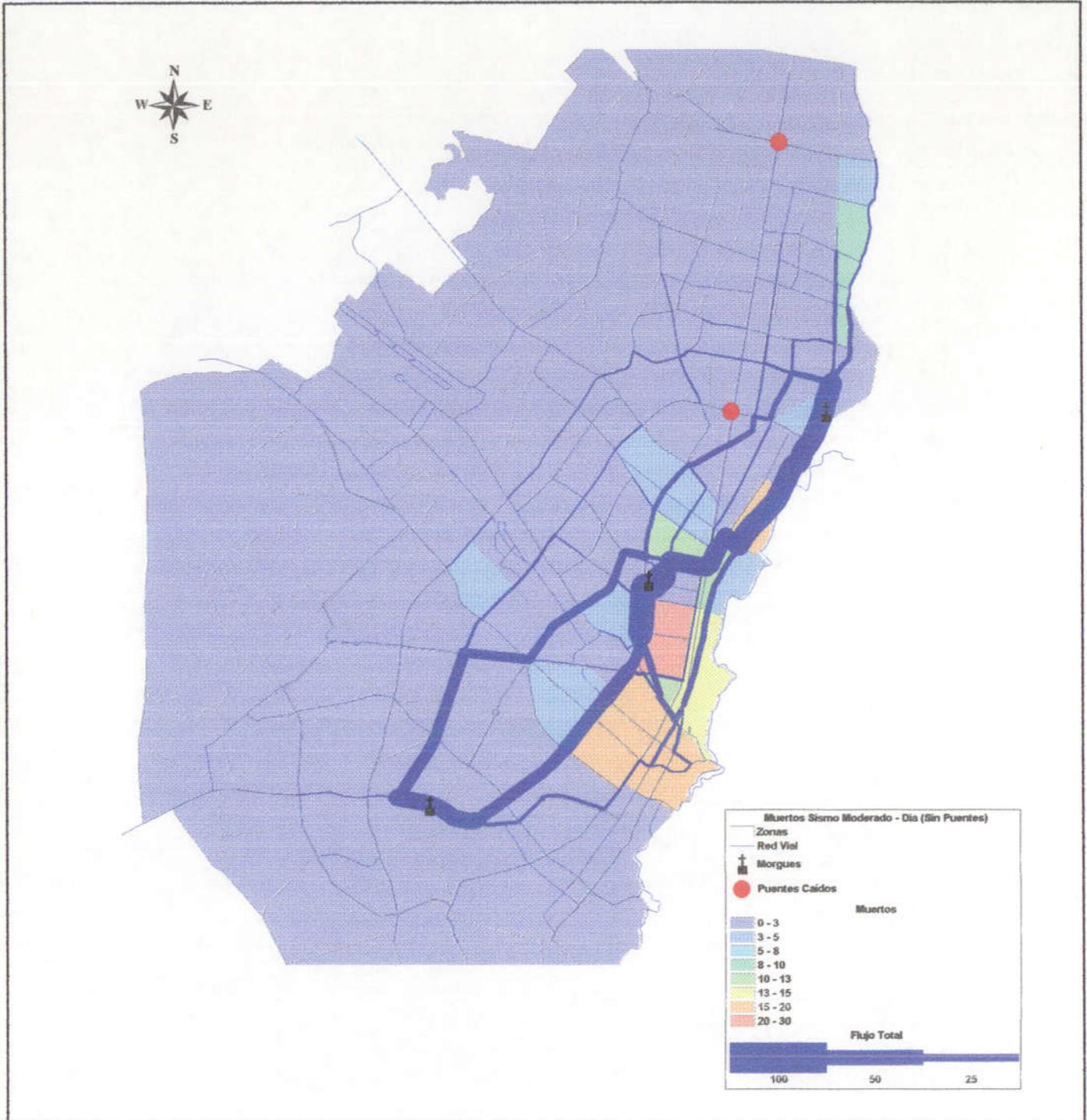
**Muertos Sismo Fuerte Noche**

**Figura 5.37**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

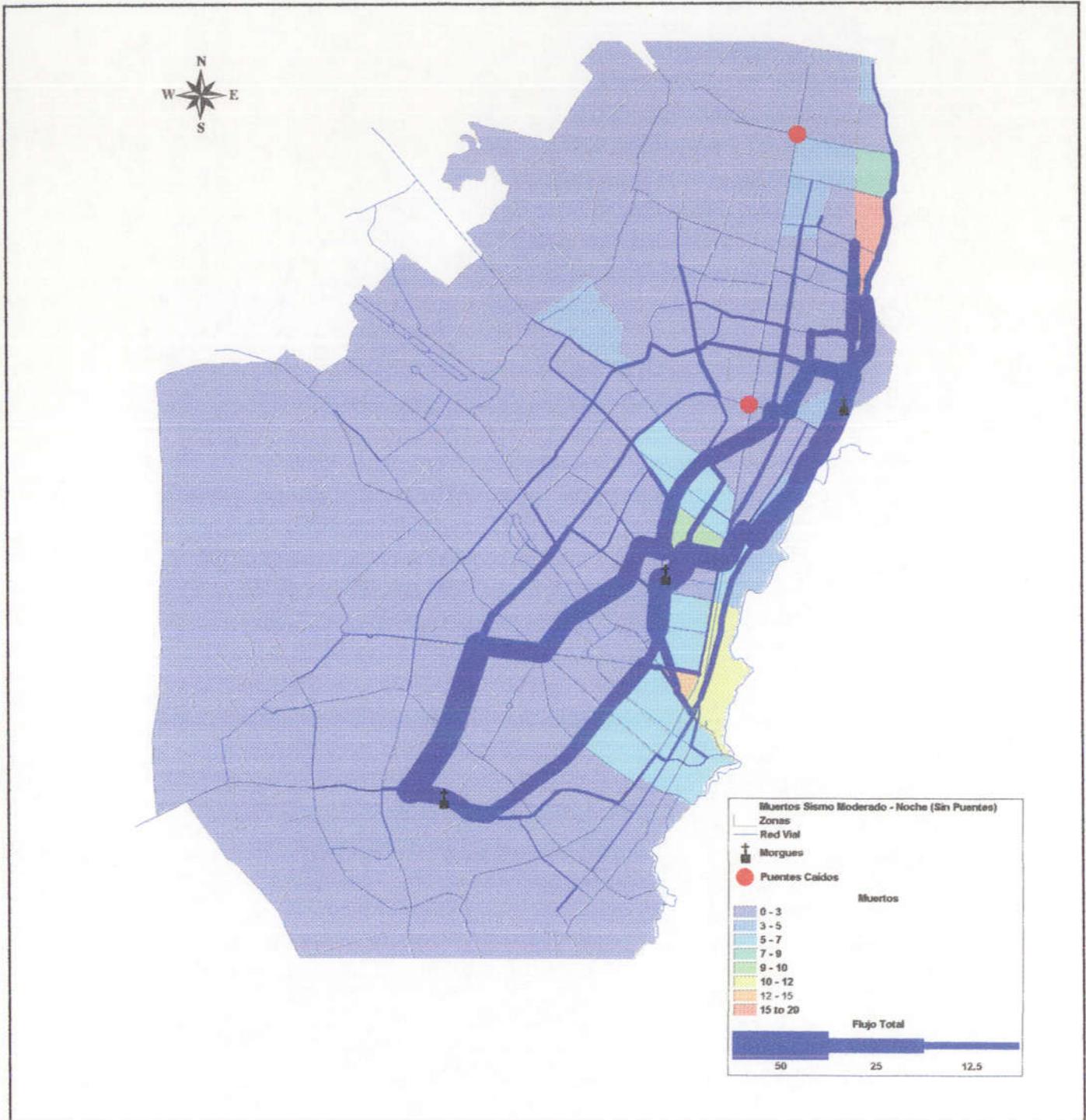
**Muertos Sismo Moderado Día Sin Puentes**

**Figura 5.38**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



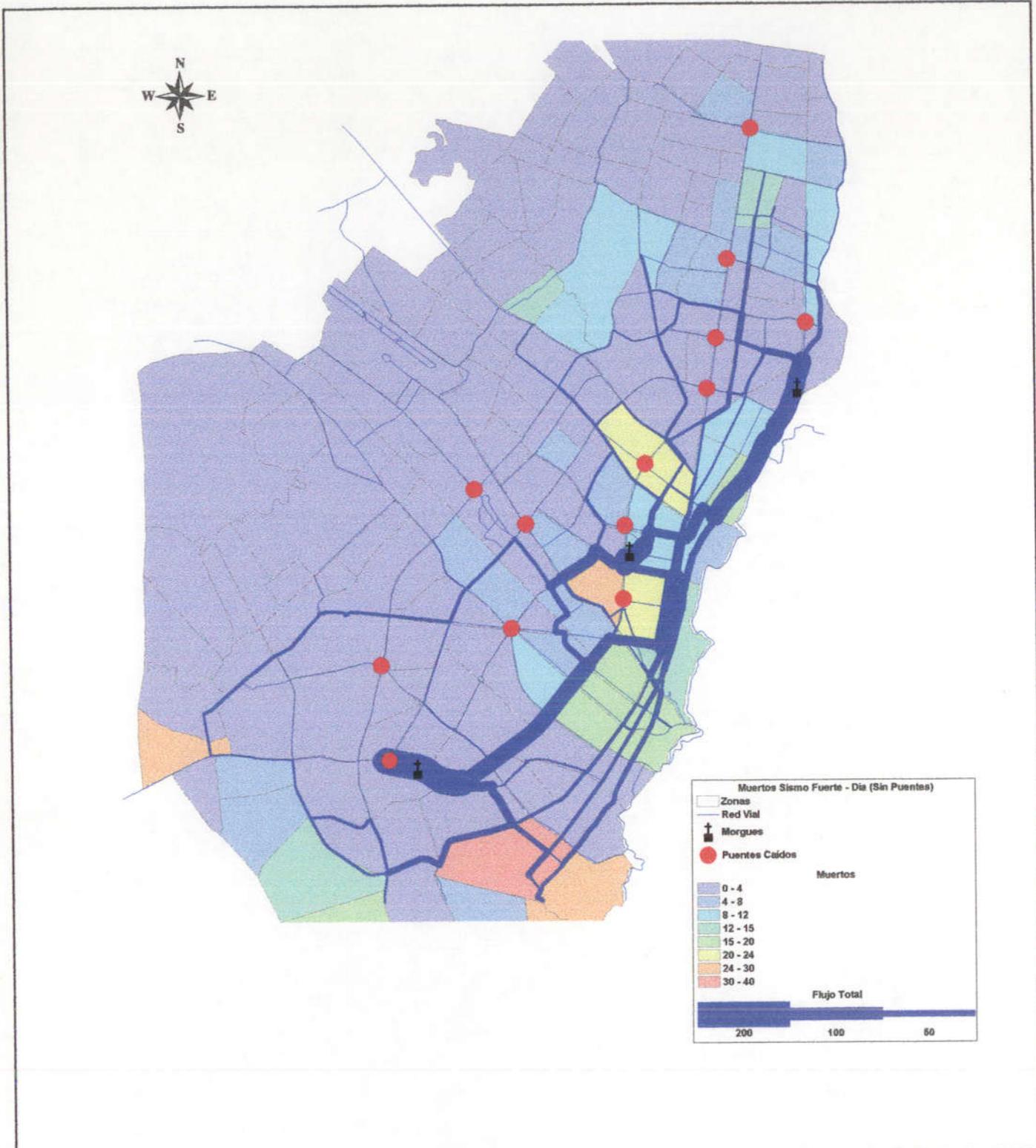
  
 DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

**Muertos Sismo Moderado Noche Sin Puentes**

**Figura 5.39**

  
 UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

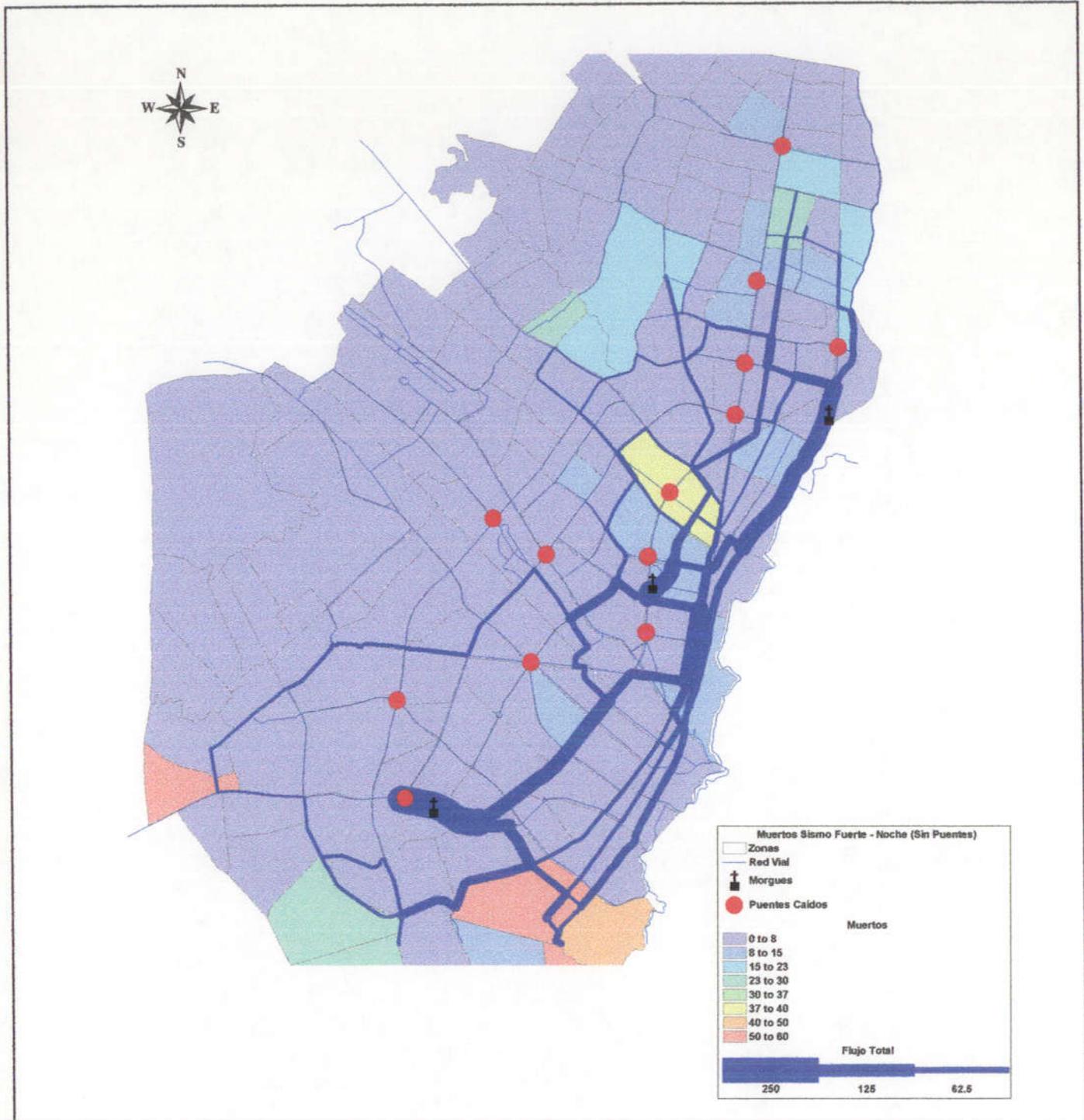
**Muertos Sismo Fuerte Día Sin Puentes**

**Figura 5.40**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

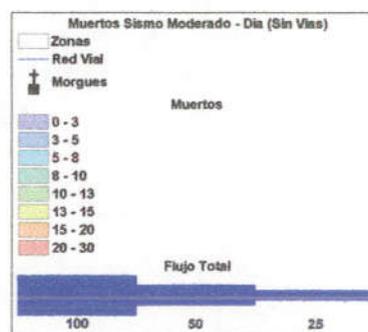
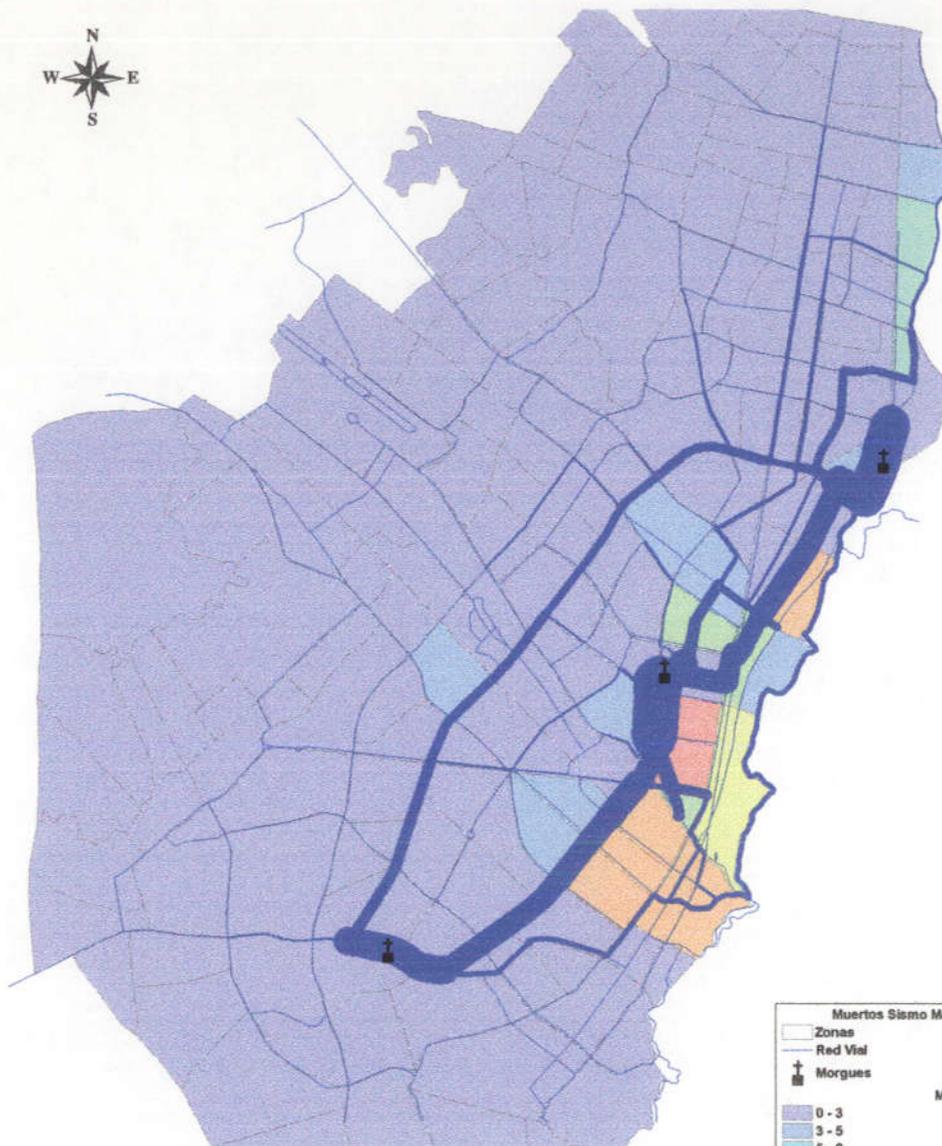
**Muertos Sismo Fuerte Noche  
Sin Puentes**

**Figura 5.41**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

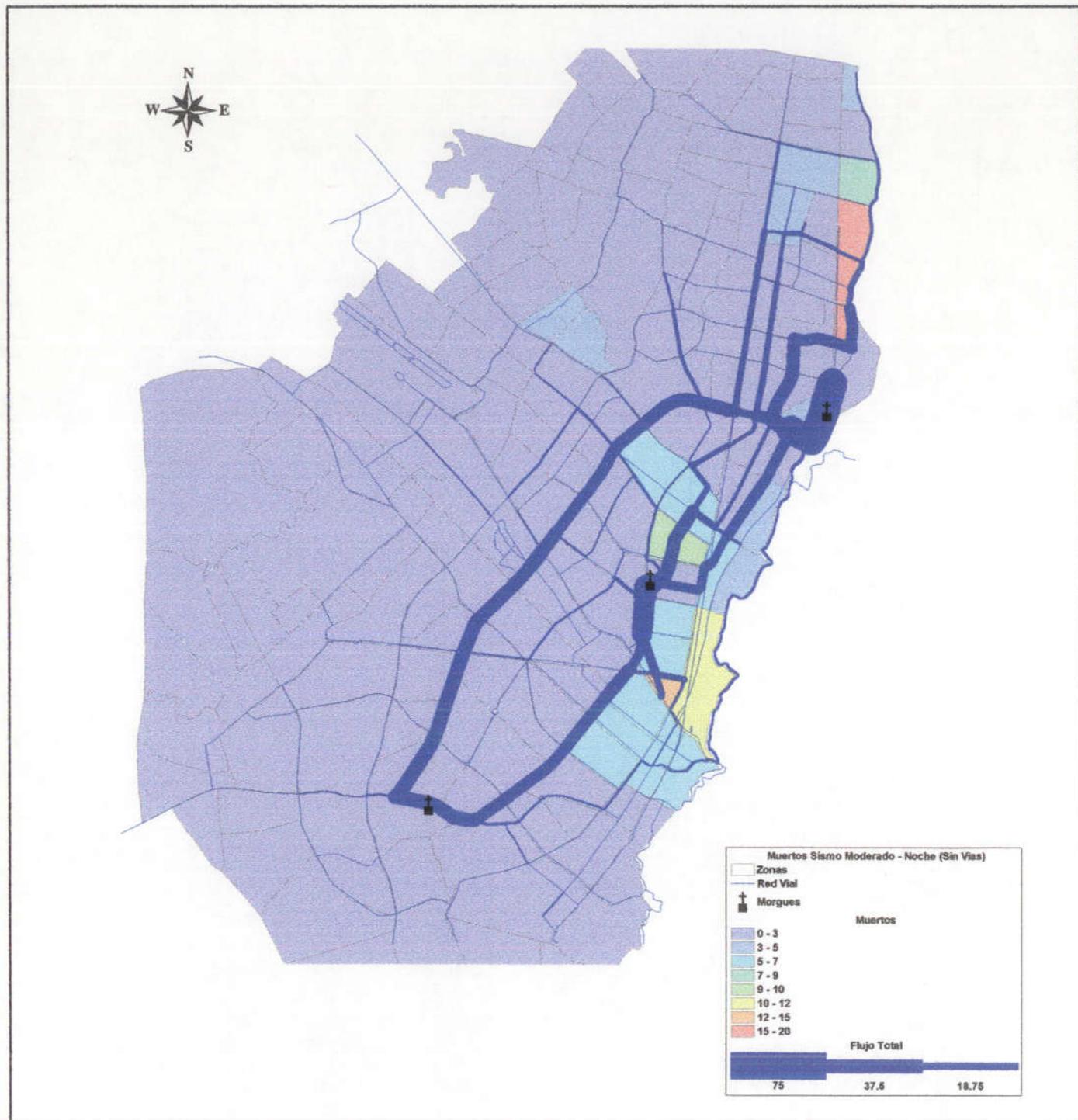
**Muertos Sismo Moderado Día Sin Vías**

**Figura 5.42**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

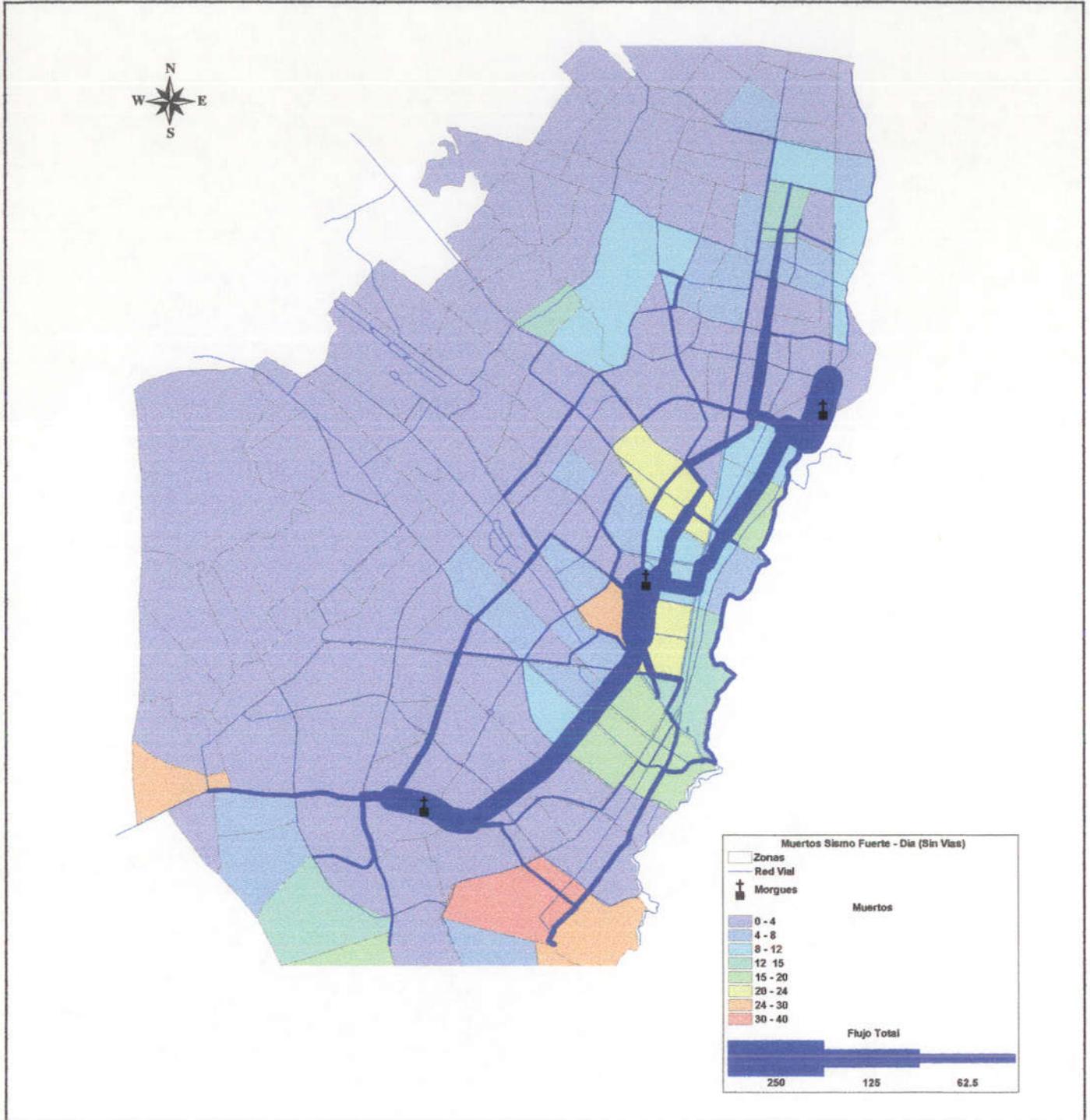
**Muertos Sismo Moderado Noche Sin Vías**

**Figura 5.43**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



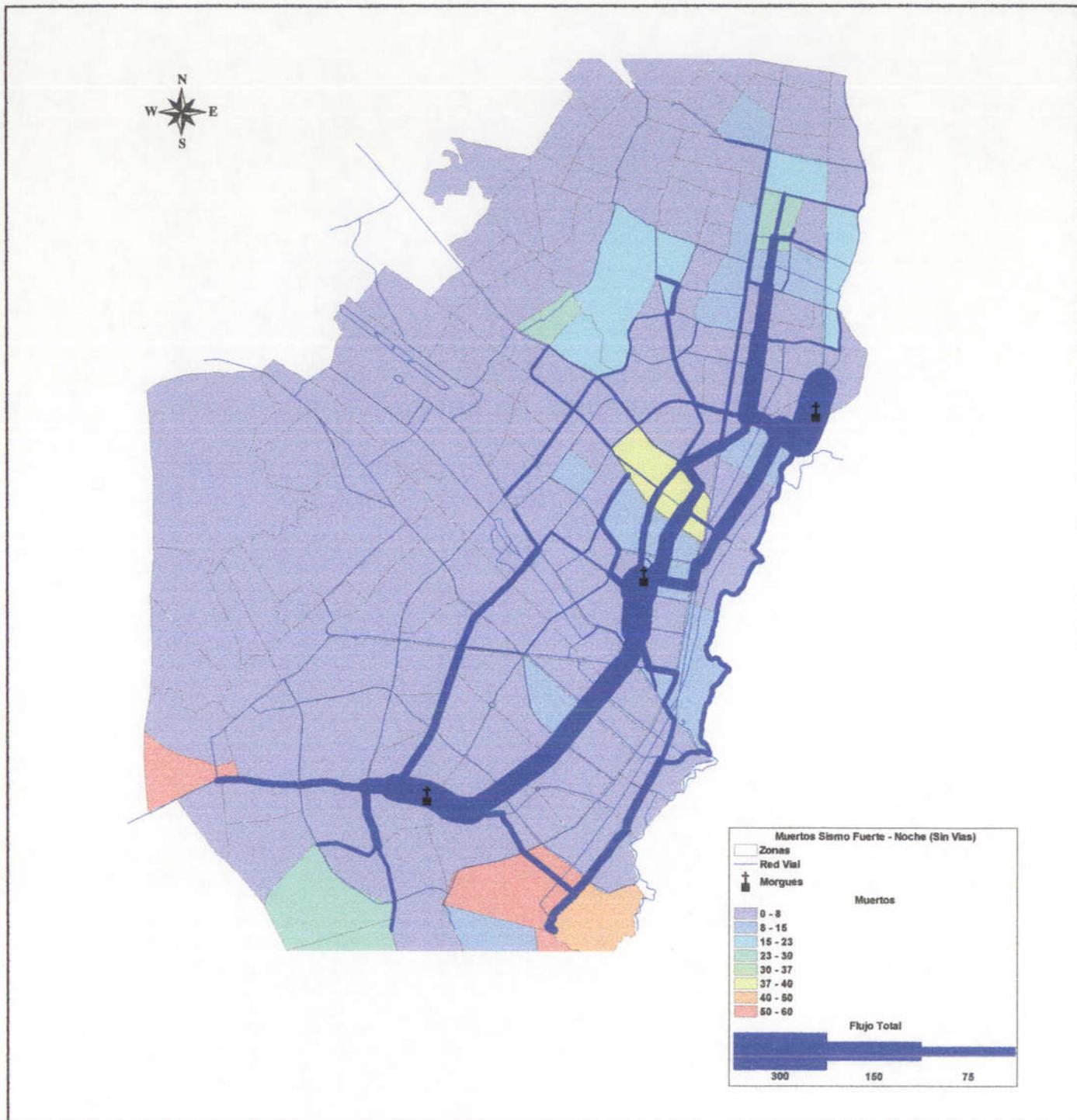
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Muertos Sismo Fuerte Día Sin Vías**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

**Figura 5.44**

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

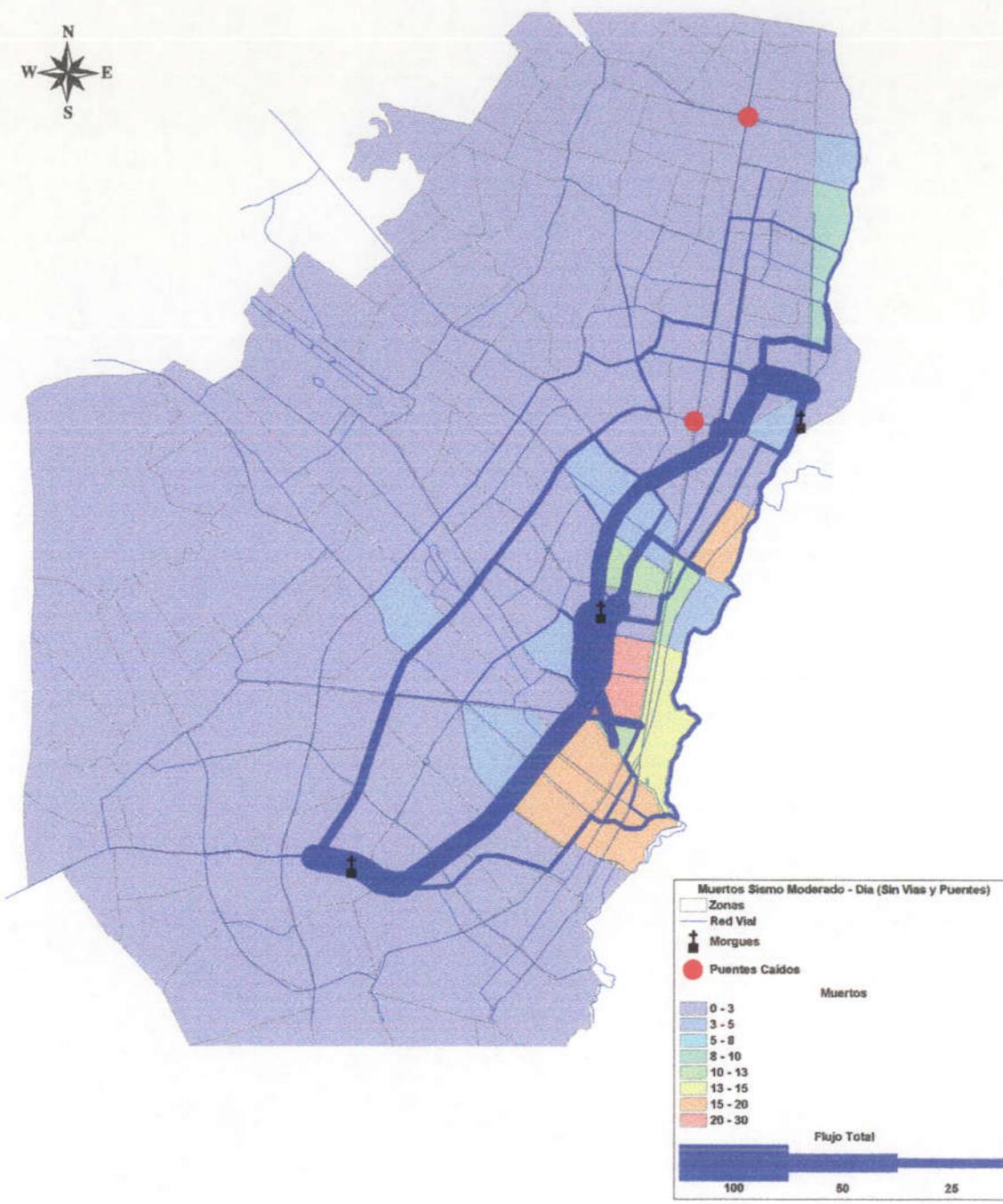
**Muertos Sismo Fuerte Noche Sin Vías**

**Figura 5.45**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

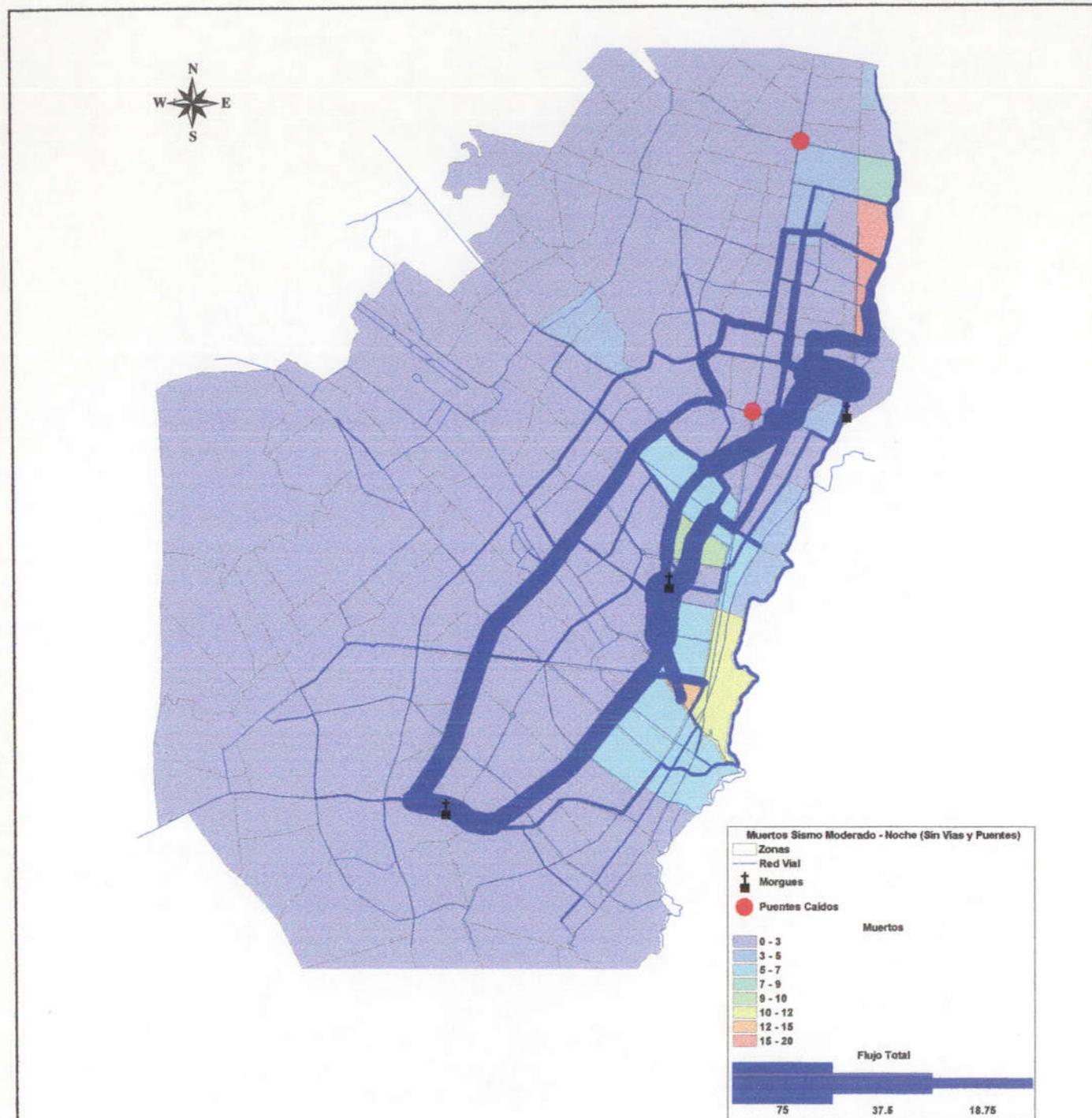
**Muertos Sismo Moderado Día Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.46**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

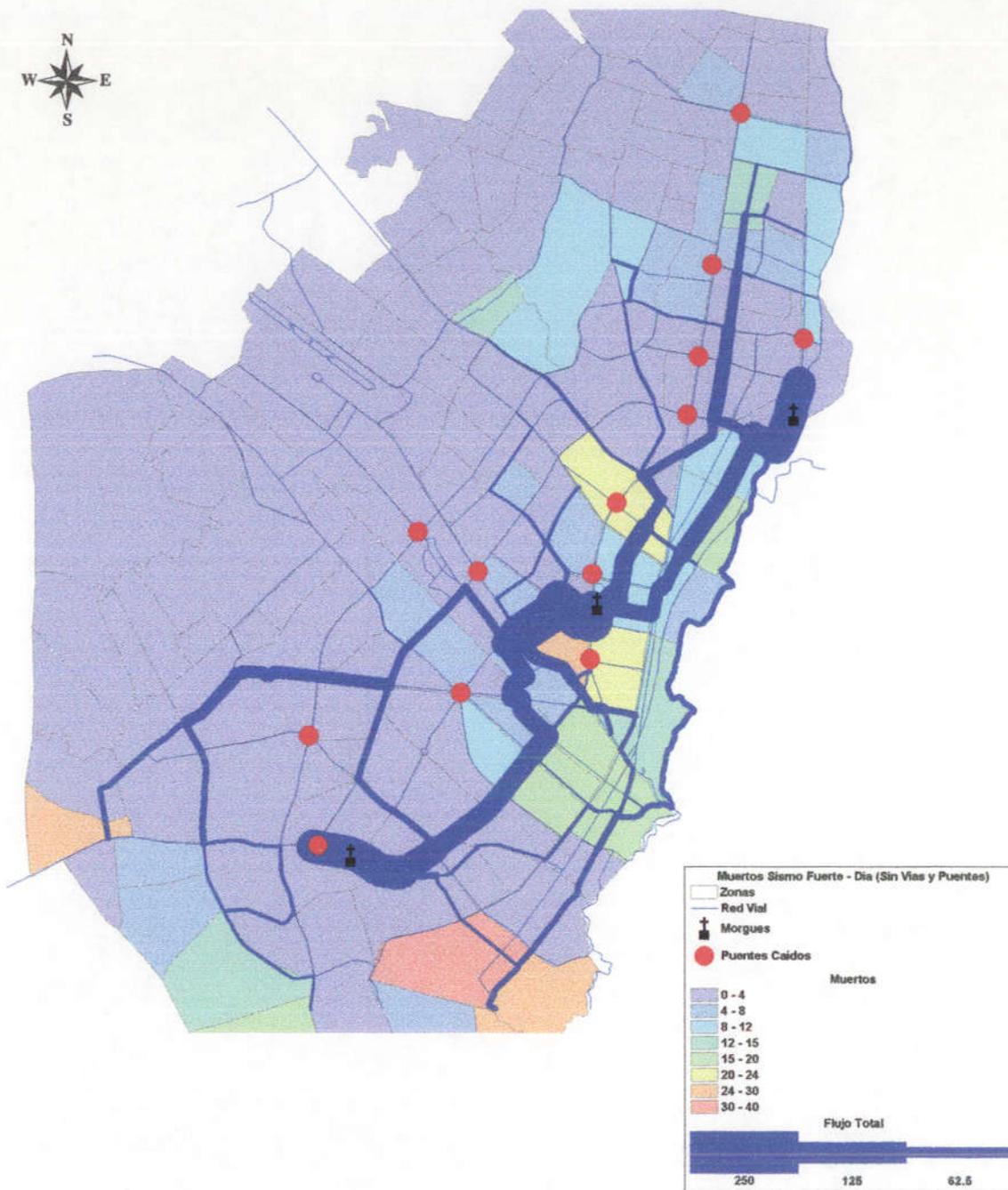
**Muertos Sismo Moderado Noche Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.47**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

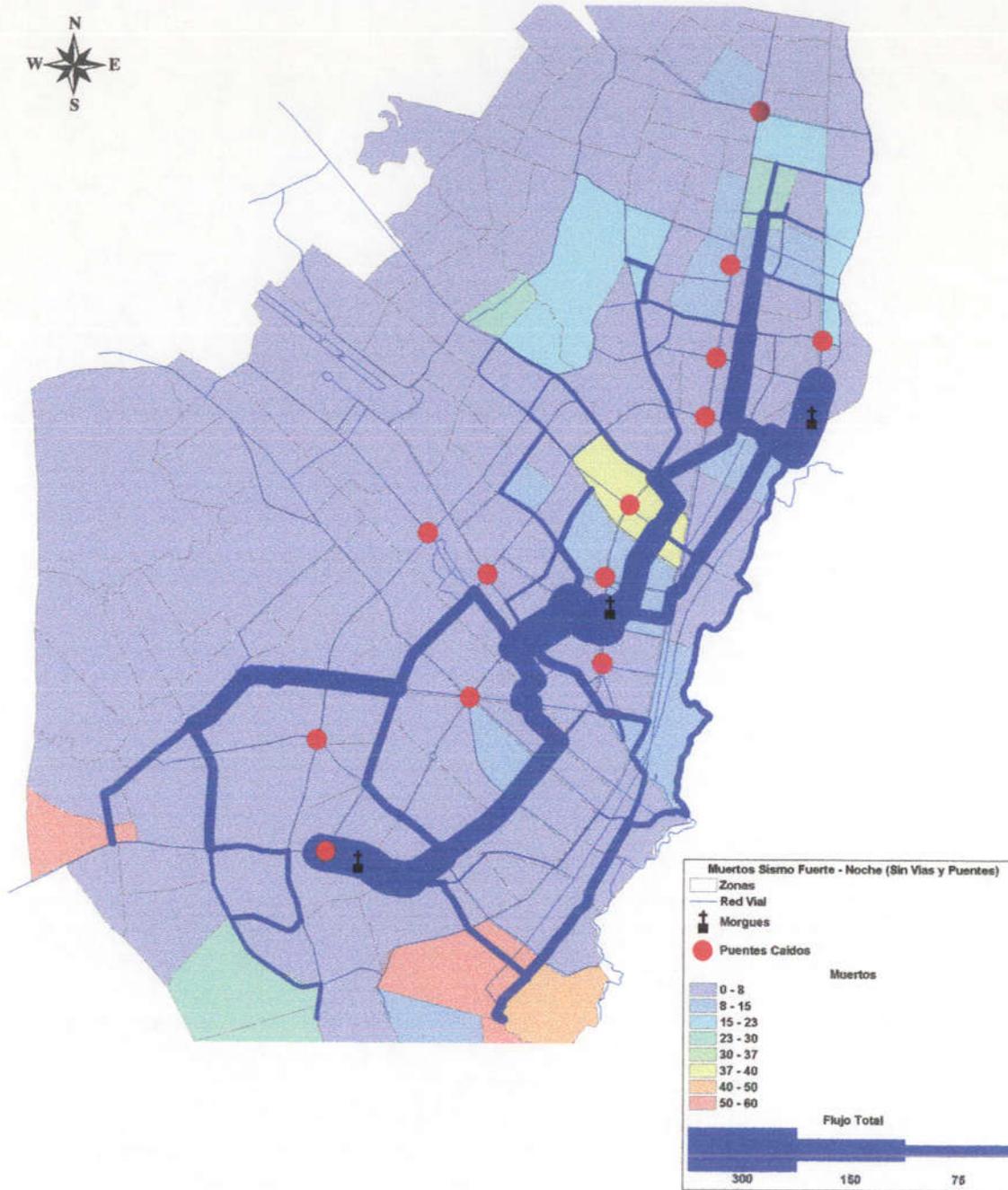
**Muertos Sismo Fuerte Día Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.48**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

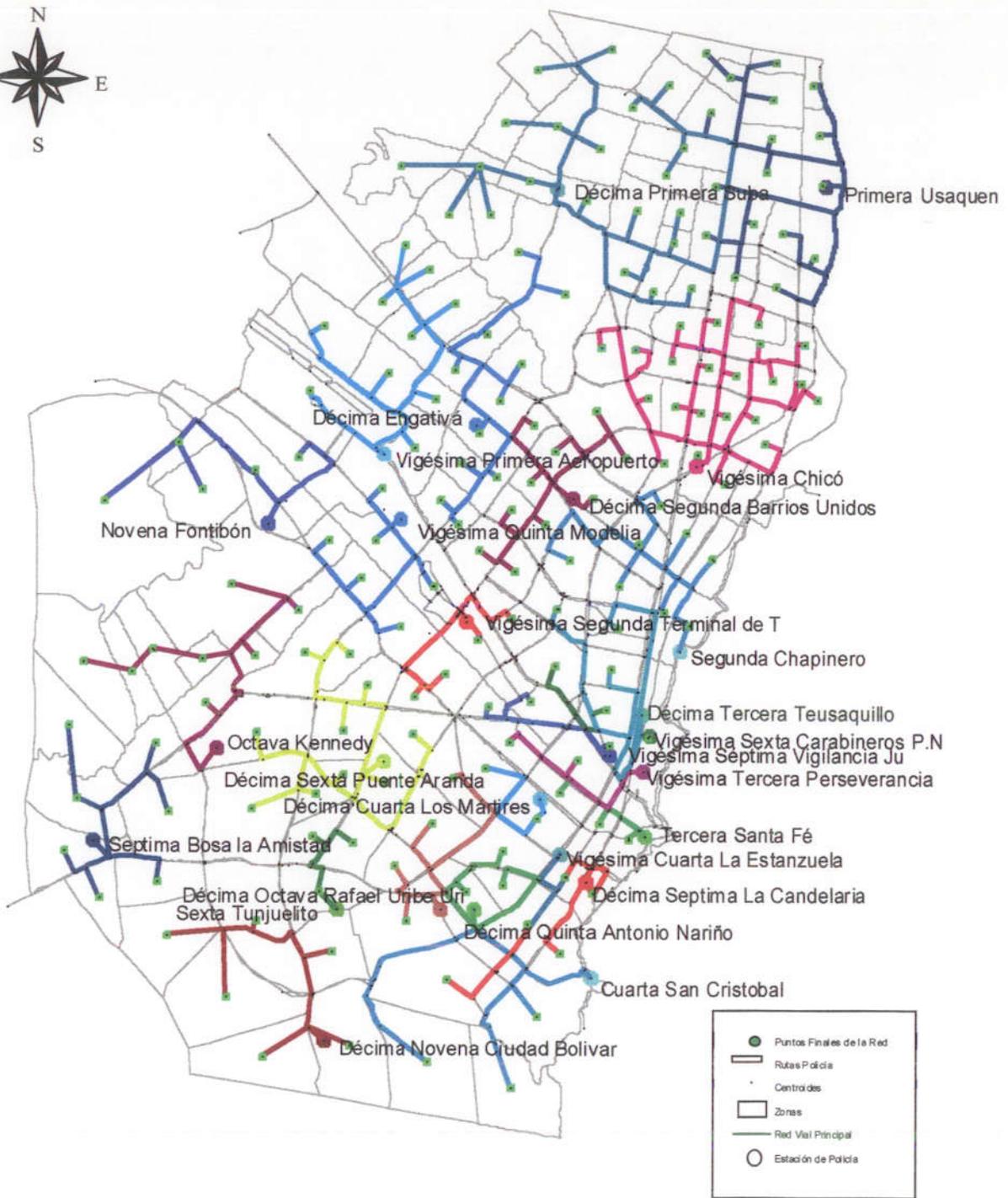
**Muertos Sismo Fuerte Noche  
Sin Vías y Puentes**

**Figura 5.49**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Cubrimiento de las Estaciones de Policía**

**Figura 5.51**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

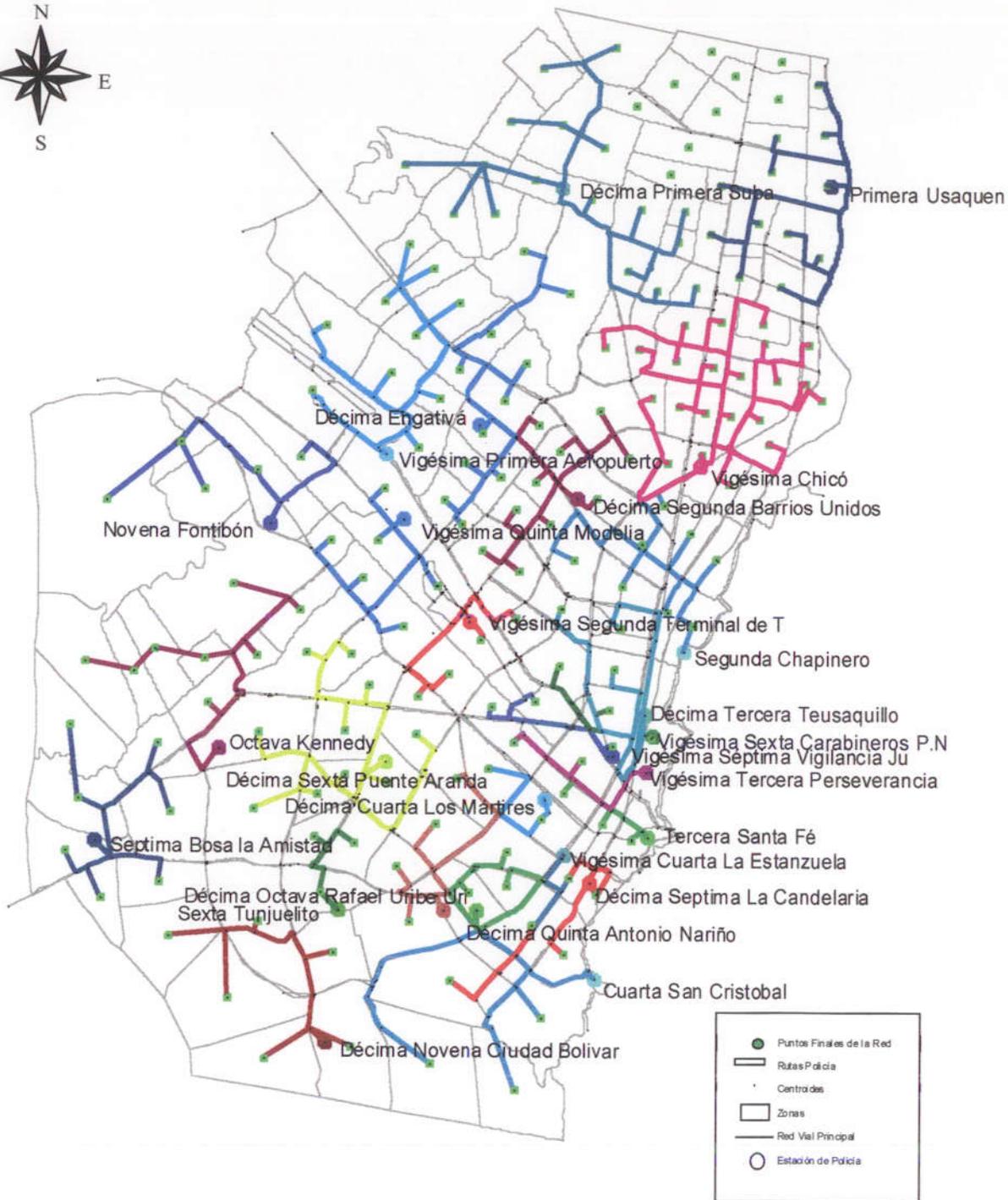
**Cubrimiento de las Estaciones de Bomberos**

**Figura 5.50**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Cubrimiento de las Estaciones de Policía - Sismo Moderado**

**Figura 5.52**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales




**DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Cubrimiento de las Estaciones de Policía - Sismo Fuerte**

**Figura 5.53**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

## 6 RECOMENDACIONES PARA LA PLANIFICACION DE EMERGENCIAS

Se ha encontrado en este estudio que tanto el sismo moderado, pero especialmente el fuerte, afectarían de manera importante el funcionamiento del sistema de transporte. La movilidad tanto de heridos, ilesos y muertos sería difícil. Sin embargo, es necesario articular esto con lo dicho en otra parte de este estudio, donde se concluyó que el funcionamiento actual del sistema de transporte es deficiente, por efecto de la incapacidad histórica de la ciudad para planificar, operar y mantener de una manera adecuada el sistema de transporte. El efecto ha sido que el sistema funciona mal, y con un volumen bajo de vehículos para la red vial, hay una congestión exagerada. El sistema, entonces, se ha degradado y funciona actualmente en una situación similar a la que produciría la ocurrencia de un evento menor, como un sismo leve.

Al articular la situación actual del sistema con el impacto de un sismo, se puede ver que el impacto sobre la movilidad y funcionalidad de la ciudad va a ser muy alto. Además de que los sismos van eventualmente a afectar gravemente puentes y cerrar vías, el estado actual del sistema contribuye a dificultar la movilización todavía más. Por ejemplo, el mal estado de las vías va a entorpecer, en los corredores que queden habilitados, la movilización de heridos e ilesos, con lo cual los retrasos van a ser aún mayores. Así, más personas podrían llegar a fallecer antes de que sean atendidas debidamente. Además, los ilesos se tomarán más tiempo para reunificar sus familias. Igualmente, la ayuda y los suministros serán difíciles de distribuir.

Análogamente, la falta de operación adecuada hará que el sistema funcione probablemente de una forma aun más ineficiente en caso de un sismo. La falta de operación hoy en día ha conducido a una situación donde los conductores y peatones son indisciplinados y donde la señalización es deficiente y escasa. Cuando ocurra un sismo, la indisciplina agravará la emergencia, ya que es de esperar que por la tensión debida al desastre, la población quiera

llegar pronto a sus casas y a cualquier costo. Esto, sumado a la falta de señalización, se puede traducir en accidentes y por ende, en mayores cierres de vías, con lo cual la movilidad de la ciudad quedará todavía más afectada.

La imposibilidad de la ciudad para hacer cumplir las reglas relativas a horarios y frecuencias a los actuales transportadores se podría traducir el día de un sismo en que la ciudad quedará sin transporte público, que es el que debe circular más eficientemente en esas circunstancias. La administración de la ciudad, tendrá seguramente dificultades para lograr que los transportadores salgan a prestar el servicio. Es importante destacar que si el proyecto Transmilenio logra salir adelante esta situación podría mitigarse siempre y cuando los contratos con los operadores digan que en caso de emergencia tendrán que prestar el servicio.

En síntesis, se estima que si se presenta un sismo en Santa Fe de Bogotá, aunque sea moderado, la ciudad dejará de funcionar normalmente y tanto la movilidad como la funcionalidad urbana se verán fuertemente restringidas. En efecto, trasladarse de un lugar a otro tomará mucho tiempo, debido a la situación de degradación actual del sistema, a la probable afectación de puentes y cierre de vías. Por ello, es necesario, de una parte, que desde ahora se tomen medidas que procuren reducir la vulnerabilidad funcional urbana de la ciudad, y de otra, se tenga un plan de emergencia y contingencia.

### **6.1 Lineamientos del plan para reducir la vulnerabilidad funcional de la ciudad**

A continuación se presentan los lineamientos que se deben tenerse en cuenta en un plan para reducir la vulnerabilidad funcional de la ciudad de Bogotá. Como se vio en el capítulo cuatro, el sistema de transporte se ha degradado por la falta de planeación, operación, y mantenimiento. Esta degradación aumenta la vulnerabilidad de la ciudad ante un sismo. Por

ende, parte de las medidas propuestas apuntan a mejorar el sistema de transporte. Otras medidas apuntan a reducir la vulnerabilidad física del sistema. Específicamente:

1. Mejorar el funcionamiento actual del sistema de transporte fortaleciendo la capacidad institucional y de gestión de la Secretaría de Tránsito y del Instituto de Desarrollo Urbano. Santa Fe de Bogotá aparentemente tiene vías suficientes para el bajo número de autos que existe. Una mejor planeación y operación del sistema contribuirían a reducir la elevada congestión actual. Problema que sea agravaría en el caso de la ocurrencia de un terremoto o un desastre mayor en la ciudad. De otra parte, desde la perspectiva de los expertos la ciudad debería unificar en una autoridad única de tránsito el manejo del sector transporte. De esta manera, se evitará la situación actual en la cual varias entidades –IDU, DAPD, STT, FERROVIAS, METRO, TRANSMILENIO, etc.– deciden en materia de intervenciones sobre el sistema de transporte sin una aparente debida coordinación entre sí. Al haber una solución al problema institucional se contribuiría probablemente a reducir la vulnerabilidad funcional del sistema de transporte, dado que con el tiempo, el sistema tendría un menor grado de degradación.
2. Estudiar en detalle la vulnerabilidad sísmica estructural de los puentes de la ciudad, tanto vehiculares como peatonales. Los puentes con mayores deficiencias estructurales deben ser reforzados para soportar con un alto nivel de confiabilidad futuros sismos probables en la ciudad. Este estudio no consideró los puentes peatonales, entre otras razones, porque existe poca información acerca de ellos. Un puente peatonal al colapsar por un sismo puede agravar la situación descrita en este capítulo, pues contribuye al cierre de la vía en que se encuentra, motivo por el cual deben tenerse en cuenta en futuros análisis. Los puentes vehiculares que este estudio encontró como más importantes desde el punto de vista funcional, y cuya vulnerabilidad estructural debe ser estudiada prioritariamente, son: los puentes sobre la NQS, los puentes sobre la Calle 26 (principal acceso al centro desde el occidente), los puentes sobre la Autopista Norte, y el puente de la intersección de la Avenida de las Américas, la Calle 13 y la Carrera 50 (que como se indicó, si

colapsa, bloquea más de dos vías importantes). Los puentes peatonales podrían ser estudiados en el mismo orden. No se da un listado de puentes individuales porque más que el colapso de un puente, lo que afecta la funcionalidad urbana de la ciudad es el cierre de las vías. Por ende, lo importante es asegurar que los corredores que son vitales para atender la emergencia y para garantizar la operación de la ciudad –la NQS, la Calle 26 y la Autopista Norte, principalmente– sean lo menos vulnerables posible.

3. Cada hospital debe tener un estudio detallado de vulnerabilidad sísmica estructural, no-estructural y funcional. El estudio de vulnerabilidad funcional debe considerar la zona aledaña al hospital e identificar espacios libres donde se pueda realizar el *triage*, circuitos para la movilización de ambulancias, rutas alternas para la llegada y salida de vehículos, etc. El estudio de vulnerabilidad sísmica estructural debe, a su vez, recomendar posibles soluciones de refuerzo y rehabilitación sismorresistente. Con los estudios de vulnerabilidad de los hospitales, podrá la ciudad estructurar un plan de referencia y atención hospitalaria en caso de emergencia sísmica. Este plan podría incluir las rutas que deben usar los organismos operativos para llegar a los hospitales y el tipo de heridos que atenderá cada hospital, entre otros. El objetivo de este plan es el de minimizar los viajes que deben hacer los vehículos que transportan los heridos. Los estudios deben comenzar por los hospitales más grandes, que son capaces, por lo tanto, de atender una mayor cantidad de heridos.
4. Los bomberos y demás organismos operativos también deben tener estudios detallados de vulnerabilidad estructural, no-estructural y funcional. Análogo a lo dicho en el párrafo anterior, en el estudio de vulnerabilidad funcional de las estaciones de bomberos se deben identificar las rutas que pueden usar los bomberos en caso de sismo. En particular, un estudio de esa naturaleza debe identificar la forma para que los organismos operativos lleguen de una manera segura y oportuna a todos los sitios de la ciudad. Las estaciones de Chapinero, Suba y Usaquén deberán ser las primeras en tener estudios de

vulnerabilidad estructural y funcional, por estar localizadas en las zonas donde posiblemente habrá más daños y donde será más difícil atender la emergencia.

5. Finalmente deben realizarse estudios de vulnerabilidad funcional y estructural de todas las edificaciones importantes mencionadas en este estudio tales como aeropuertos, centrales de abastos, corferias, estadios, sitios de reunión, estaciones de policía, edificios administrativos (Presidencia de la República, Gobernación de Cundinamarca, colegios, etc.). Para disminuir la vulnerabilidad del sistema se requiere entonces intervenir aquellas construcciones o componentes de alta vulnerabilidad

Es necesario preparar a la ciudadanía sobre algunos aspectos en caso de emergencia sísmica:

Se debe explicar a la ciudadanía el perjuicio que significa el usar innecesariamente el automóvil particular en caso de un sismo, a menos que el sistema haya salido del estado actual de degradación en que se encuentra. Sin embargo, mientras no haya solución a este problema, se recomienda hacer divulgación y promover la restricción del uso del automóvil particular en caso de sismo. Esto por cuanto la demanda sobre el sistema de transporte será muy alta y si los viajes se hacen en vehículos particulares la congestión será exageradamente alta, lo mismo que los tiempos de viaje. Si bien esto puede no parecer muy grave para las personas ilesas, sí lo es para las personas heridas, para quienes cada segundo en llegar al hospital es vital.

- Concientizar a los hogares de la importancia de tener una estrategia por familia para reunificarse después de un sismo. Si hay miembros de un mismo hogar que trabajan cerca, deben encontrarse en algún punto prefijado y luego ir juntos a su residencia. Si la casa o apartamento se ha destruido entonces los miembros de cada familia deben saber los sitios en donde pueden estar sus familiares: un parque cercano, la casa de otro familiar que viva cerca, una estación de policía, etc. El Distrito deberá prever los sitios

- de albergues temporales para los casos críticos de colapsos de edificaciones en las diferentes zonas de la ciudad.
- Se debe explicar a los padres de familia que solo deben ir a recoger al colegio a los niños más pequeños. Los adolescentes deberán llegar por su cuenta al lugar de reunificación. Se recuerda que estas medidas son para reducir la demanda sobre el sistema de transporte al generar menos viajes.
  - Se plantean sitios estratégicos para reunificación de familias en las zonas afectadas. Se trata de los parques y coliseos estratégicamente ubicados ( ver figura 2.9). Para cada barrio, cada una de las familias debe conocer de antemano el área descrita de reunificación más cercana a la ubicación de su vivienda.
6. Se debe aprovechar la oportunidad que brinda la construcción de nuevos sistemas de transporte masivo como son Transmilenio y el Metro. Estos sistemas deben ser construidos con una muy baja vulnerabilidad. Específicamente, Transmilenio deberá ser un sistema de buses que funcione inclusive en el caso de un sismo severo. Es decir, debe ser diseñado para ello. Por ejemplo, los paraderos deben ser sismorresistentes y deben ser accesibles en caso de un sismo. Actualmente los prediseños indican que se construirán puentes peatonales para acceder a las estaciones o paraderos. Estos puentes, entonces, deben ser igualmente sismorresistentes. Los lugares donde se guarden los buses, y los sitios de control de la operación deben ser altamente confiables. Con el sismo, la flota de buses deberá quedar operativa. A su vez, el metro también debe ser un sistema de transporte que entre rápidamente en operación después del sismo. Hasta donde se conoce, la tecnología metro obliga a detener todos los trenes si el sismo supera cierto umbral. Solo después de revisar si la estructura y los trenes están en adecuadas condiciones es posible reanudar la operación. Esto, sin embargo, puede tomar varias horas. La tecnología metro obliga a hacer esto, pues los trenes son muy sensibles a cambios en el alineamiento de los rieles, por ejemplo, lo cual sumado al costo (cada vagón del metro de Santa Fe Bogotá se estima costará US \$ 3.000.000) implica que

cualquier daño cuesta millones de dólares. Por ello, el principal sistema de transporte en caso de sismo será Transmilenio.

7. Mientras el sistema Transmilenio reemplace la totalidad del actual sistema, lo que puede tomar unos 10 años, es necesario concientizar a los actuales transportadores sobre la importancia de su papel después del sismo. La ciudad debe moverse en transporte público y sin la colaboración de propietarios de buses y conductores esto no sería posible.

## 6.2 Lineamientos para el plan de emergencia y contingencia

Los resultados de este estudio indican que en caso de un sismo la movilidad de la ciudad sería fuertemente afectada. Por lo tanto, es necesario que la ciudad tenga un plan de emergencia que tenga en cuenta los siguientes lineamientos:

1. Una vez ocurra el sismo, es fundamental que la ciudad establezca qué vías principales quedaron habilitadas y en qué grado. Una vía puede quedar totalmente bloqueada, en cuyo caso no es útil, o también puede quedar parcialmente bloqueada, por lo cual podría ser útil para la movilización. Para determinar el grado de afectación del sistema de transporte se sugiere tomar como base el presente estudio que muestra qué vías y puentes serían probablemente afectadas. Además, el estudio encontró las vías que aparecen más importantes para la movilización de la ciudad en caso de sismo. Si a esto se suma un procedimiento para recolectar rápidamente la información sobre los daños ocurridos –usando helicópteros, por ejemplo– es posible entonces establecer las vías que deben usarse para la movilidad de la ciudad. Claro está, que se debe hacer una revisión detallada de cada puente mediante cuadrillas de ingenieros expertos. En este sentido, las vías que el presente estudio identificó como fundamentales para el funcionamiento de la ciudad después del sismo son, entre otras: la NQS, la Carrera 7, la Circunvalar, la Avenida Caracas, la Calle 26 y la Autopista Norte. El procedimiento sugerido debe

- constatar primero el grado de afectación de estas vías por el sismo. Si es alto, entonces se debe restringir inmediatamente el uso del automóvil particular y se deben determinar unos corredores viales alternos para uso exclusivo de los organismos operativos y otros, en lo posible, para el transporte masivo.
2. Después de ocurrido el sismo, se recomienda restringir el uso del automóvil particular. Los conductores deben dejar sus carros en donde estén y movilizarse a su hogar o sitio de reunión en transporte masivo. La Policía debe ser la llamada a acordonar las zonas y brindar la seguridad necesaria para que no haya vandalismo o robos y para que los automovilistas sientan confianza. Para que los conductores recuperen su vehículo, se debe establecer una estrategia por medio de la cual poco a poco y por zonas, los propietarios puedan retornar al sitio donde dejaron su automóvil y llevarlo a su casa, por las rutas que ya hayan sido habilitadas. Esto se podrá hacer días después del sismo, cuando la situación esté más controlada. La restricción del uso del automóvil se recomienda por cuanto: (a) en las actuales circunstancias el sistema funciona mal y surge muy fácilmente la congestión. Ante un sismo, esta situación se manifestará de una forma más evidente y hará que el espacio vial sea aún más escaso. (b) El sismo posiblemente podría destruir puentes y afectar vías que son fundamentales para el funcionamiento de la ciudad. La capacidad vial sería menor a la que hay en condiciones normales y por ello, la congestión sería muy superior si se permiten los viajes en carro. (c) La prioridad del uso de las vías debe ser para los organismos operativos. Ante una limitada capacidad vial es necesario darle la prioridad a las entidades encargadas de salvar vidas. Si hay autos en las vías, esta labor se dificulta; en particular, el transporte de heridos en ambulancia sería muy lento.
  3. Una vez prohibido el uso del automóvil, se deben establecer corredores viales para la movilización de los organismos operativos y para el transporte masivo de los ilesos. Lo ideal sería conocer el grado en que fueron afectadas las vías. Si esto no es posible, el plan de manejo de la emergencia debe tener una lista de posibles vías para uso exclusivo

de los organismos operativos y del transporte masivo. Preliminarmente, Surgen de este estudio vías como: la Avenida Circunvalar, que brinda acceso rápido a la zona de mayor concentración de hospitales, la NQS en el caso de un sismo moderado, y vías secundarias como las Carreras 19 y 17 en el caso de un sismo fuerte. Sin embargo, estudios de vulnerabilidad vial más detallados son necesarios para el caso de un sismo fuerte, pues la red vial secundaria pasaría a ser fundamental (el actual estudio usó para sus modelaciones la red vial principal únicamente).

4. La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias debe ser la entidad que coordine el manejo de la emergencia y determine las vías que quedan para uso exclusivo de los organismos operativos. También debe ser la que coordine la acción de todos los organismos operativos. Esto es particularmente clave, dado que como se analizó previamente, los organismos operativos tienen un cubrimiento precario de la ciudad y no cuentan con el equipo suficiente para hacer frente a una emergencia mayor. Por ello, una acción coordinada a través de la DPAE es una manera de optimizar los recursos escasos. Por ejemplo, la DPAE podrá organizar el desplazamiento de unidades de socorro de modo que solamente la que aparece como necesaria vaya al lugar. Así unidades de los demás organismos operativos podrán ir a otras zonas donde verdaderamente se necesitan.

También deberá ser la coordinadora y articuladora de los planes de manejo y atención de la emergencia de las empresas de servicios públicos de la Presidencia de la República, del sistema de salud, de los cuerpos de seguridad y socorro, de los suministros y en fin de todas las actividades relacionadas con la emergencia a las que se ha hecho mención en este estudio

5. Infortunadamente, con la confusión que se genera cuando hay un sismo, cada organismo podría actuar por su cuenta. Además, cada uno podría creer que es el mejor para atender la emergencia. La falta de coordinación y articulación entre los diferentes organismos

operativos y entidades del estado pueden traducirse en un desperdicio de recursos. Por eso se recomienda que una vez exista una versión preliminar del plan de emergencia y contingencia, se lleve a cabo una simulación para su prueba.

Santa Fe de Bogotá ya dio un paso importante hacia adelante con la realización de estudios como este y como el de la microzonificación sísmica de la ciudad. Otro gran paso hacia adelante sería que se lleve a cabo un plan de emergencia y contingencia que tenga en cuenta recomendaciones como las aquí señaladas.

## 7 REFERENCIAS

- Acevedo Jorge. 1994. *Bases para una política integral de transporte urbano en Colombia*. Seminario Políticas e instituciones para el Desarrollo Urbano Futuro en Colombia.
- Alcaldía Mayor de Santafé de Bogotá D.C., 1997: "Bogotá 2000: Pacto para una ciudad Competitiva con Equidad", Santafé de Bogotá.
- Algermissen, S. T., and Steinbrugge, K.V. 1984. Hazard and Risk Assessment : Some Case Studies, *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 9 :30. January 1984.
- Allport R.J. y J.M. Thompson. "Study of mass rapid transit in developing countries." Halcrow Fox and Associates. 1989.
- Applied Technology Council, 1985. *Earthquake Damage Evaluation Data for California* , ATC-13, (FEMA), Redwood City, CA.
- Applied Technology Council, 1988. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*, ATC-21, ( FEMA Report 154 ) Redwood City, CA, April 1988.
- Applied Technology Council, 1991. *Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States*, ATC-25, (FEMA), Redwood City, CA.
- Ardila Arturo. 1995. Reducción de la congestión vehicular en Bogotá con herramientas microeconómicas. *Desarrollo y Sociedad*, No. 35.
- Ardila Arturo. "El reto de descongestionar: La política de transporte de la Administración Mockus." *Revista Foro Económico y Regional* No. 1 pp. 74-83
- Ardila Arturo. 1997. *The Decentralization of the Government of Bogotá: Benefits, Problems and Possible Solutions*. Thesis, Masters in City Planning. Massachusetts Institute of Technology.
- Armstrong Wright, Alan. *Urban Transit Systems: Guidelines for Examining Options*. World Bank Technical Paper no. 52. Washington D.C. 1985
-

- Arturo Ardila Gómez. 1998. El problema de transporte de Bogotá: diagnóstico y perspectivas para el metro. Ponencia para el foro El Metro de Bogotá: ¿Cómo Financiarlo? Por publicarse en Cuadernos de Coyuntura, Fedesarrollo, septiembre.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 1996. Universidad de los Andes, Ingeominas, *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia*, Bogotá.
- Cárdenas Mauricio, Fernando Zarama y Cristina Lanzetta. 1995. *Las finanzas del Distrito Capital: evolución reciente y perspectivas*. Las Finanzas del Distrito Capital. Fescol-CCB.
- Cardona O.D. 1996. *Estudio de Vulnerabilidad y Rehabilitación Sísmica del Hospital Kennedy*, DNPAD, MINSALUD, FNC, OPS,ECHO-3, Bogotá, 1996
- Cardona O.D., 1991. Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centros Urbanos, *VII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmo-Resistente - IX Jornadas Estructurales*, SCI/AIS/MOPT, Bogotá Octubre 1991.
- Cardona O.D., 1993. Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Líneas Vitales, Seminario Internacional *Prevención y Reducción de Riesgos en Sistemas de Acueducto y Alcantarillado*, Cali, Colombia, 1993.
- Cardona O.D., Enfoque Metodológico para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico, *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS*, Boletín No. 33, Diciembre 1986; *II Conferencia Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá*, Medellín Agosto, 1988, *II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano*, Vol.1, EAFIT, Pereira, Julio 1992.
- Cardona O.D., Meyer H., 1991. Integrated Urban Seismic Risk Mitigation Project - Its Coordination and Management in Cali, Colombia, *Fourth International Conference on Seismic Zonation*, EERI, San Francisco, August 1991.
- Cardona O.D., Yamín L.E., 1997. *Seismic Microzonation and Estimation of Earthquake Loss Scenarios: Integrated Risk Mitigation Project of Bogotá, Colombia.*, EERI Earthquake Spectra, Vol 13, N.4, November 1997, Oakland, California.

- Cardona O.D., Yamín L.E., 1997. Seismic Microzonation and Estimation of Earthquake Loss Scenarios: Integrated Risk Mitigation Project of Bogotá, Colombia., EERI Earthquake Spectra, Vol 13, N.4, November 1997, Oakland, California.
- Cardona, O.D., 1986, "Estudios de Vulnerabilidad y Evaluación del Riesgo Sísmico; Planificación Física y Urbana en Areas Propensas", Seminario Nacional Sobre Prevención y Manejo de Catástrofes Naturales, Asociación de Ingenieros Estructurales, Medellín.
- Cardona, O.D., 1999, "Environmental management and disaster prevention: two related topics, A holistic risk assessment and management approach", Natural Disaster Management, London.
- Cardona, O.D., 1999, "Holistic Seismic Risk Assessment of a Metropolitan Center", 12 World Conference of Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, February 2000.
- Davidson, R., 1997: "An Urban Earthquake Disaster Risk Index", The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering, Stanford University, Report No. 121, June 1997, Stanford.
- Departamento Administrativo de Planeación Distrital, 1991, "Hogares con Necesidades Básicas Satisfechas, y Necesidades Básicas insatisfechas, según Sexo y edad del jefe de la Familia". Fuente: encuesta de Pobreza y Calidad de vida – Bogotá 1991
- Departamento Administrativo de Planeación Distrital, 1997, "Desarrollos residenciales de origen clandestino en trámite de legalización". Junio de 1997
- Descentralización. Fescol. 1994.
- Gakenheimer Ralph. 1994. Experiencias internacionales en la gestión del transporte urbano moderno. Seminario Políticas e instituciones para el Desarrollo Urbano Futuro en Colombia.
- Gakenheimer, Ralph y Ann Steffes. 1995. A cross-Sectional Analysis of Possible correlates of Motorization in Developing Countries. Discussion Paper 95-12-2. The Cooperative Mobility Program, Center for Technology and Industrial Development. Massachusetts Institute of Technology.
- Guhl Ernesto y Alvaro Pachón. 1992. Transporte Masivo en Bogotá. Caps. 1 al 6. Fonade.

- Halcrow Fox and Associates. Study of Mass Rapid Transit in Developing Countries. Londres. 1989.
- Horney T. 1994. Bogotá desde el Aire, Villegas Editores, Bogotá, 1994.
- IGP-NAM-EGI-SICITER, 1997. Evaluación de Estudios de tránsito y accesibilidad. Vol. 1. Avenida Longitudinal de Occidente.
- INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.
- Ingetec-Bechtel-Systra. 1997 y 1998. Diseño conceptual del Sistema Integrado de Transporte Masivo de la Sabana de Bogotá. Fases 0, 1 y 2.
- Institute of Transportation Engineers. Transportation Planning Handbook, 1992. ITE.
- Jaramillo, Ivan "El Sistema Nacional de Financiamiento de las Entidades Territoriales." En, 10 años de Descentralización, Fescol. 1994.
- JICA (Japan International Cooperation Agency). 1996. Estudio del Plan Maestro de Transporte Urbano de Sanfa Fé de Bogotá en la República de Colombia. IDU.
- Jorge et al. 1993. El Metro de Medellín: una ilusión costeadada por todos los colombianos. Fonade.
- Leon, Hector "La Descentralización de las Obras Públicas" En 10 años de Descentralización. Fescol, 1993.
- Meyer M. y E. Miller. Urban Transportation Planning: a Decisions Oriented Approach. McGraw-Hill series in Transportation. 1984.
- Milutinovic, Z., Petrovski J., 1985. Earthquake Damage Prediction - Modeling and Assessment, IZIIS, Skopje, April 1985.
- Montezuma Ricardo. 1996. Transporte colectivo y transformación urbana. Foro Económico, Regional y Urbano, No. 3.
- Oficina de Planeación, Ministerio de Transporte. 1997. El Transporte en Cifras 1995-96.
- Ordaz, M. et al., 1994. Bases de Datos para la Estimación de Riesgo Sísmico en la Ciudad de México, Cuadernos de Investigación No. 1, CENAPRED, México D.F., Marzo, 1994.

- Papacostas C.S. y P.D. Prevedouros Transportation Engineering and Planning. Prentice Hall, 1993.
- Petrovski, J., Milutinovi Z., 1990. Modelo para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico, Seminario Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades, Bogotá, 1990.
- Rodríguez, Daniel. 1998. Expandiendo el sistema de infraestructura de transporte en la ciudades en desarrollo a través de concesiones: lecciones tempranas de América Latina. Ponencia presentada en el foro: "Ponencia para el foro El Metro de Bogotá: ¿Cómo Financiarlo?" Por publicarse en Cuadernos de Coyuntura, Fedesarrollo, septiembre.
- Sarria, A. 1996., Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Subestaciones Circo, Noroeste, Salitre, Carrera 5A, Suba y Darío Valencia. CIFI Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, Abril 1996.
- Sauter, Shah, 78a 78b pág. 322, ATC-13, 1978.
- Scholl, R.E. et al., 1982. Seismic Damage Assessment for High-Rise Buildings, URS/Blume Engineers Report URS/JAB 8020, URS/John A. Blume & Associates, San Francisco, California, 300 pp.
- Secretaría de Gobierno de Bogotá. 1997. Gestión Local y Descentralización: Santafé de Bogotá, 1995-1997.
- SIED, 1995: Proyecto Sistema de Información estadística Distrital, Bogotá.
- Spence R.J.S. 1990, Seismic Risk Modelling - A review of Methods, contribution to Velso il New Planning, University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge 1990.
- Stares y Zhi (1996). Motorization in Chinese Cities : Issues and Actions. China's Urban Transport Development Strategy. World Bank Discussion Paper no. 352.
- Steinbrugge, K.V. 1982. Earthquakes, Volcanos and Tsunamis : An Anatomy of Hazard, 1982.
- Talukdar, Debrabata. 1997. Economic Growth and Automobile Dependence: Is there a Kuznets Curve for Motorization? MCP Thesis, Department of Urban Studies and Planning, Massachusetts Institute of Technology.
- Trifunac, M.D. and Brady, A.G., 1975. On the Correlation of Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Strong Ground Motion, Bull. Seism. Soc Am. 65, :1, 1975

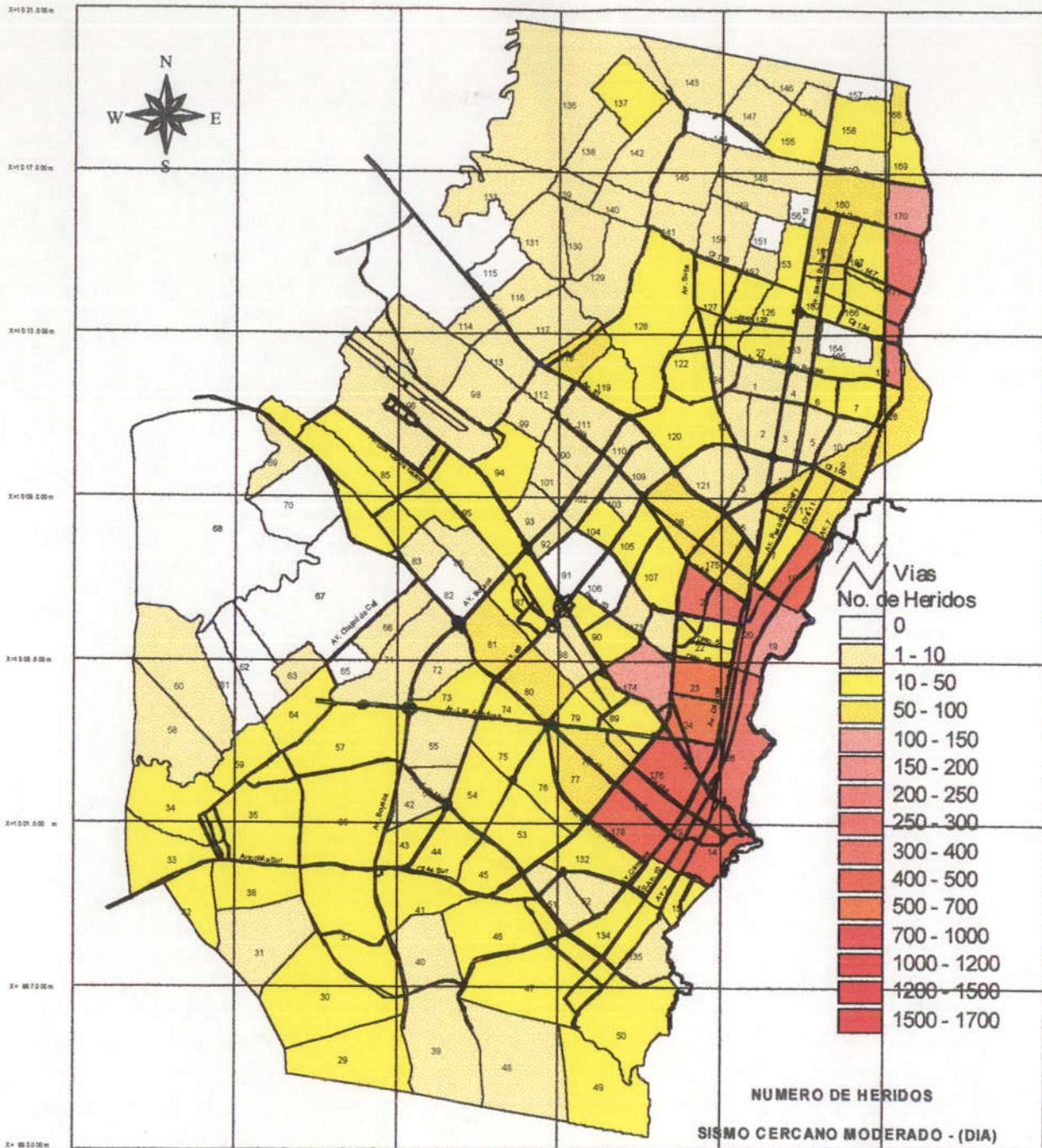
- Trujillo Carlos. 1996. Transporte masivo y gestión privada. Foro Económico, Regional y Urbano, No. 3.
- Universidad de los Andes, 1996: "Microzonificación Sísmica y Escenarios de Pérdidas por Terremoto de Santa Fe de Bogotá", Ingeominas, 17 Volúmenes, Santa Fe Bogotá.
- Whitman R., Reed J.W., and Hong, S.T. 1973. Earthquake Damage Probability Matrices, Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering. El Cerrito, Calif. : EERI, 1973.
- Yamín, L.E., Ojeda, A., 1995. Evaluación de los Efectos de Sitio en Bogotá: Períodos Dominantes y Amplificaciones Relativas a partir de Registros Sísmicos y Microtrepidaciones, Seminario sobre Microzonificación Sismogeotécnica y Vulnerabilidad de Ciudades, Uniandes, y Jornadas Geotécnicas, SCI, Bogotá, 1995.

## *APENDICE 2.1*

# RESUMEN DEL ESTUDIO DE MICROZONIFICACION SISMICA

# Y ESCENARIOS DE DAÑOS EN SANTA FE DE BOGOTA

*Referencia: INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.*



1° 05'00"m
1° 06'00"m
1° 07'00"m
1° 08'00"m
1° 09'00"m
1° 10'00"m
1° 11'00"m

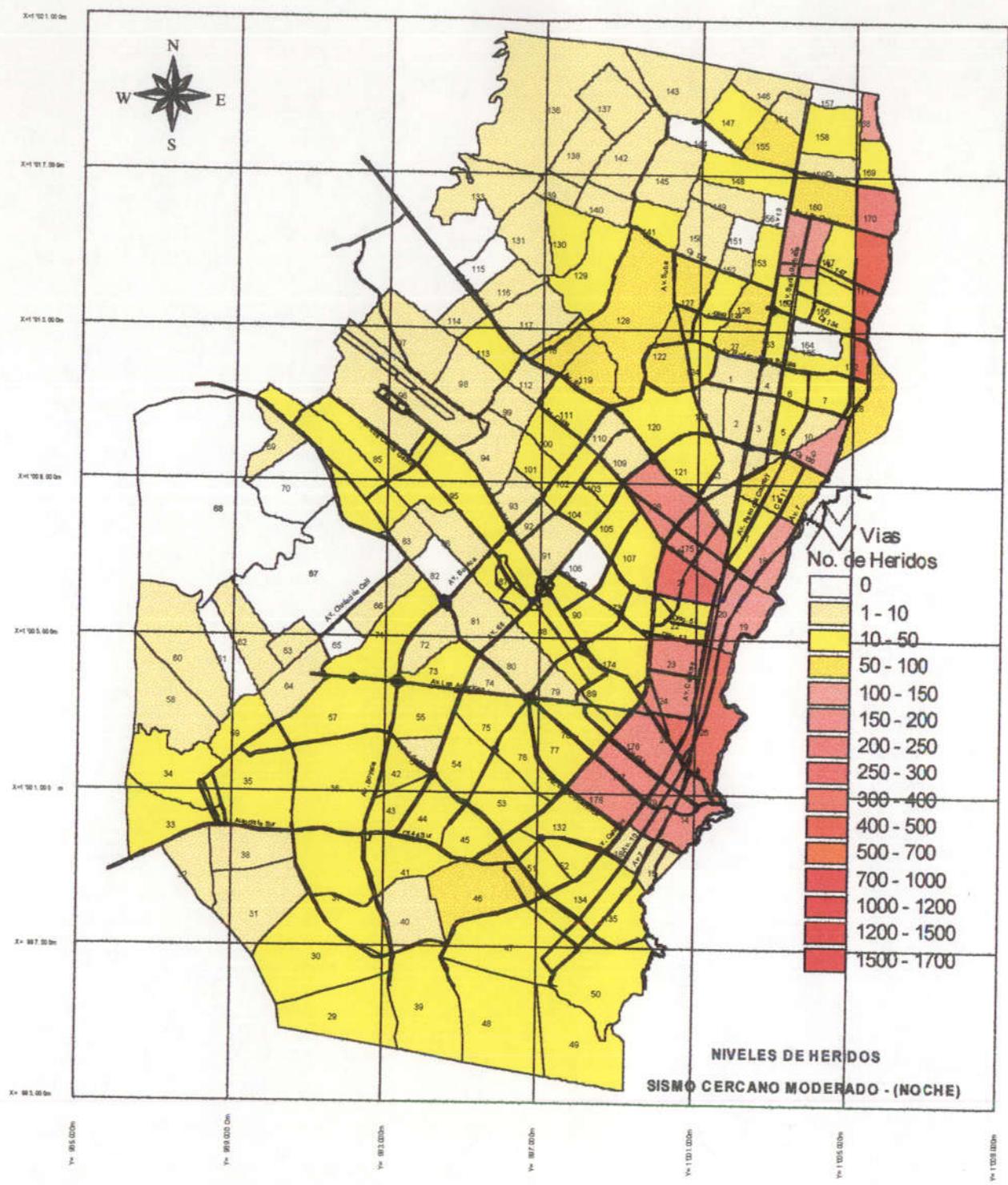


**Niveles de Heridos Sismo Cercano Moderado (Día)**

Apéndice 2.1  
 Figura 1



Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

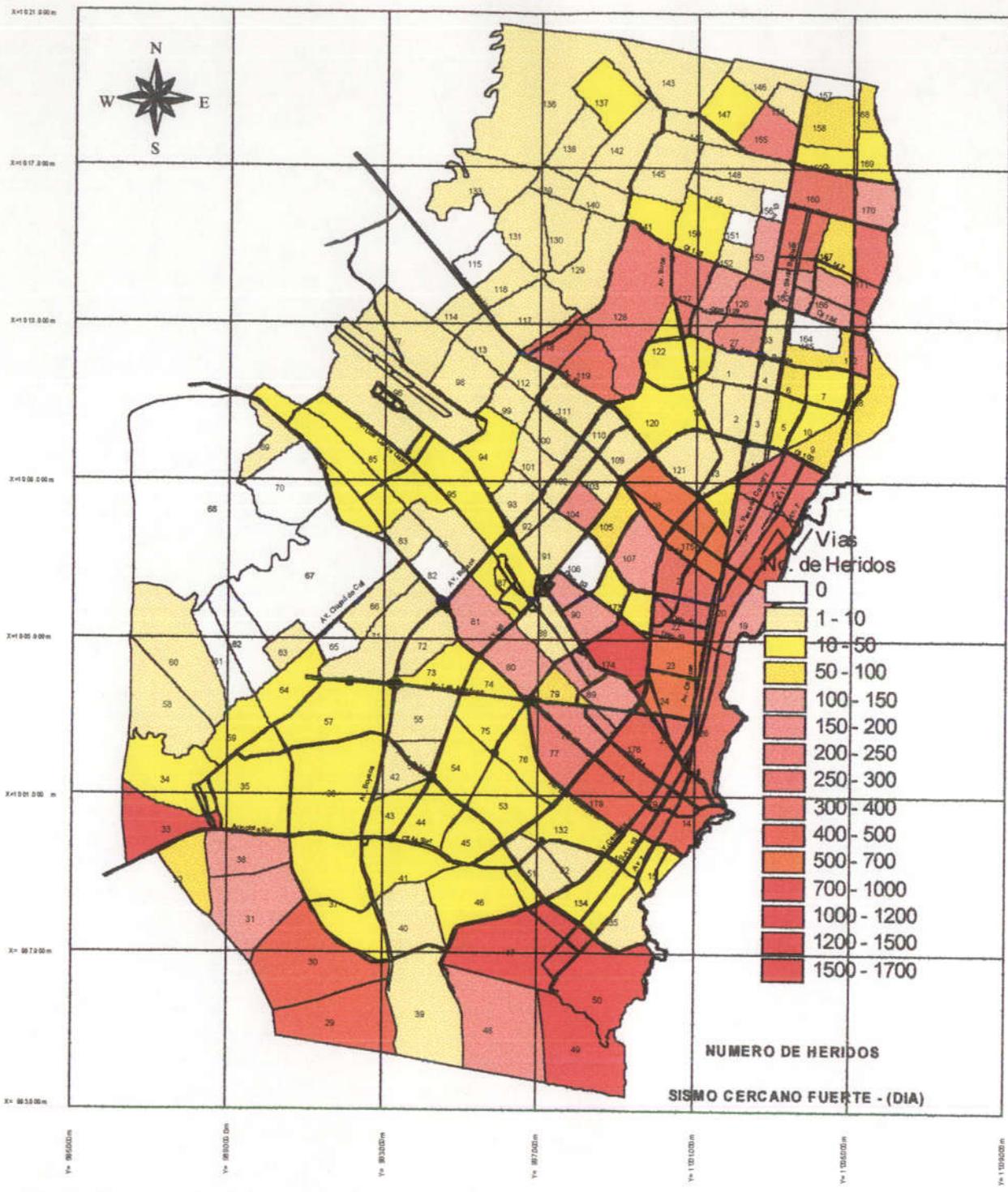
**Niveles de Heridos Sismo Cercano Moderado (Noche)**

Apéndice 2.1  
Figura 2

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

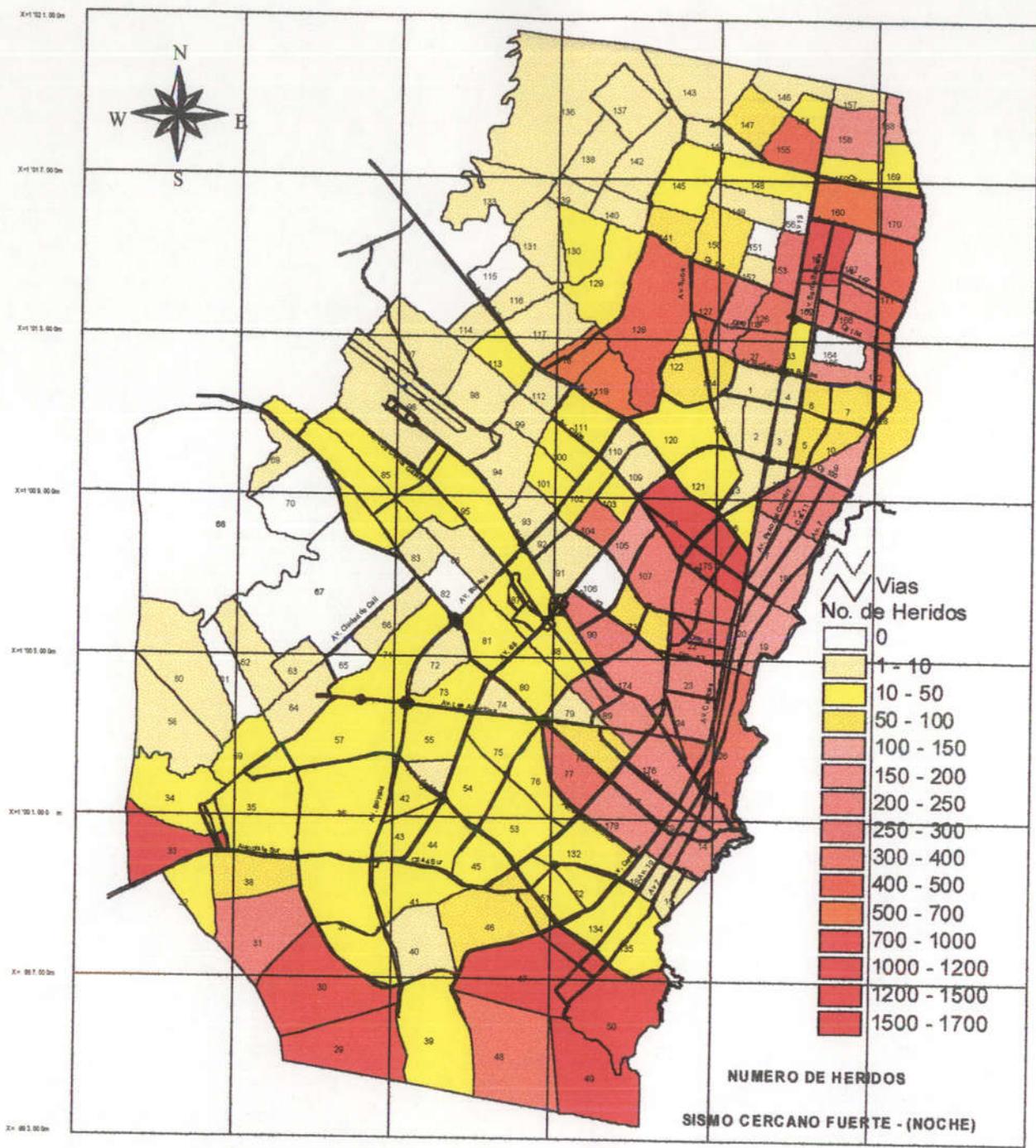
**Niveles de Heridos Sismo Cercano Fuerte (Día)**

Apéndice 2.1  
Figura 3

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Niveles de Heridos Sismo Cercano Fuerte (Noche)**

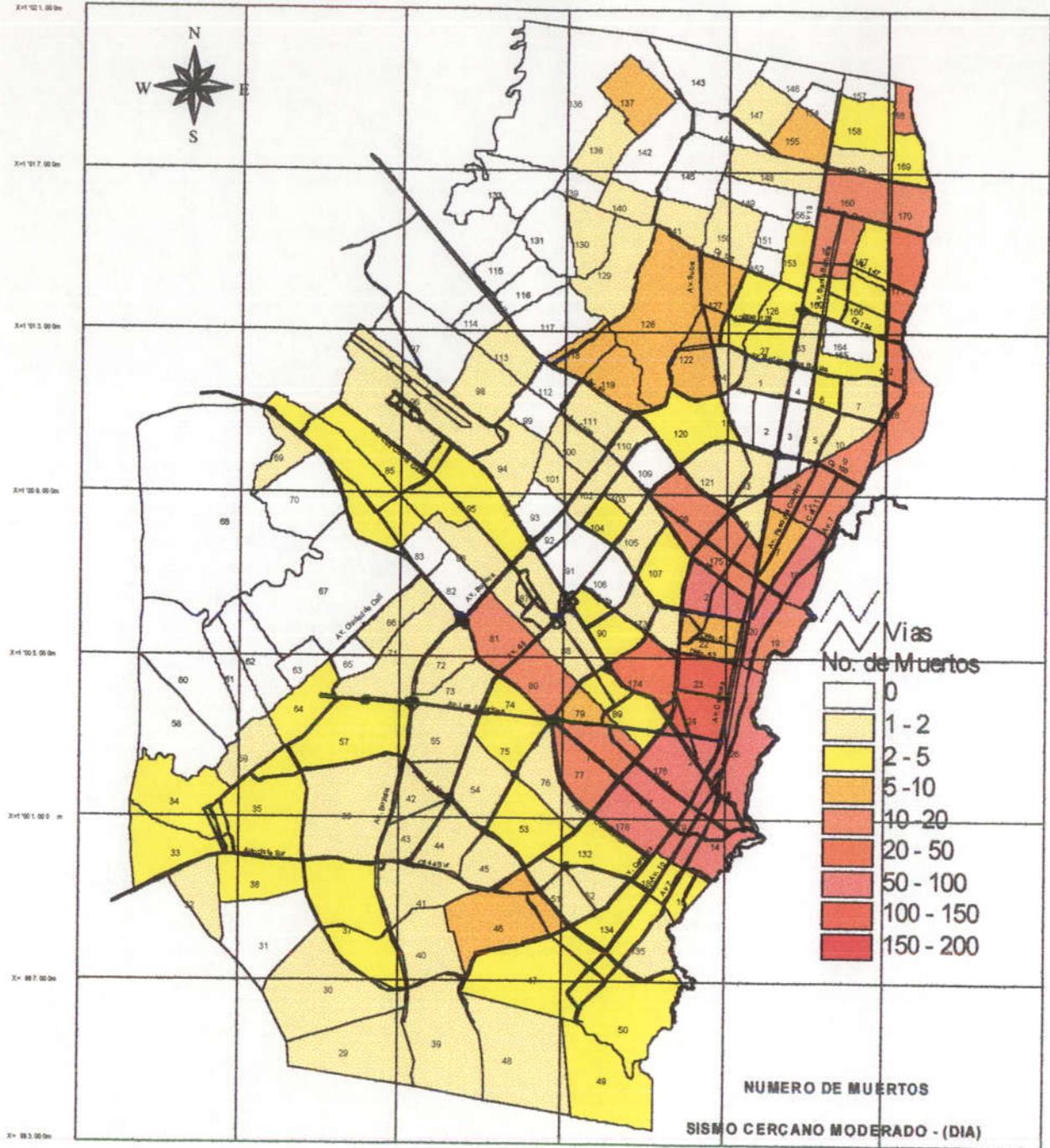
Apéndice 2.1

Figura 4

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Niveles de Muertos Sismo Cercano Moderado (Día)**

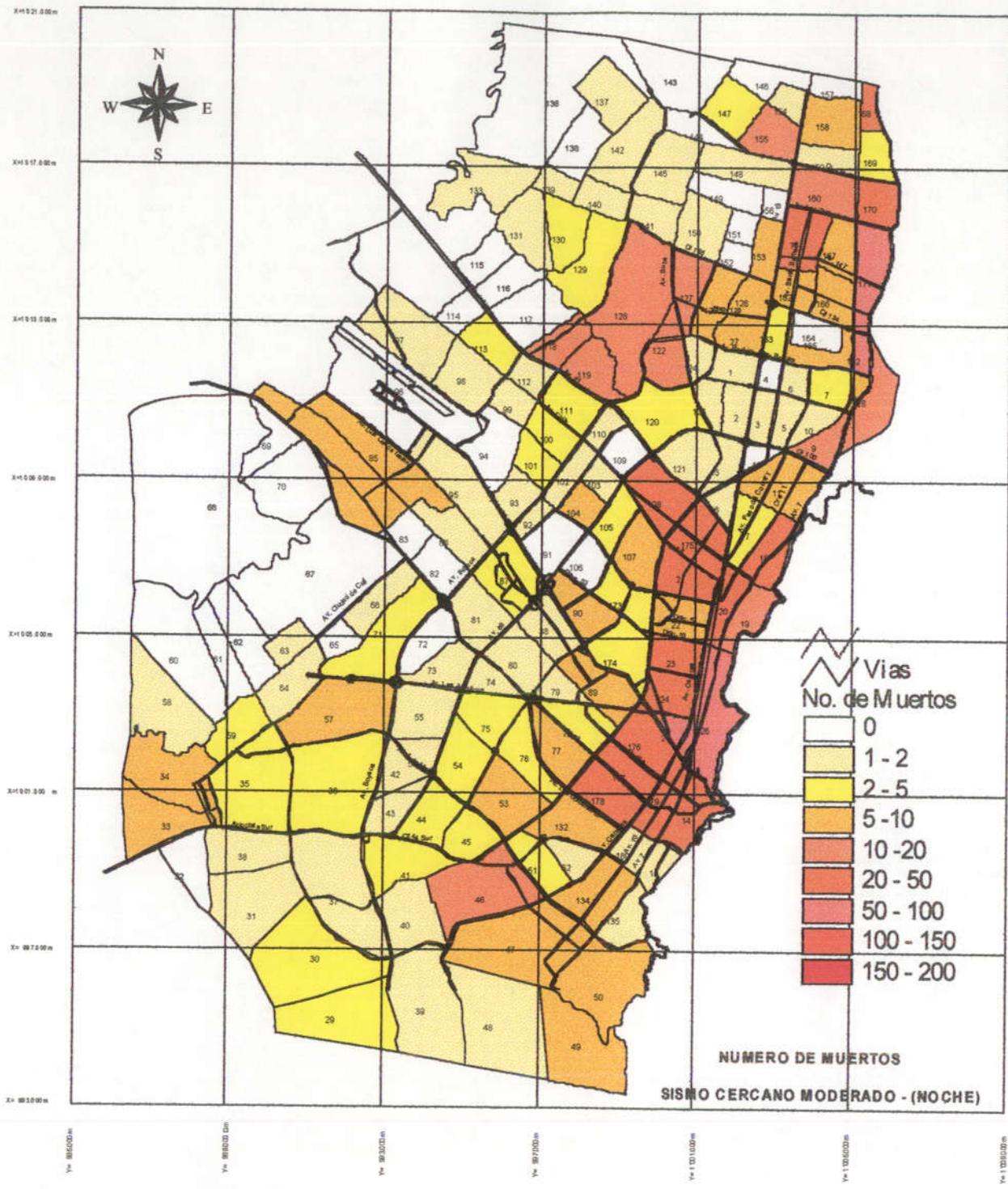
Apéndice 2.1

Figura 5

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

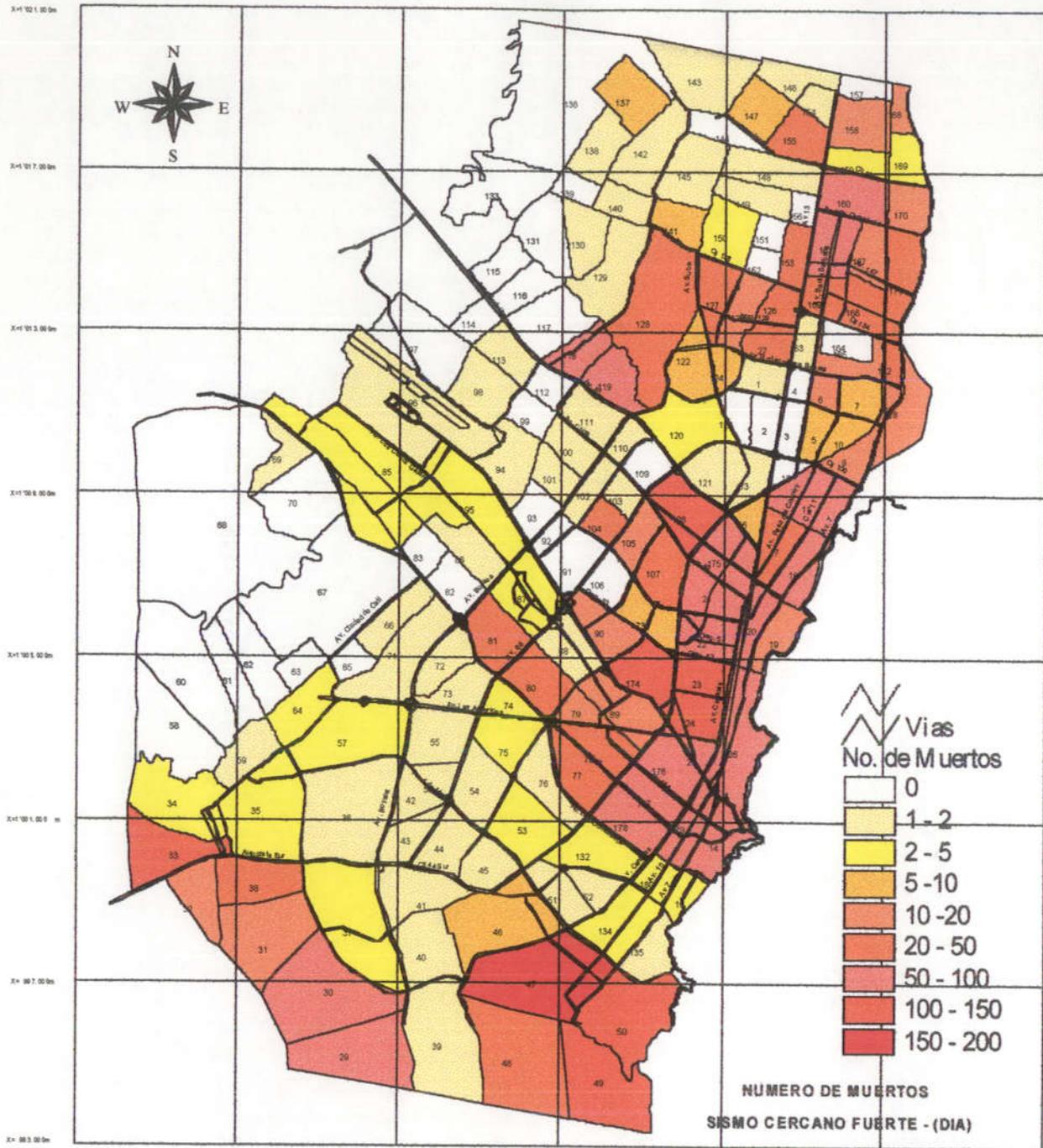
**Niveles de Muertos Sismo Cercano Moderado (Noche)**

Apéndice 2.1  
Figura 6

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Niveles de Muertos Sismo Cercano Fuerte (Día)**

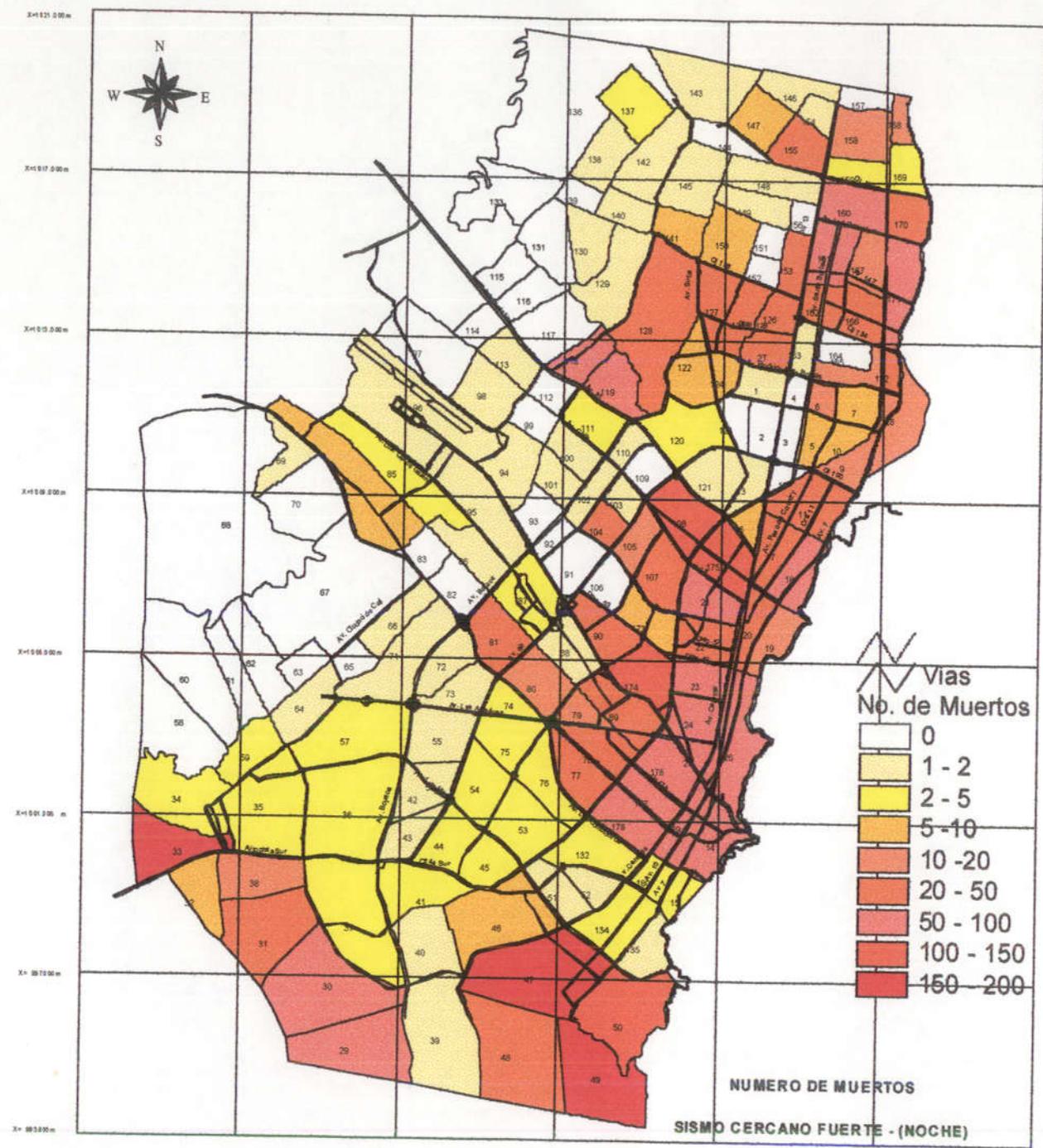
Apéndice 2.1

Figura 7

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



**Vias**  
**No. de Muertos**

0
1 - 2
2 - 5
5 - 10
10 - 20
20 - 50
50 - 100
100 - 150
150 - 200

**NUMERO DE MUERTOS**

**SISMO CERCANO FUERTE - (NOCHE)**

Y= 86500m  
Y= 87000m  
Y= 87500m  
Y= 88000m  
Y= 88500m  
Y= 89000m  
Y= 89500m  
Y= 90000m  
Y= 90500m  
Y= 91000m  
Y= 91500m  
Y= 92000m

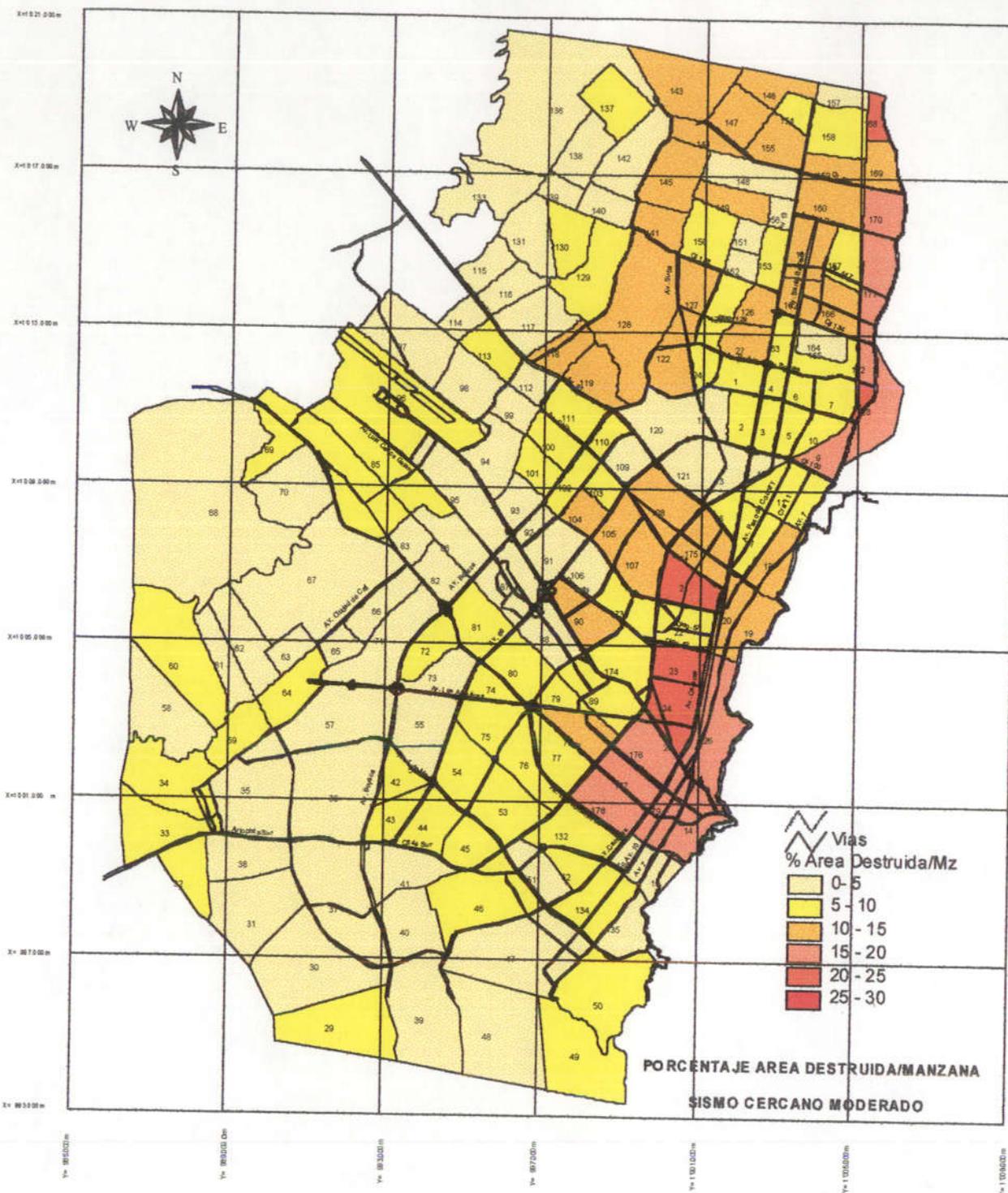


**Niveles de Muertos Sismo Cercano Fuerte (Noche)**

Apéndice 2.1  
Figura 8



Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

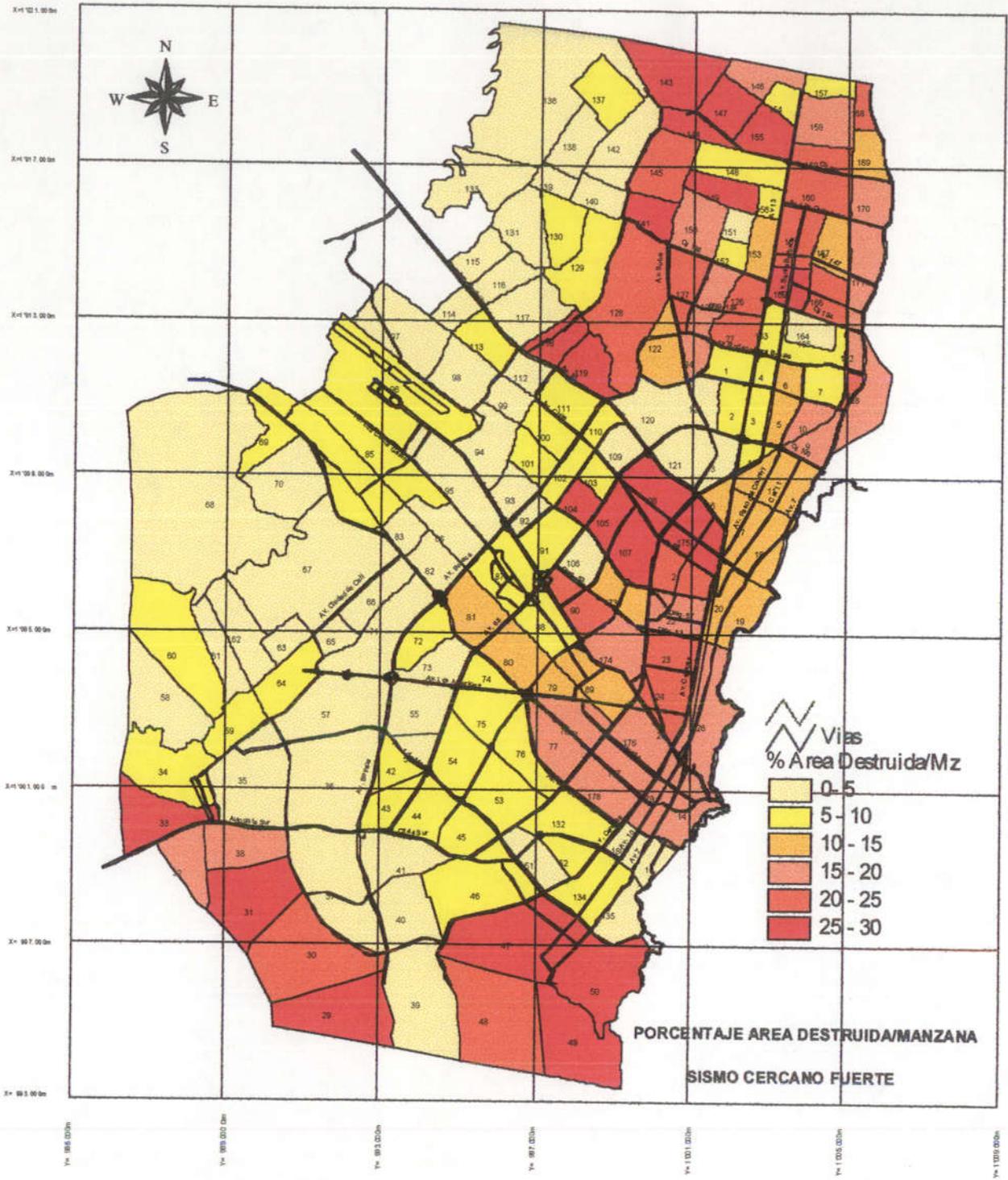
**Porcentaje Area Destruida/Manzana Sismo Cercano Moderado**

Apéndice 2.1  
Figura 9

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Porcentaje Area Destruida/Manzana Sismo Cercano Fuerte**

Apéndice 2.1

Figura 10

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

- Applied Technology Council, 1991. *Seismic Vulnerability and Impact of Disruption of Lifelines in the Conterminous United States*, ATC-25, (FEMA), Redwood City, CA.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 1996. Universidad de los Andes, Ingeominas, *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia*, Bogotá.
- Cardona O.D., 1991. Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centros Urbanos, *VII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo-Resistente - IX Jornadas Estructurales*, SCI/AIS/MOPT, Bogotá Octubre 1991.
- Cardona O.D., Meyer H., 1991. Integrated Urban Seismic Risk Mitigation Project - Its Coordination and Management in Cali, Colombia, *Fourth International Conference on Seismic Zonation*, EERI, San Francisco, August 1991.
- Cardona O.D., Enfoque Metodológico para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico, *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS*, Boletín No. 33, Diciembre 1986; *II Conferencia Riesgos Geológicos del Valle de Aburrá*, Medellín Agosto, 1988, *II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano*, Vol.1, EAFIT, Pereira, Julio 1992.
- Cardona O.D., 1993. Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Líneas Vitales, Seminario Internacional *Prevención y Reducción de Riesgos en Sistemas de Acueducto y Alcantarillado*, Cali, Colombia, 1993.
- Cardona O.D. 1996. *Estudio de Vulnerabilidad y Rehabilitación Sísmica del Hospital Kennedy*, DNPAD, MINSALUD, FNC, OPS,ECHO-3, Bogotá,1996
- Cardona O.D., Yamín L.E., 1997. *Seismic Microzonation and Estimation of Earthquake Loss Scenarios: Integrated Risk Mitigation Project of Bogotá, Colombia.*, EERI Earthquake Spectra, Vol 13, N.4, November 1997, Oakland, California.
- Horney T. 1994. *Bogotá desde el Aire*, Villegas Editores, Bogotá, 1994.
- INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. *Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá*, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.
- Milutinovic, Z., Petrovski J., 1985. *Earthquake Damage Prediction - Modeling and Assessment*, IZIIS, Skopje, April 1985.
- Ordaz, M. et al., 1994. Bases de Datos para la Estimación de Riesgo Sísmico en la Ciudad de México, *Cuadernos de Investigación No. 1*, CENAPRED, México D.F., Marzo, 1994.
- Petrovski, J., Milutinovi Z., 1990. Modelo para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico, *Seminario Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades*, Bogotá, 1990.
- Sauter, Shah, 78a 78b pág. 322, ATC-13, 1978.

- Sarria, A. 1996., *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Subestaciones Circo, Noroeste, Salitre, Carrera 5A, Suba y Darío Valencia*. CIFI Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, Abril 1996.
- Scholl, R.E. et al., 1982. *Seismic Damage Assessment for High-Rise Buildings*, URS/Blume Engineers Report URS/JAB 8020, URS/John A. Blume & Associates, San Francisco, California, 300 pp.
- Spence R.J.S. 1990, *Seismic Risk Modelling - A review of Methods*, contribution to *Velso il New Planning*, University of Naples, Papers of Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge 1990.
- Steinbrugge, K.V. 1982. *Earthquakes, Volcanos and Tsunamis : An Anatomy of Hazard*, 1982.
- Trifunac, M.D. and Brady, A.G., 1975. On the Correlation of Seismic Intensity Scales with the Peaks of Recorded Strong Ground Motion, *Bull. Seism. Soc Am.* 65, :1, 1975
- Whitman R., Reed J.W., and Hong, S.T. 1973. Earthquake Damage Probability Matrices, *Proceedings of the Fifth World Conference on Earthquake Engineering*. El Cerrito, Calif. : EERI, 1973.
- Yamín, L.E., Ojeda, A., 1995. Evaluación de los Efectos de Sitio en Bogotá: Períodos Dominantes y Amplificaciones Relativas a partir de Registros Sísmicos y Microtrepidaciones, *Seminario sobre Microzonificación Sismogeotécnica y Vulnerabilidad de Ciudades*, Uniandes, y Jornadas Geotécnicas, SCI, Bogotá, 1995.

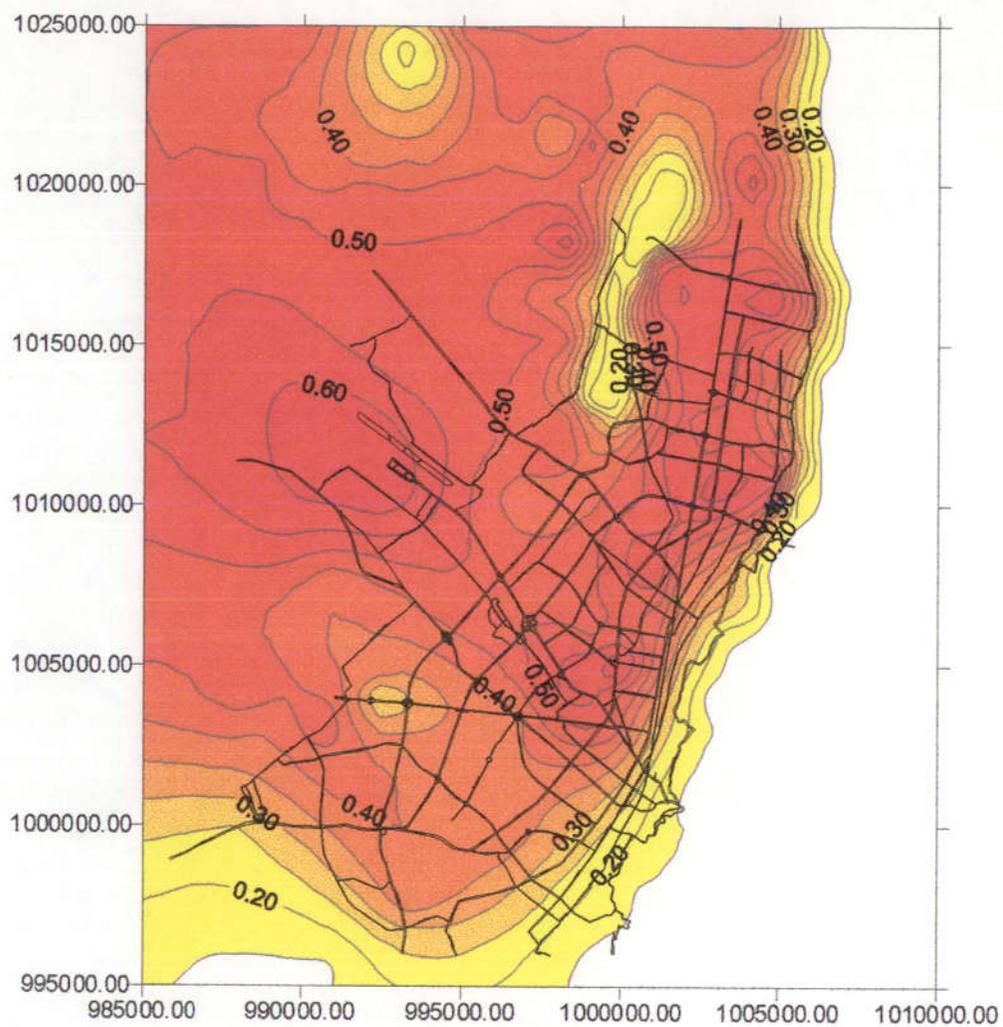


Figura 2.1 Mapa de periodos de vibración del suelo

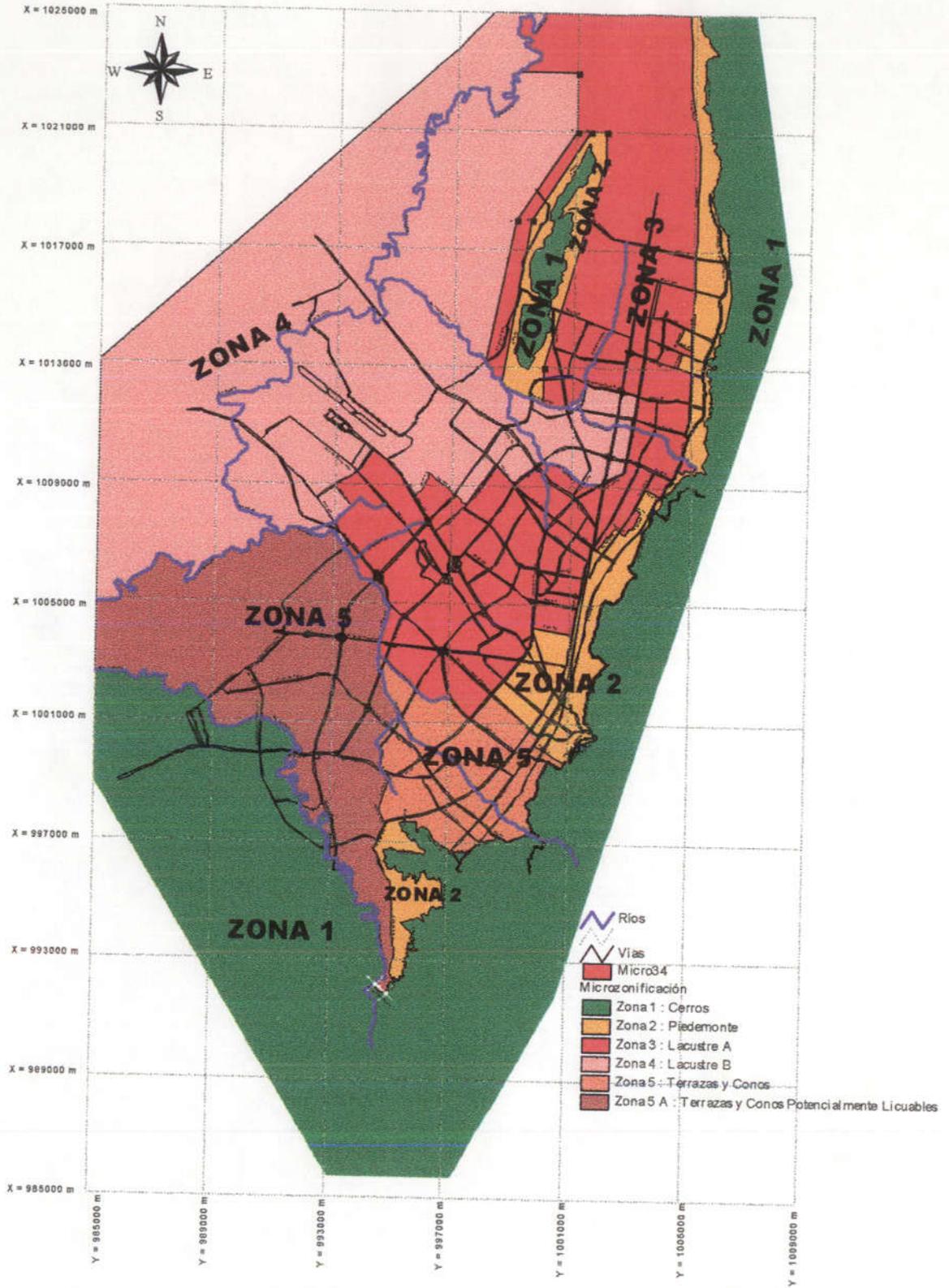
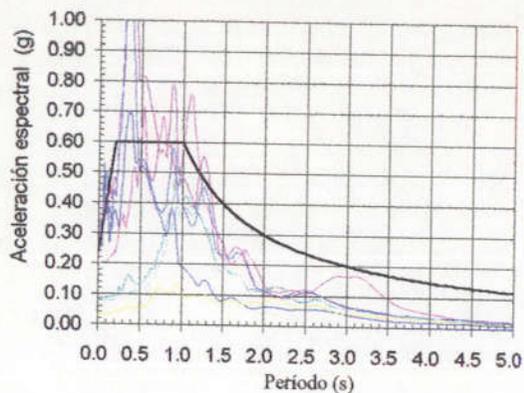
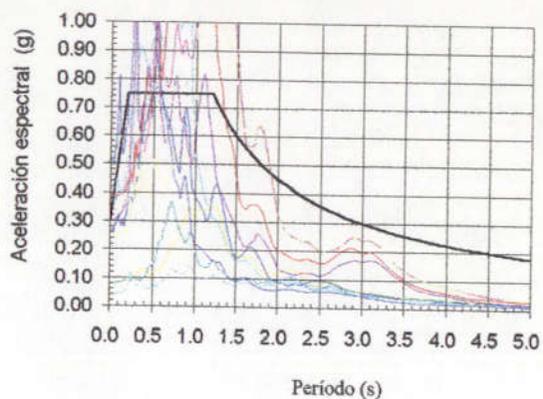


Figura A.1. Microzonificación Sísmica de Santa Fe de Bogotá

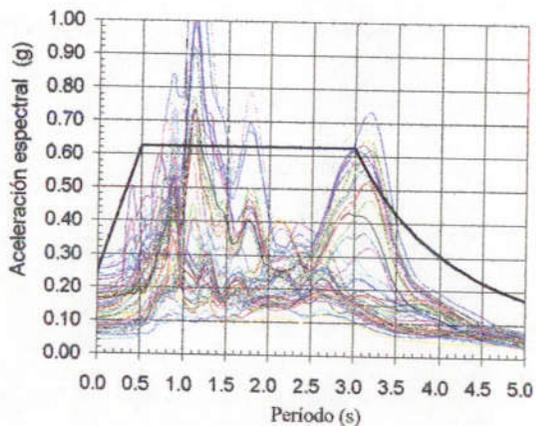
ESPECTRO DE DISEÑO Y RESPUESTA  
ZONA 1 - CERROS



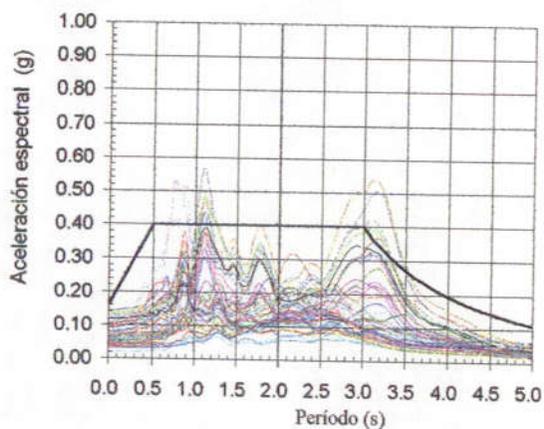
ESPECTRO DE DISEÑO Y RESPUESTA  
ZONA 2 - PIEDEMONTE



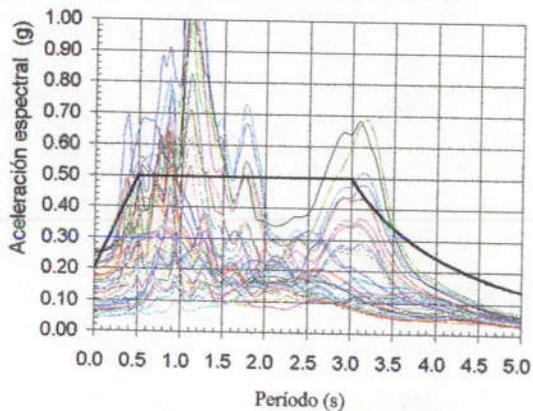
ESPECTRO DE DISEÑO Y RESPUESTA  
ZONA 3 - LACUSTRE A



ESPECTRO DE DISEÑO Y RESPUESTA  
ZONA 4 - LACUSTRE B



ESPECTRO DE DISEÑO Y RESPUESTA  
ZONA 5 - TERRAZAS Y CONOS



ESPECTROS DE DISEÑO  
ZONA 1, 2, 3, 4 Y 5

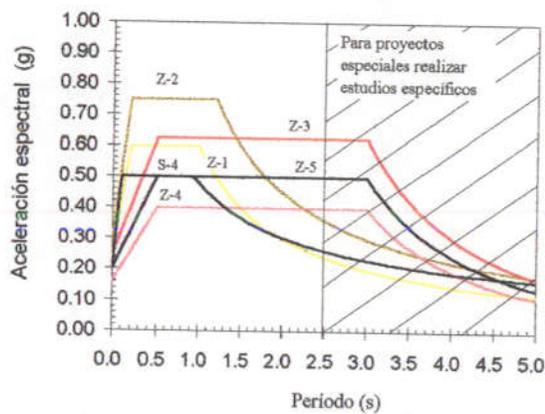


Figura A.2. Espectros de diseño

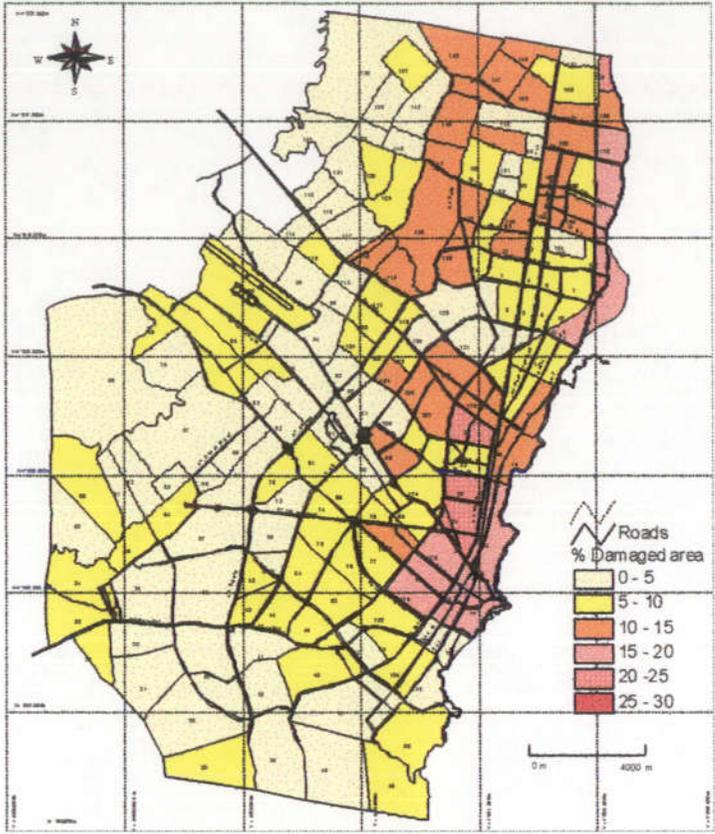


Figura A.3 . Porcentaje de Area destruida para el sismo cercano moderado

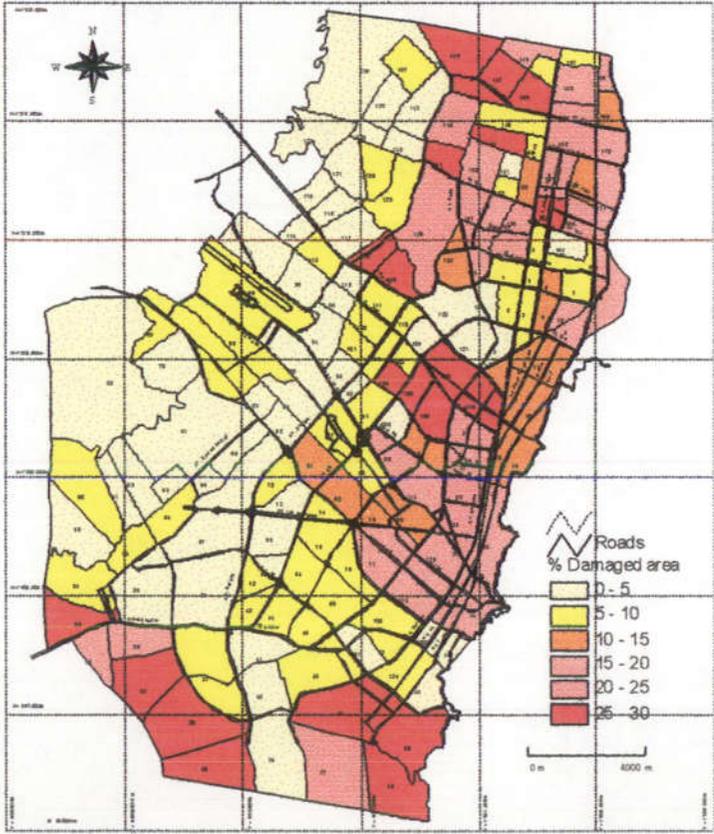


Figura A.4. Porcentaje de área destruida para el sismo cercano fuerte

# ***APENDICE 2.2***

## **BASES DE DATOS**

**HOSPITALES, BOMBEROS,  
DEFENSA CIVIL, POLICIA**

Instituciones prestadoras de servicios de salud.Nombre	Direccion	Nivel	Camas disponibles
CLINICA ASSISTIR	DIAG 40 CRA 60 CAN	3	156
CLINICA BOGOTA S.A.	CRA 17 # 12-65	3	106
CLINICA DE MARLY S.A.	CALLE 50 # 9-67	3	109
CLINICA DEL COUNTRY LTDA	CRA 15 # 84-13	3	160
CLINICA EL BOSQUE LTDA	CALLE 134 # 12-55	3	124
CLINICA EL ROSARIO	CRA. 41 # 62-5	3	180
CLINICA FEDERMAN	CALLE 58 A # 37-10	3	114
CLINICA FRAY BARTOLOME DE LAS CASAS	CALLE 104 # 47-51	3	212
CLINICA LA INMACULADA	CRA 7 # 68-70	3	95
CLINICA PALERMO	AV 42 # 22-05	3	218
CLINICA SAN DIEGO	AV 33 # 14-37	3	50
CLINICA SAN PEDRO CLAVER	CRA. 30 AVE DE LAS AMERICAS	3	750
CLINICA SANTO TOMAS S.A.	TRAV 5 # 51A 46	3	85
FUNDACION INSTITUTO NEUROLOGICO DE COLOMBIA	TRAV 4 # 42-00	3	98
HOSPITAL DE OCCIDENTE KENNEDY	AV PRIMERO DE MAYO # 75A-19	3	257
HOSPITAL DE SAN JOSE	CALLE 10 # 18-75	3	323
HOSPITAL EL TUNAL III NIVEL E.S.E.	TRAV. 22 # 47B-51 SUR	3	123
HOSPITAL MILITAR CENTRAL	TRAV. 5 # 49-00	3	574
HOSPITAL SANTA CLARA E.S.E.	CRA. 15 # 1-59 SUR	3	165
HOSPITAL SIMON BOLIVAR E.S.E.	CRA. 7 # 165-00	3	325
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA MISERICORDIA	AV CARACAS # 1-23	3	272
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LA SAMARITANA	CRA. 8 # 0-55 SUR	3	290
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE SAN IGNACIO	CRA 7 # 40-62	3	309
HOSPITAL UNIVERSITARIO LORENCITA VILLEGAS DE SANTOS	AV CALLE 68 CRA 40	3	340
HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JUAN DE DIOS	CRA 10 # 1-25 SUR	3	568
HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN RAFAEL	CRA 8 # 17-45 SUR	3	356
INSTITUTO MATERNO INFANTIL	CRA 10 # 1-66 SUR	3	319
INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGIA E.S.E.	CALLE 1 # 9-85	3	178
CLINICA DEL RESTREPO LTDA	CRA 18 # 16-39 SUR	2	10
CLINICA EL LAGO	CALLE 71 # 11-43	2	12
CLINICA EL NOGAL LTDA	CRA 14 # 76-36	2	11
CLINICA LA MERCED	CRA 26 A # 1B-15	2	14
CLINICA NORMANDIA LTDA	CRA 73 A # 53-04	2	11
CLINICA NORTE	CRA 22 # 139-55/91	2	25
CLINICA NUESTRA SEÑORA DEL PILAR LTDA.	AV CARACAS # 40-34	2	10
CLINICA SANTA GEMA	CALLE 16 # 16-80	2	25
CLINICA SANTA ROSA DE LIMA	CALLE 74 # 20-19	2	24
EUSALUD LTDA	DIAG 53 # 16-80	2	37
HOSPITAL DE BOSA	CALLE 12 # 13-68	2	75
HOSPITAL DE FONTIBON E.S.E.	CRA. 99 # 21-41	2	38
HOSPITAL DE MEISEN	CRA. 20 # 61-11 SUR	2	50
HOSPITAL EL CARMEN # 14	CALLE 48 B # 28-80 SUR	2	17
HOSPITAL EL GUAVIO II NIVEL E.S.E.	CALLE 6 # 5-07 ESTE	2	42
HOSPITAL LA GRANJA - E.S.E.	CRA. 83 # 78-53	2	36
HOSPITAL SAN BLAS E.S.E.	CRA. 3 ESTE # 16-72 SUR	2	183

Fuente : Secretaría Distrital de salud

	<b>Base de Datos para Hospitales</b>	<b>Apéndice 2.2</b>	
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	<b>Tabla 1</b>	<b>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>CEDERI</b> <b>Centro de Estudios sobre</b> <b>Desastres y Riesgos Naturales</b>	<b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un</b> <b>Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b>

Instituciones prestadoras de servicios de salud.Nombre	Direccion	Nivel	Camas disponibles
HOSPITAL TRINIDAD GALAN	CRA. 60 # 4-12	2	19
HOSPITAL VECINAL DE SUBA SAN PEDRO CLAVER	CALLE 140 # 93-55	2	33
HOSPITAL Y CAMI DE CHAPINERO	CALLE 66 # 15-41	2	13
INSTITUTO MEDICO DE ESPECIALISTAS - CLIN. DE ESP. CENTRO ODONTOLÓGICO	AV CARACAS # 29-61	2	12
SOCIEDAD MEDICA TEUSAQUILLO LTDA - CLINICA TEUSAQUILLO	CALLE 33 A # 13-30	2	18
CENTRO DE ATENCION MEDICA INMEDIATA CAMI PERSEVERANCIA	CRA. 5 # 33A-45	1	26
CENTRO DE ATENCION MEDICA INMEDIATA CAMI SANTA LIBRADA	CALLE 86 A SUR # 39A-35 ESTE	1	11
CENTRO DE ATENCION MEDICA INMEDIATA CAMI TUNJUELITO	AV CARACAS # 51-21 SUR	1	25
CENTRO DE ATENCION MEDICA INMEDIATA CAMI USME	CALLE 1 # 10-35 USME	1	20
HOSPITAL DE NAZARETH PRIMER NIVEL DE ATENCION	CORREGIMIENTO DE NAZARETH	1	8
HOSPITAL DE SUBA E.S.E.	CRA. 90 # 144-60	1	14
HOSPITAL PABLO VI PRIMER NIVEL DE ATENCION E.S.E.	TRAV. 4A # 3-92 BOSA	1	37
HOSPITAL SAN JORGE CAMI I	CALLE 45BIS # 13A-48 SUR	1	10
HOSPITAL SAN PABLO FONTIBON E.S.E.	CRA. 77 C # 42-36	1	18
CLINICA NUESTRA SEÑORA DE LA PAZ	AV CENTENARIO # 68F-25	2	300
HOSPITAL OLAYA E.S.E.	CRA. 21 # 29-51 SUR	1	22
FUNDACION CLINICA HOSPITAL JUAN N. CORPAS Y CENTROS ASISTENCIALES	AV CORPAS Km 3	3	93
INSTITUTO FRANKLIN DELANO ROOSEVELT	AV CIRCUNVALAR VENADO DE ORO	3	116
NUEVA CLINICA MAGDALENA	CALLE 39 # 14-34	3	80
HOSPITAL LA VICTORIA E.S.E.	DIAG. 39 SUR # 3-20 ESTE	3	185
CLINICA COLSANTAS S.A.	CRA 31 # 125A-23	3	146
CLINICA DE LA MUJER S.A.	CRA 21 # 91-17	3	31
CLINICA DE LA POLICIA	AVEL DORADO	3	361
CLINICA DE OCCIDENTE LTDA.	AV LAS AMERICAS # 71C-29	3	165
CLINICA DEL NIÑO JORGE BEJARANO	DIAG 40 # 48A-95	3	201
CLINICA FUNDADORES	CRA 39 # 25-15	3	91
CLINICA INFANTIL COLSUBSIDIO	CALLE 67 # 10-67	3	152
CLINICA PEDIATRICA LAURA ALEJANDRA	CALLE 35 A SUR # 80-24	3	98
CLINICA VASCULAR NAVARRA	AV 13 # 106-30 AUTOP.NTE	3	68
FUNDACION ABOOD SHAO	AV 54 # 104-50	3	269
FUNDACION CARDIO INFANTIL F DE CARDIOLOGIA	CALLE 163 A # 28-60	3	261
FUNDACION CLINICA DE MATERNIDAD DAVID RESTREPO	CRA 10 # 61-06	3	107
FUNDACION SANTA FE DE BOGOTA	CALLE 116 # 9-02	3	202
HOSPITAL CENTRAL DE LA POLICIA NACIONAL.	TRAV. 45 # 40-11	3	361
SOCIEDAD MEDICA INTERNACIONAL MONTERREY LIMITADA - CLINICA MONTERREY	CALLE 101 A # 53-79	3	46
SOCIEDAD MEDICA MAGDALENA	CALLE 39 # 14-34	3	80
CLINICA NUEVA	DIAG. 45 # 16B-23	3	107
CLINICA PARTENON LTDA	CALLE 74 # 76-65	3	98

Fuente : Secretaría Distrital de salud

 DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	<b>Base de Datos para Hospitales</b>	<b>Tabla 1</b> (Continuación)	 <b>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>CEDERI</b> Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales
	<b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b>		

### ESTACIONES DE BOMBEROS EN LA CIUDAD SANTAFÉ DE BOGOTÁ

ESTACIÓN	DIRECCIÓN
Bellavista	Dg 36 S Cr 10 E
Bosa	CI 13 15-13 Bosa
Candelaria	Dg 62 S 22 B-07
Caobos	CI 146 A 29-25
Central	CI 11 20 A 10
de Fontibón	CI 25 99-34
Garces Navas	Cr 110 75-10
Kennedy	Tr 82 A 41 DBis-10 S
Las Ferias	Cr 65 72-53
Marichuela	Cr 44 E CI 89 B S
Norte	Cr 9 61-77
Puente Aranda	CI 23 68 A-06
San José Bavaria	Dg 170 Cr 60
Suba	Cr 92 143-23
Sur	Cr 27 19 A-10 S

*Tomado de Departamento de Bomberos de Santa Fe de Bogotá*

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Base de Datos para Bomberos</b></p>	<p>Apéndice 2.2 Tabla 2</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			

ESTACIÓN	DIRECCIÓN
Primera Usaquen	Cl 165 19-85
Segunda Chapinero	Cr 1 57-00
Tercera Santa Fé	Cr 1 18A-02
Cuarta San cristobal	Cl 13 S 8-05 E
Quinta Usme	Av 1 96-97 S
Sexta Tunjuelito	Tr33 48C-21 S
Septima Bosa la Amistad	Cl 64 D 79-25 S
Octava Kennedy	Cl 41D S 81A-43
Novena Fontibón	Cr 98 18-90
Décima Engativá	Cr 78A 70-58
Décima Primera Suba	Cr 92 143-30
Décima Segunda Barrios Unidos	Cl 72 50-81
Décima Tercera Teusaquillo	Cr 13 39-86
Décima Cuarta Las Mártires	Cr 24 12-50
Décima Quinta Antonio Nariño	Cl 19 S 20-84
Décima sexta Puente Aranda	Dg2C 25A-27
Décima Septima La Candelaria	Cr 7 4-12
Décima Octava Rafael Uribe Uribe	Cl 27 24C-51 S
Décima Novena Ciudad Bolivar	Cl 62 S 18A-25
Vigésima Chicó	Cl 94 20-24
Vigésima Primera Aeropuerto	Av el Dorado 93-30
Vigésima segunda Terminal de Transport	Tr 66 35-11
Vigésima Tercera Perseverancia	Cr 5 29-46
Vigésima Cuarta La Estanzuela	Av Caracas 6-51
Vigésima Quinta Modelia	Cr 78A 42-75
Vigésima Sexta Carabineros	Parque Nacional Cl 36
Vigésima Septima Vigilancia Judicial	Cl 29 18-45
Policía de Turismo	Cr 10 26-71

*Tomado de Policía Nacional*

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Base de Datos para Estaciones de Policía</b></p> <p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>	<p>Apéndice 2.2 Tabla 3</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
---	---	---------------------------------	--

### INSTALACIONES DEFENSA CIVIL EN LA CIUDAD SANTA FE DE BOGOTA

INSTALACION	DIRECCION
Barrio Clarita	Cl 71 81-56
Barrio El Carmen	Dg 49A S 32-05
Barrio La Carolina	Dg 128C 21-43
Barrio Las Granjas	Cr 69 22-05
Barrio Quinta Paredes	Cr 44A 22C-33
Barrio Ricaurte	Cr 28 10-40
Barrio Santa Margarita	Cl 104 30-69
Barrio Lisboa	Cr 17 135-50
Centro Comercial Paloquemao	Dg 17 23-26
Defensa Civil Colombiana	Cl 71A 72A-59
Defensa Civil Colombiana	Tr1C 1F-09
Defensa Civil (Seccional Bogotá)	Cr 27A 52-60
Defensa Civil de Cundinamarca	Cr 58 10-29
Defensa Civil del Chicó	Cl 94 20-32
Defensa Civil Magdala	Cl 155 Cr 40
Defensa Civil Pasadena	Cr 36 105-05

*Tomado de Defensa Civil Colombiana*

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.</p>	<p><b>Base de Datos para Defensa Civil</b></p> <p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>	<p>Apéndice 2.2 Tabla 4</p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
---	---	---------------------------------	--

#	LOCALIDAD	AREA	# ESTUDIANTES
		Km <sup>2</sup>	Est
1	SUBA	67	98850
2	USAQUEN	33	61500
3	ENGATIVA	35	103000
4	FONTIBON	40	32650
5	BARRIOS UNIDOS	12	31350
6	CHAPINERO	14	7250
7	CIUDAD KENNEDY	43	113550
8	TEUSAQUILLO	14	17800
9	BOSA	14	58500
10	PUENTE ARANDA	17	39050
11	SANTA FE	10	23600
12	LOS MARTIRES	7	23600
13	LA CANDELARIA	2	14300
14	ANTONIO NARINO	5	25150
15	CIUDAD BOLIVAR	40	76750
16	TUNJUELITO	11	51550
17	RAFAEL URIBE URIBE	12	68800
18	SAN CRISTOBAL	16	81700
19	USME	12	52250
20	SAN JUAN DE SUMAPAZ	1349	1700
	TOTALES	1754	981200

*Tomado del Directorio de Establecimientos Educativos, suministrado por la Secretaría de Educación de Santa Fe de Bogotá*



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

**Numero de Estudiantes por  
Localidad en Santa Fe de Bogotá**

Apéndice 2.2  
Tabla 5

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

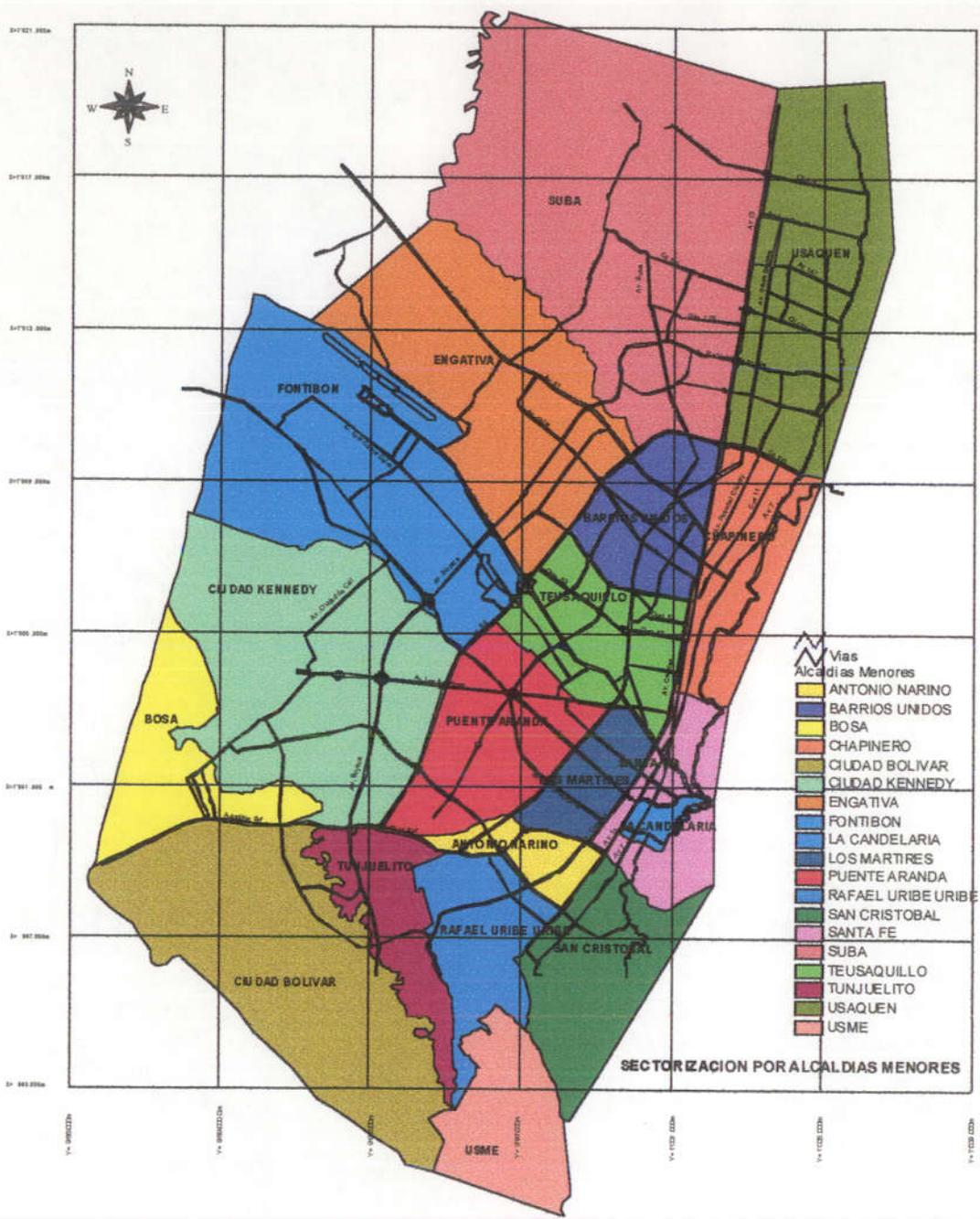


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

## *APENDICE 2.3*

# INFORMACION BASICA POR AREAS

*Referencia: INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.*



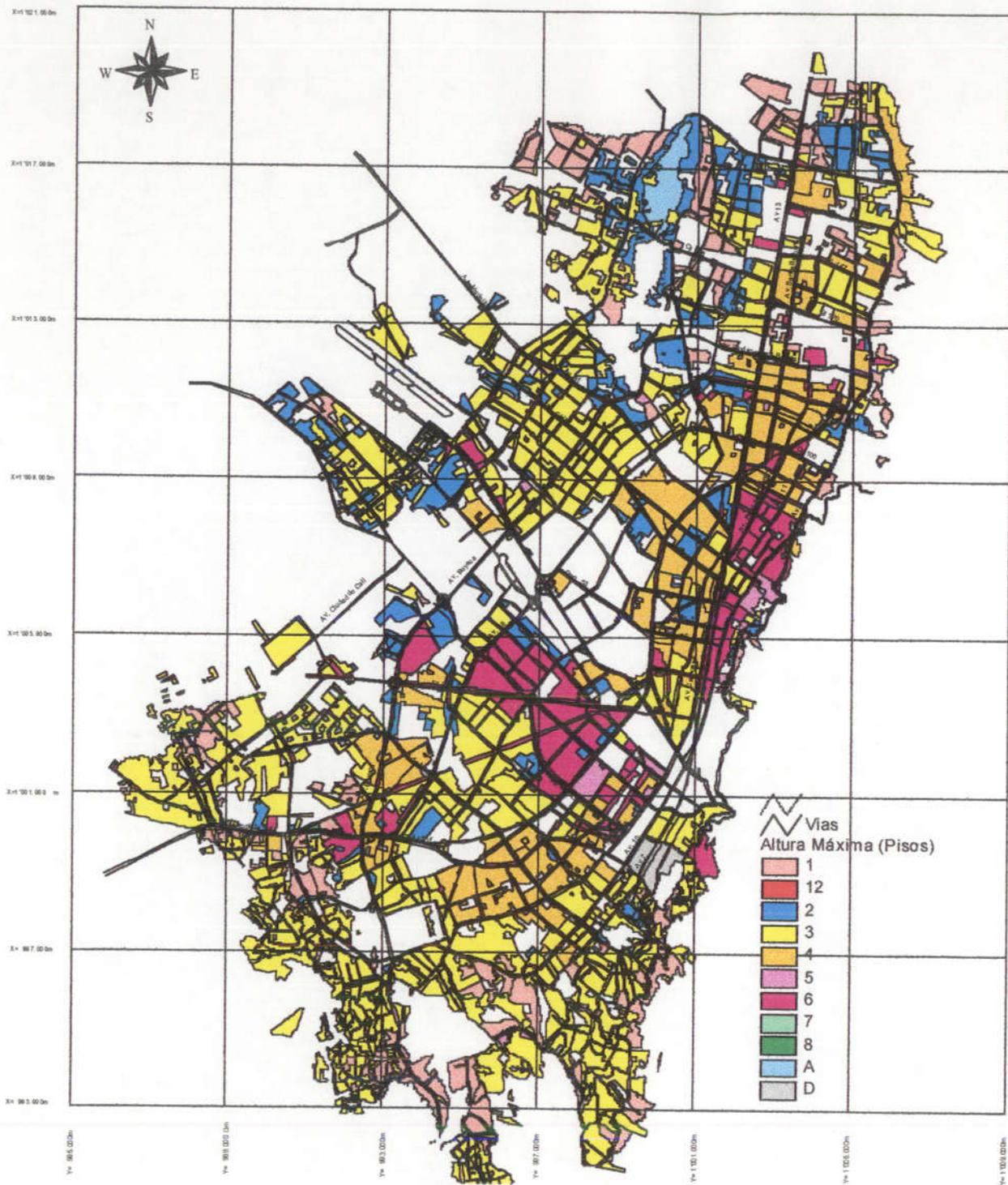
DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Localidades**

Apéndice 2.3  
Figura 1

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

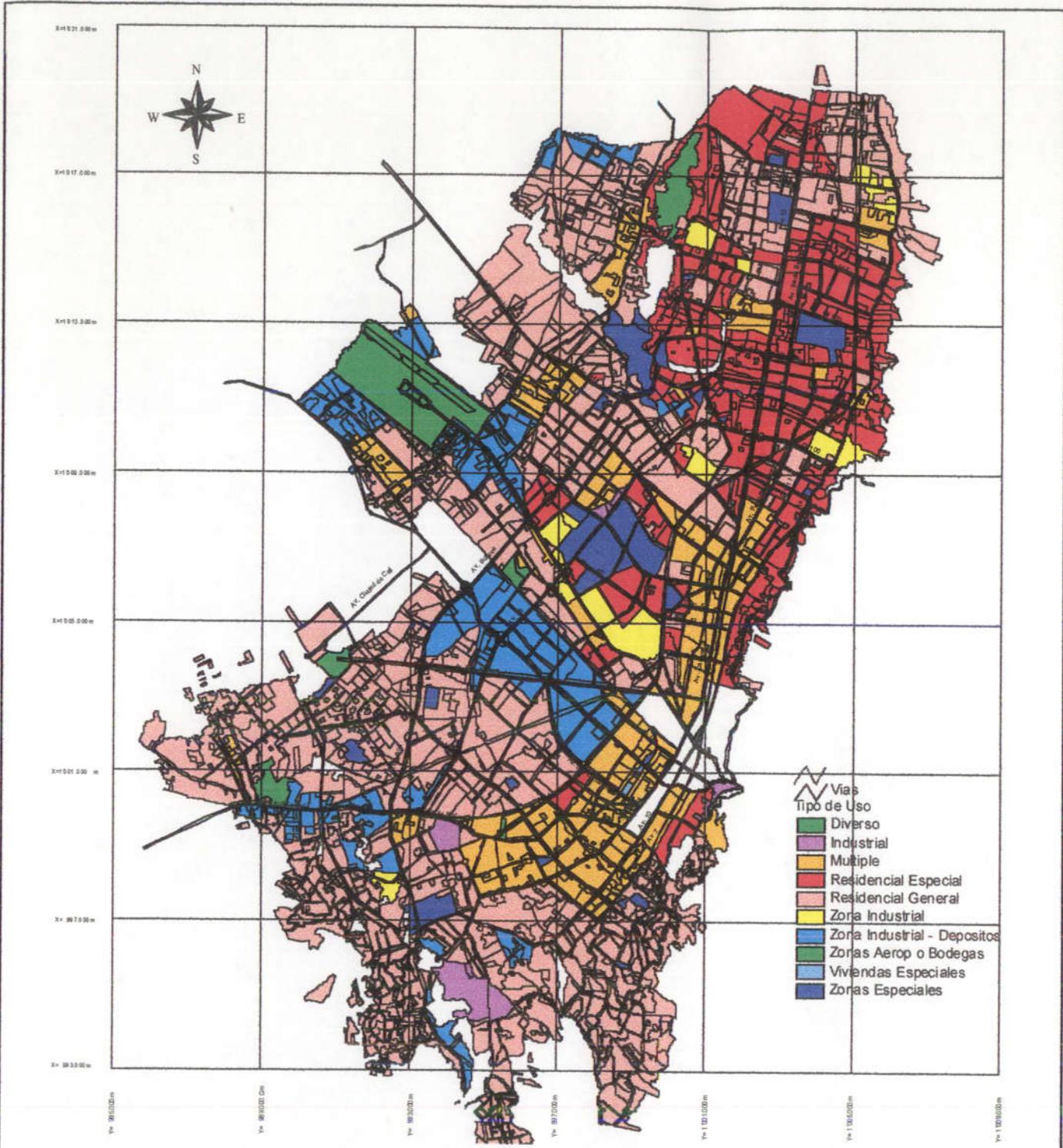
**Sectorización por Límites de Altura**

Apéndice 2.3  
Figura 2



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

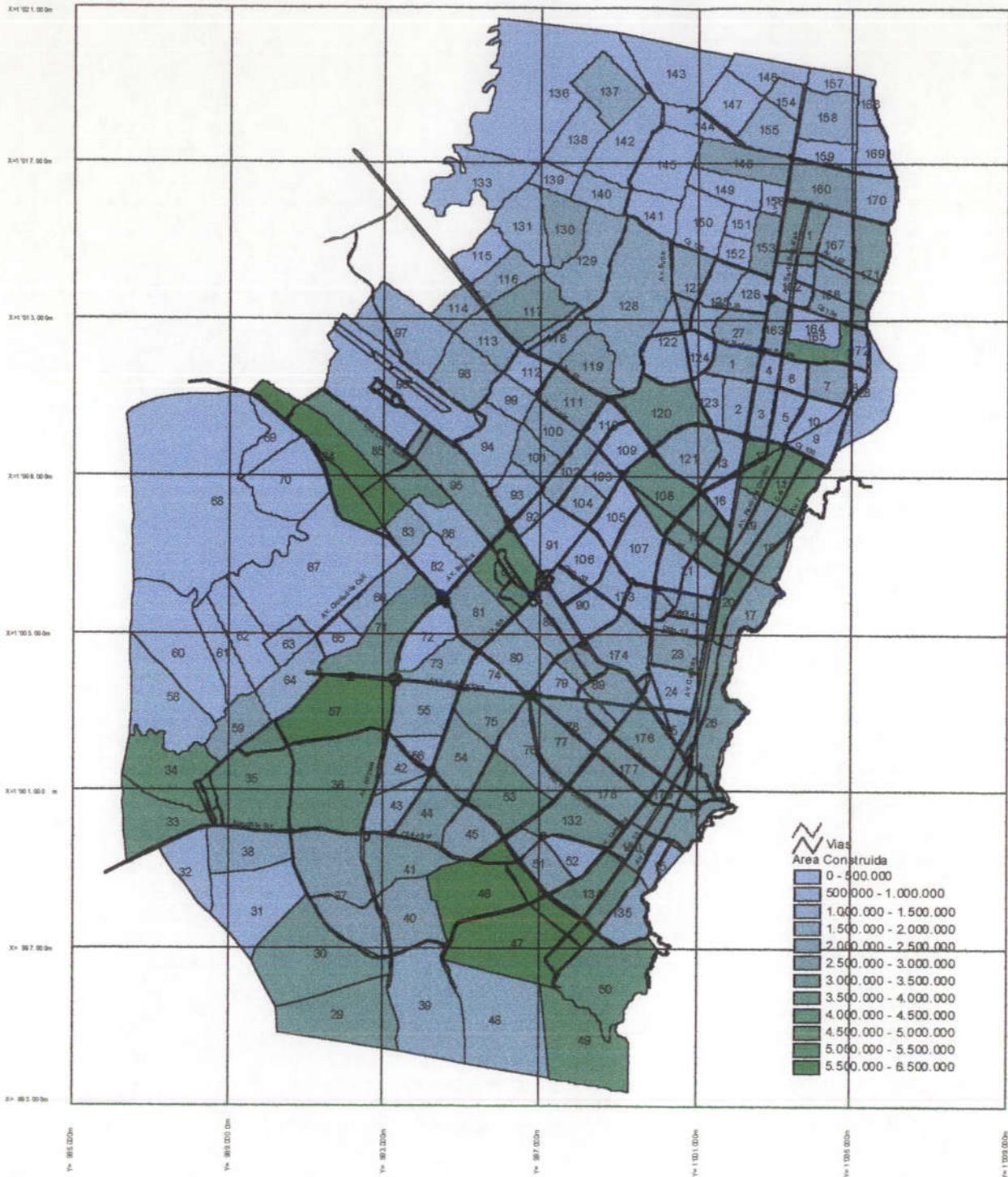
**Sectorización por Tipo de Uso**

Apéndice 2.3  
 Figura 3

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 CEDERI  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



Y= 985.000m



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

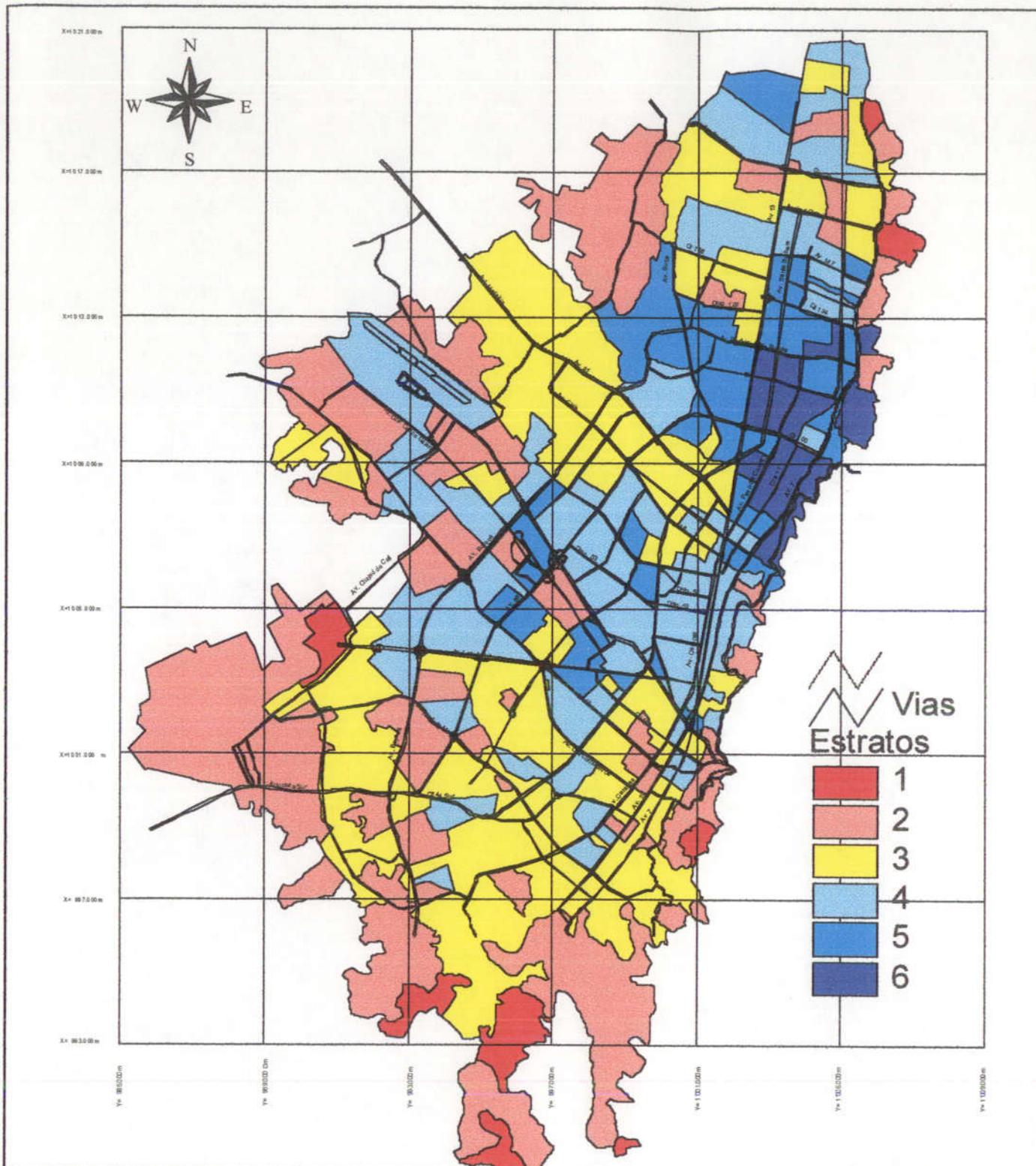
**Area Construida en m2 por celda**

Apéndice 2.3  
Figura 4

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

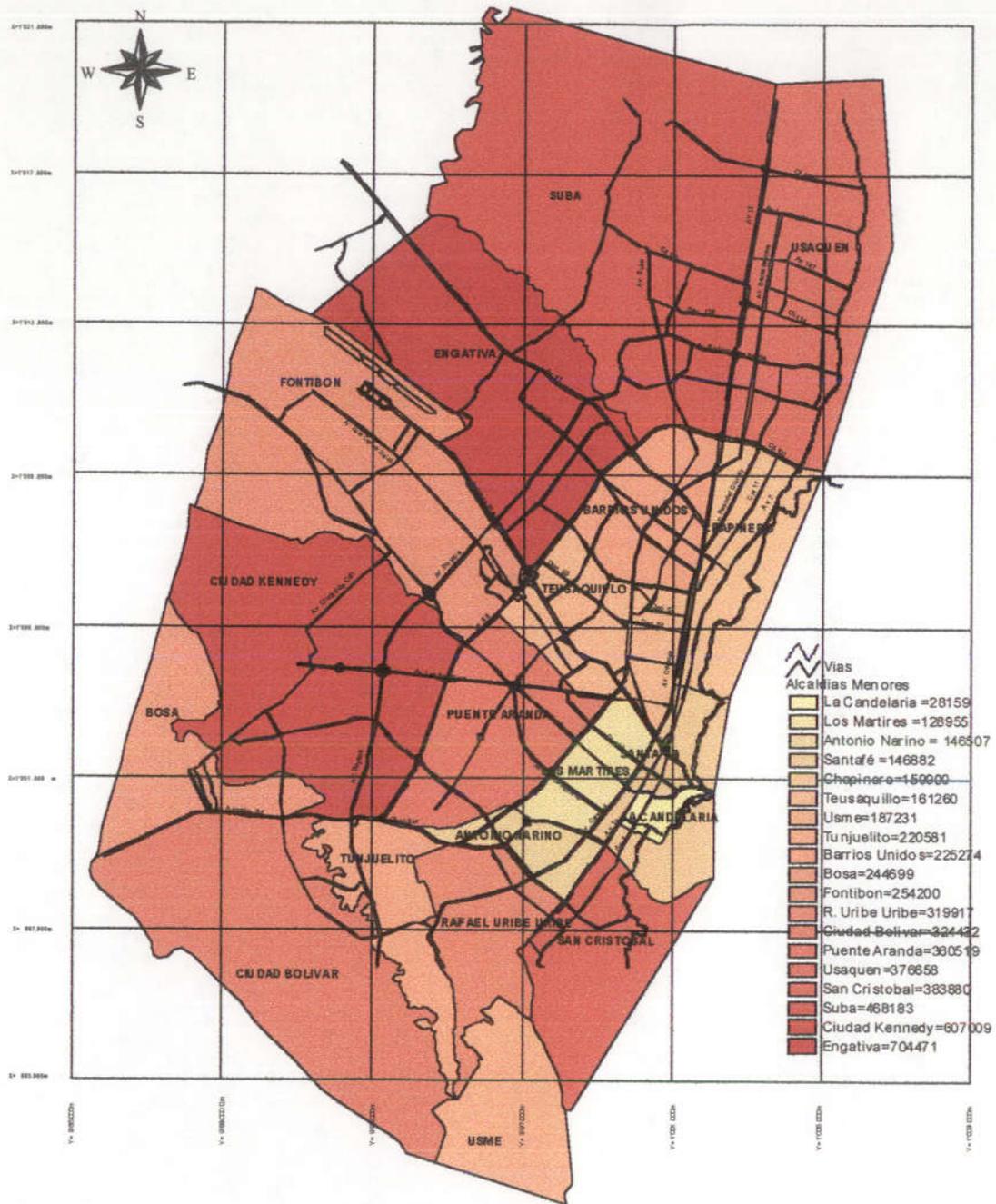


  
**DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS**  
 ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Estratos Socioeconómico**  
 Apéndice 2.3  
 Figura 5  
 Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

  
**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CEDERI**  
 Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales

(This section contains the same text as the block above, but it is partially obscured by the legend in the original image)



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Población por Localidades**

Apéndice 2.3  
Figura 6

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

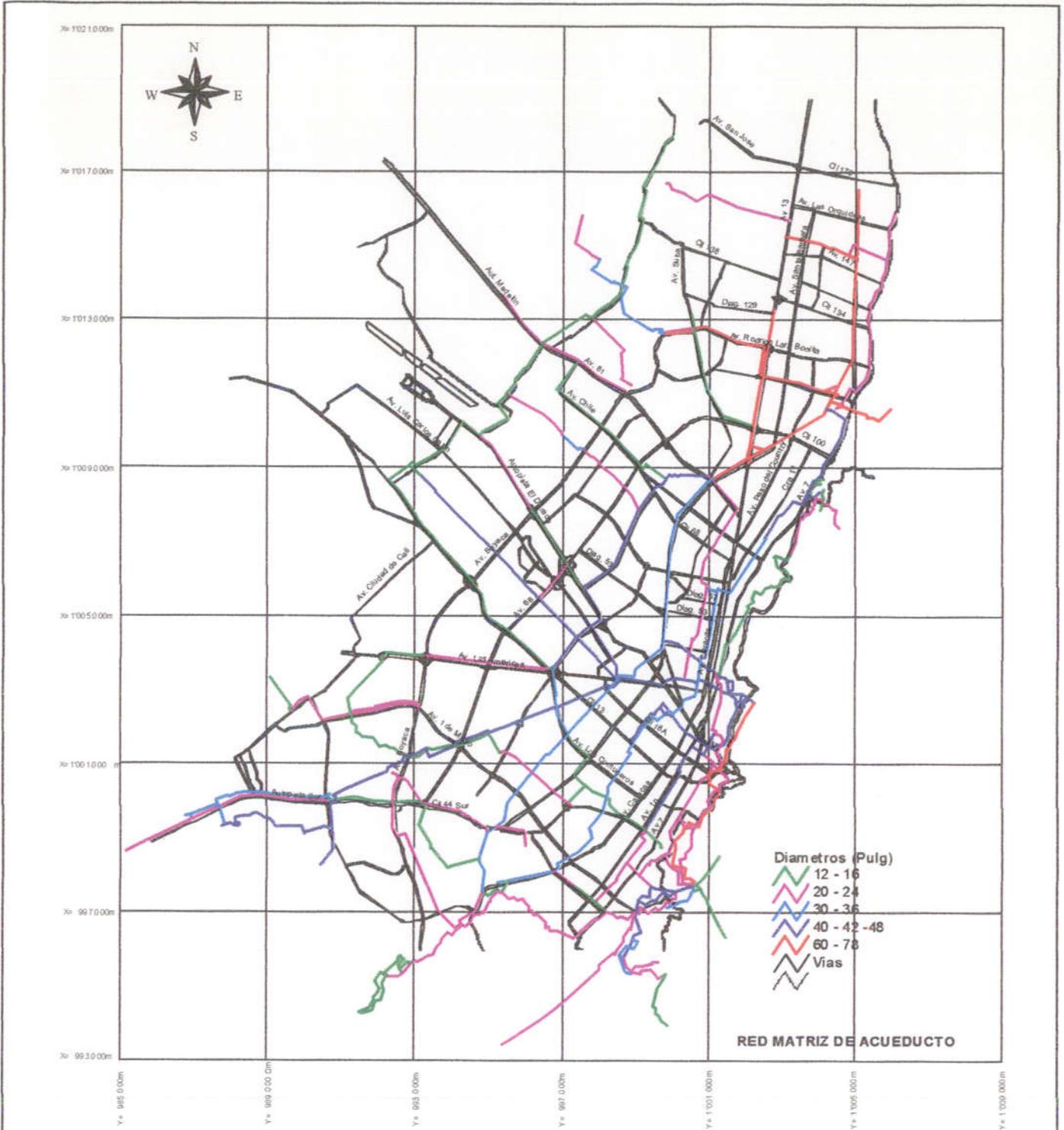


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

## ***APENDICE 2.4***

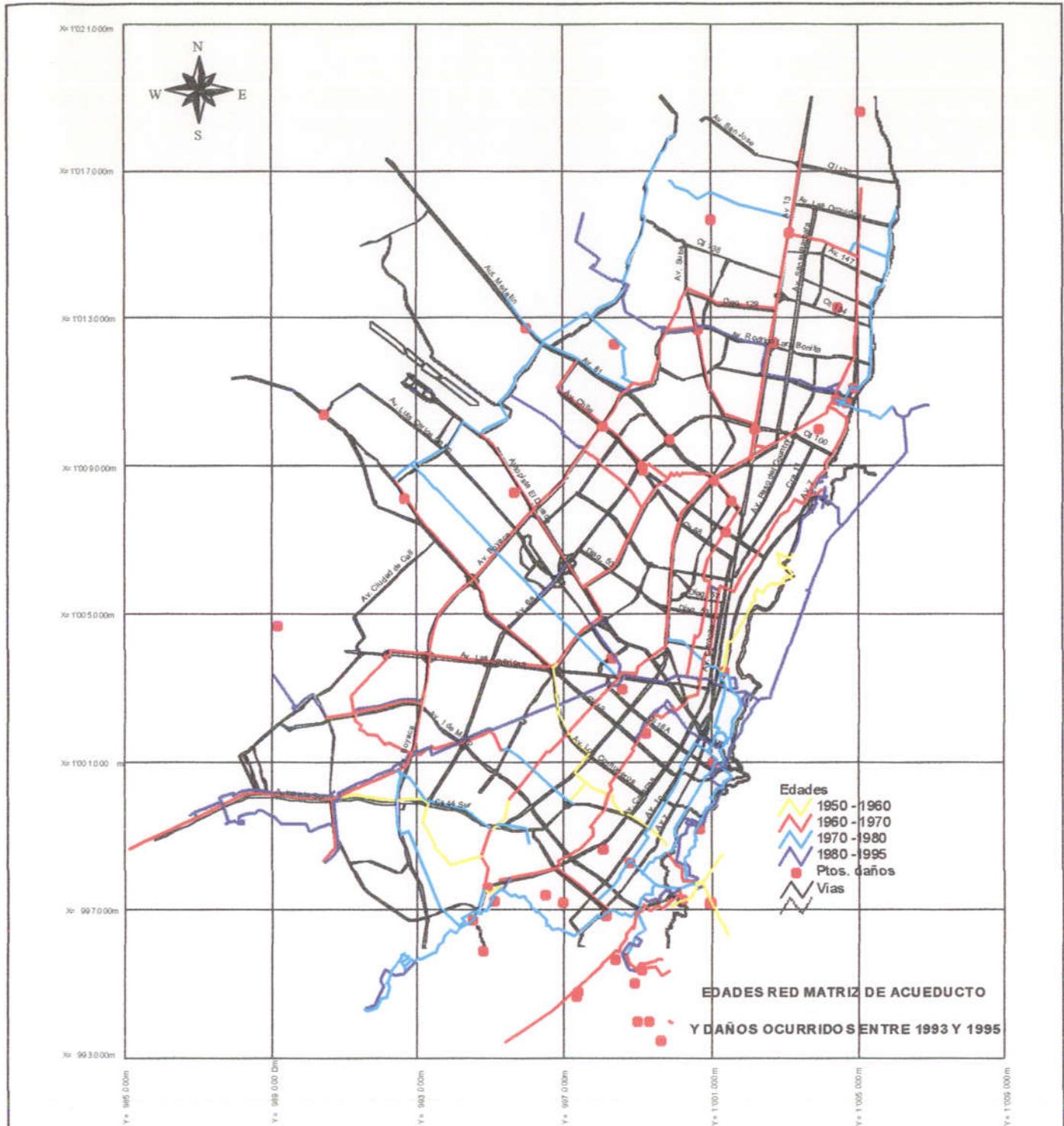
# **MAPAS ESTADISTICOS RELACIONADOS A LOS ESCENARIOS DE DAÑOS**

*Referencia: INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto  
Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y  
16, Bogotá, Noviembre 1996.*



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Red Matriz de Acueducto</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 1</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>			



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Edades Red Matriz de Acueducto</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4 Figura 2</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>			



TUBERIAS VULNERABLES DESDE EL PUNTO DE VISTA FUNCIONAL

Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

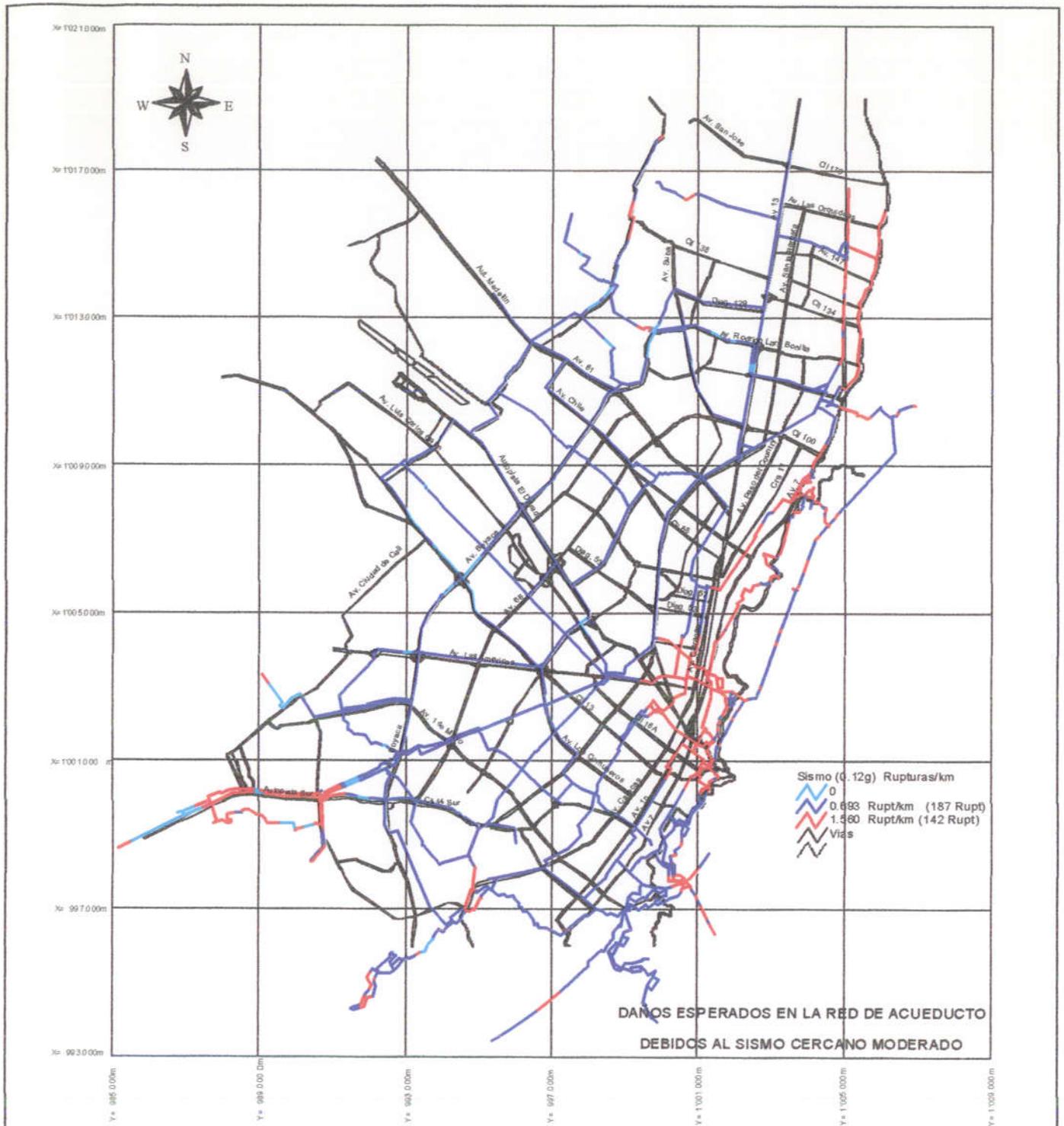
**Tuberías Vulnerables desde el punto de Vista Funcional**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**

**Apéndice 2.4**  
**Figura 3**

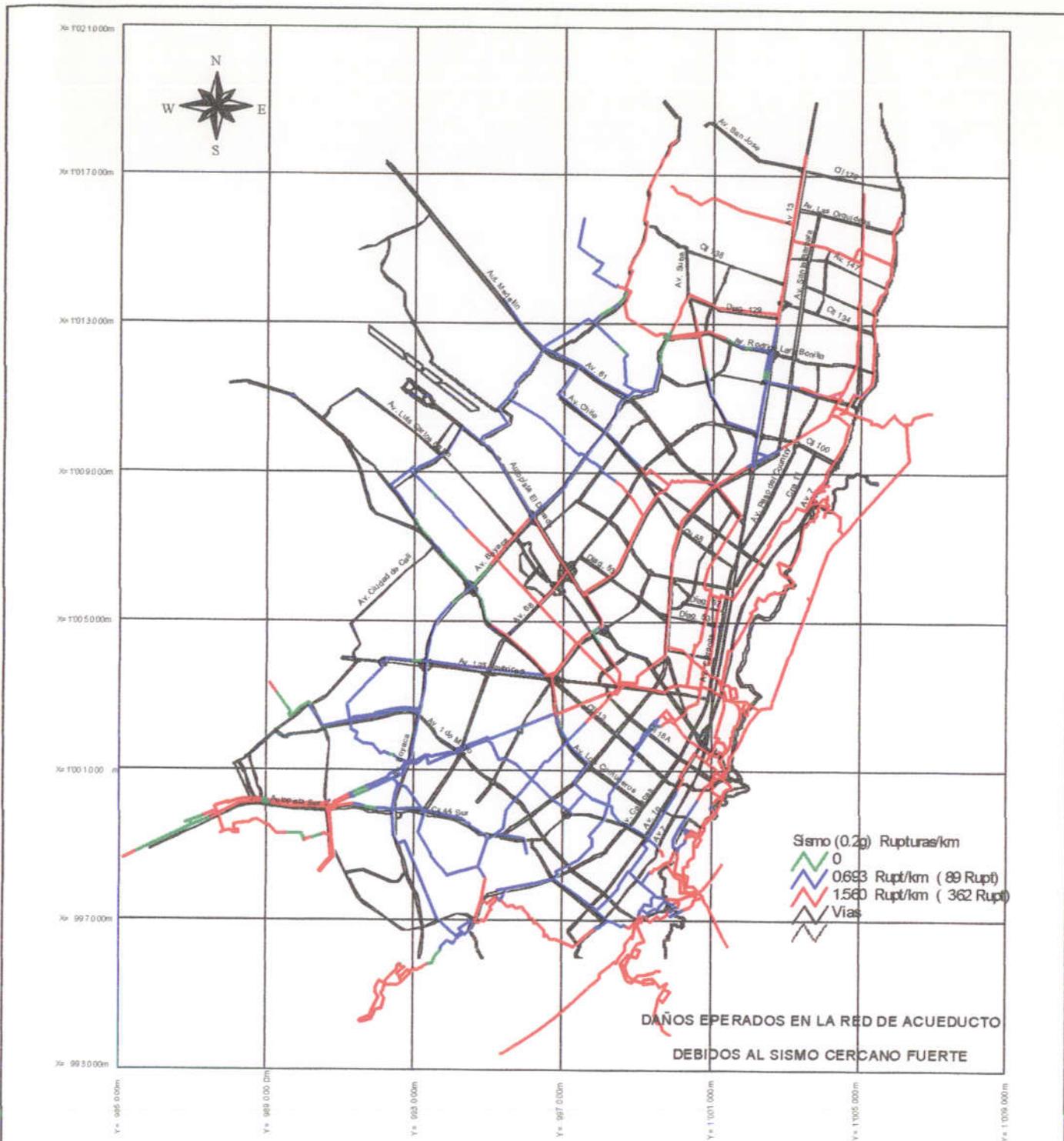


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



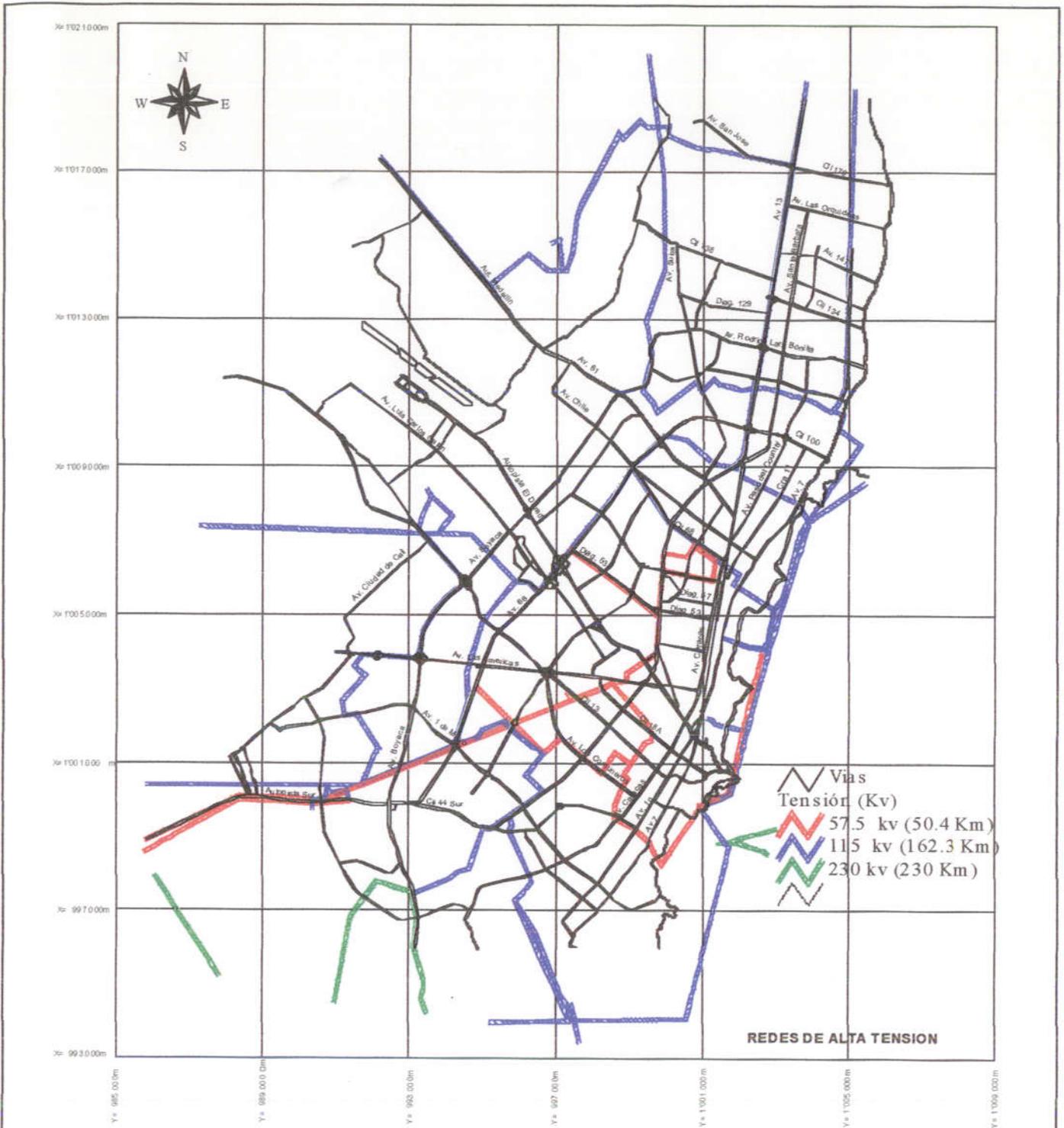
Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.	<b>Daños esperados en la Red de Acueducto- Sismo Moderado</b>	<b>Apéndice 2.4</b>  <b>Figura 4</b>	 UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales
<b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b>			



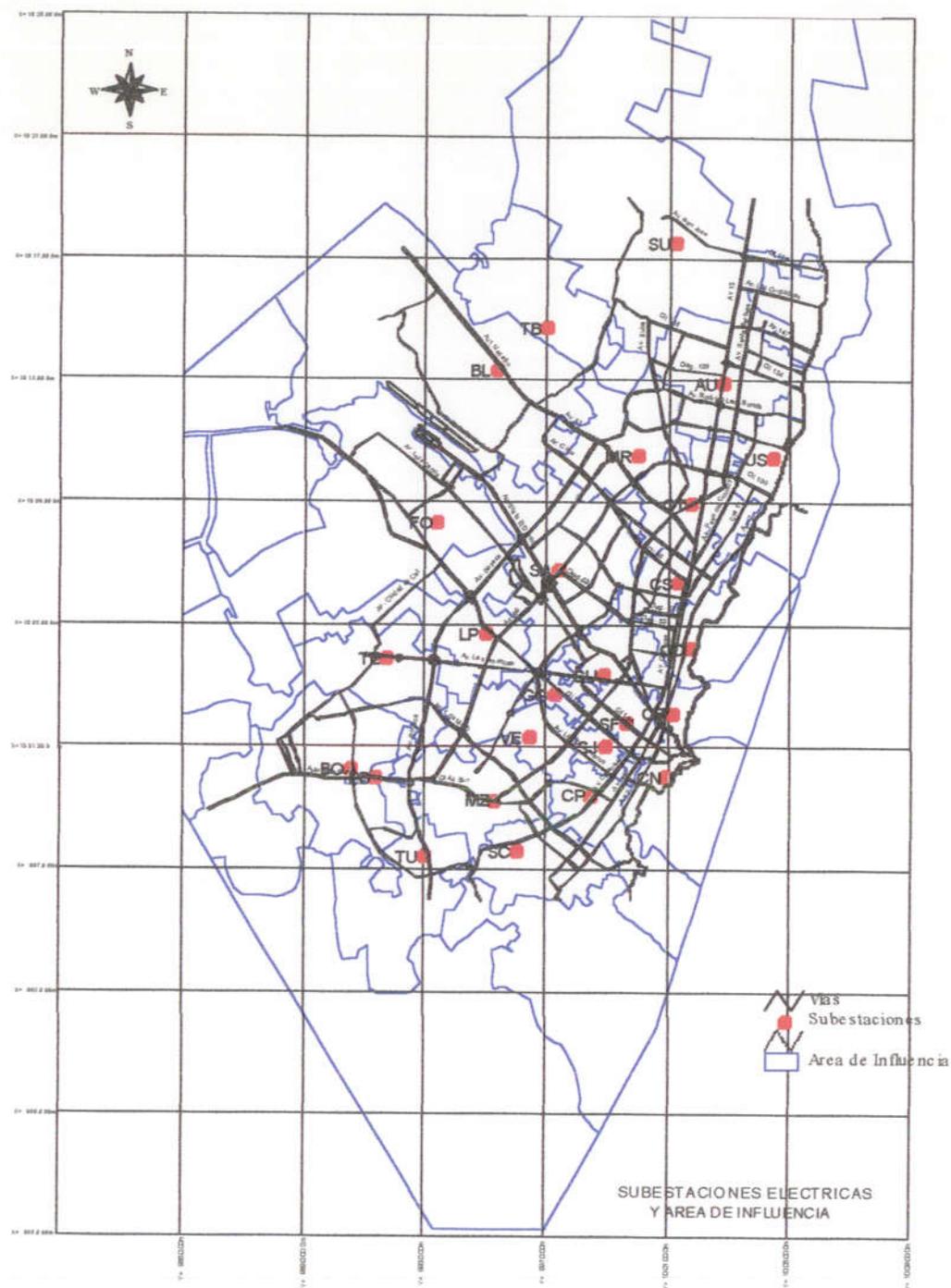
Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Daños esperados en la Red de Acueducto- Sismo Fuerte</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 5</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Red de Alta Tensión</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 6</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

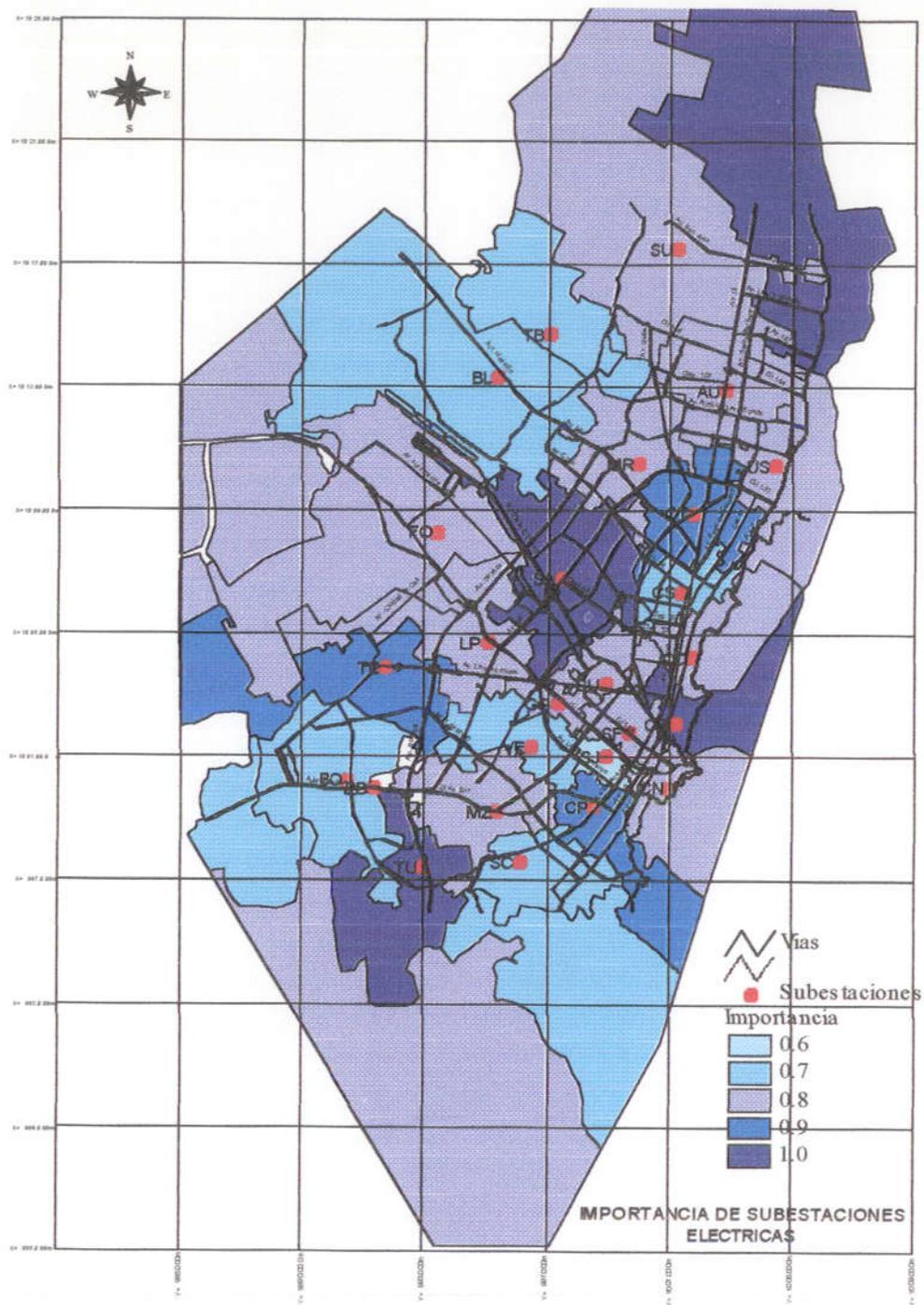
### Subestaciones Eléctricas y su Area de influencia

### Apéndice 2.4 Figura 7

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá

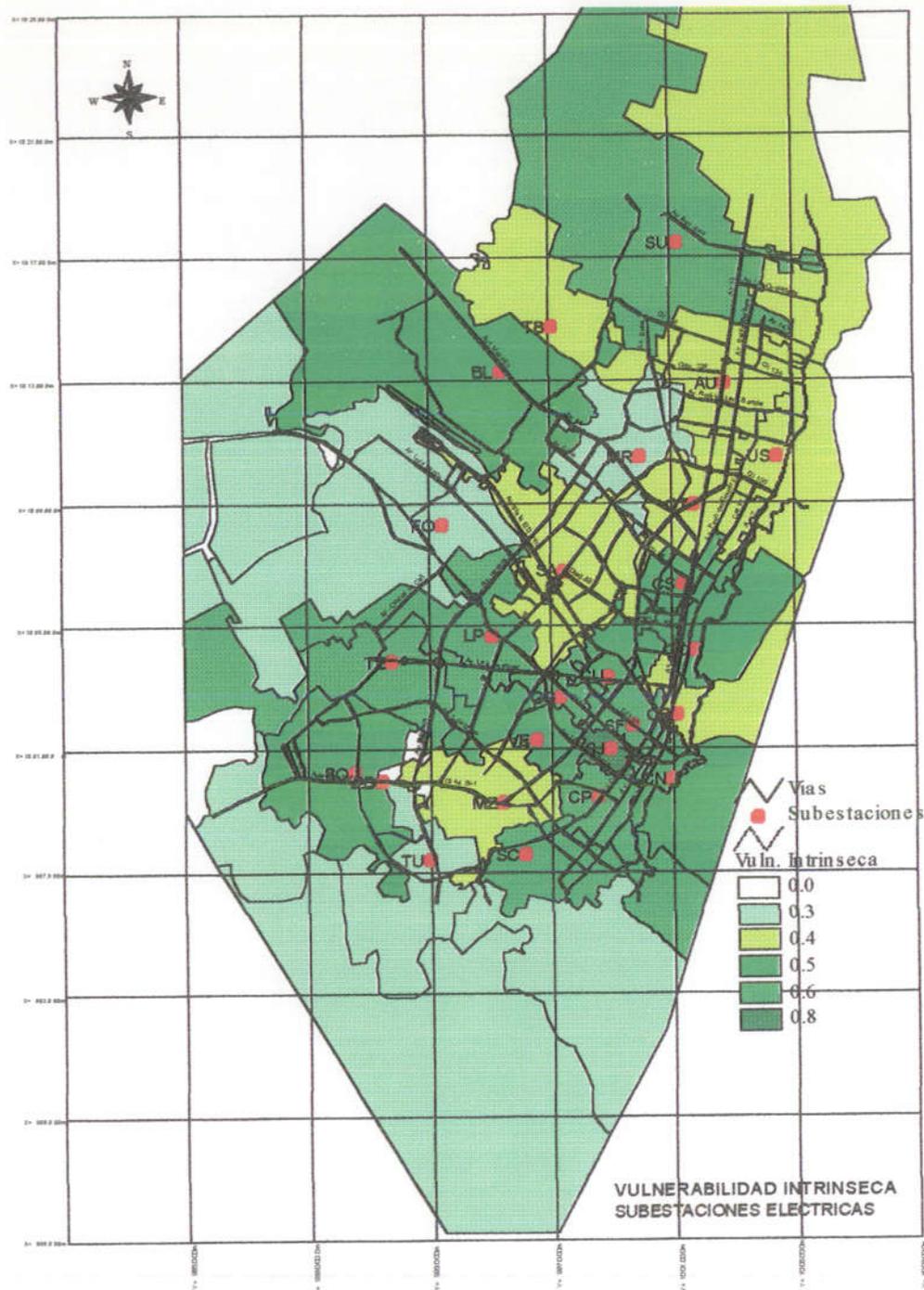


UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



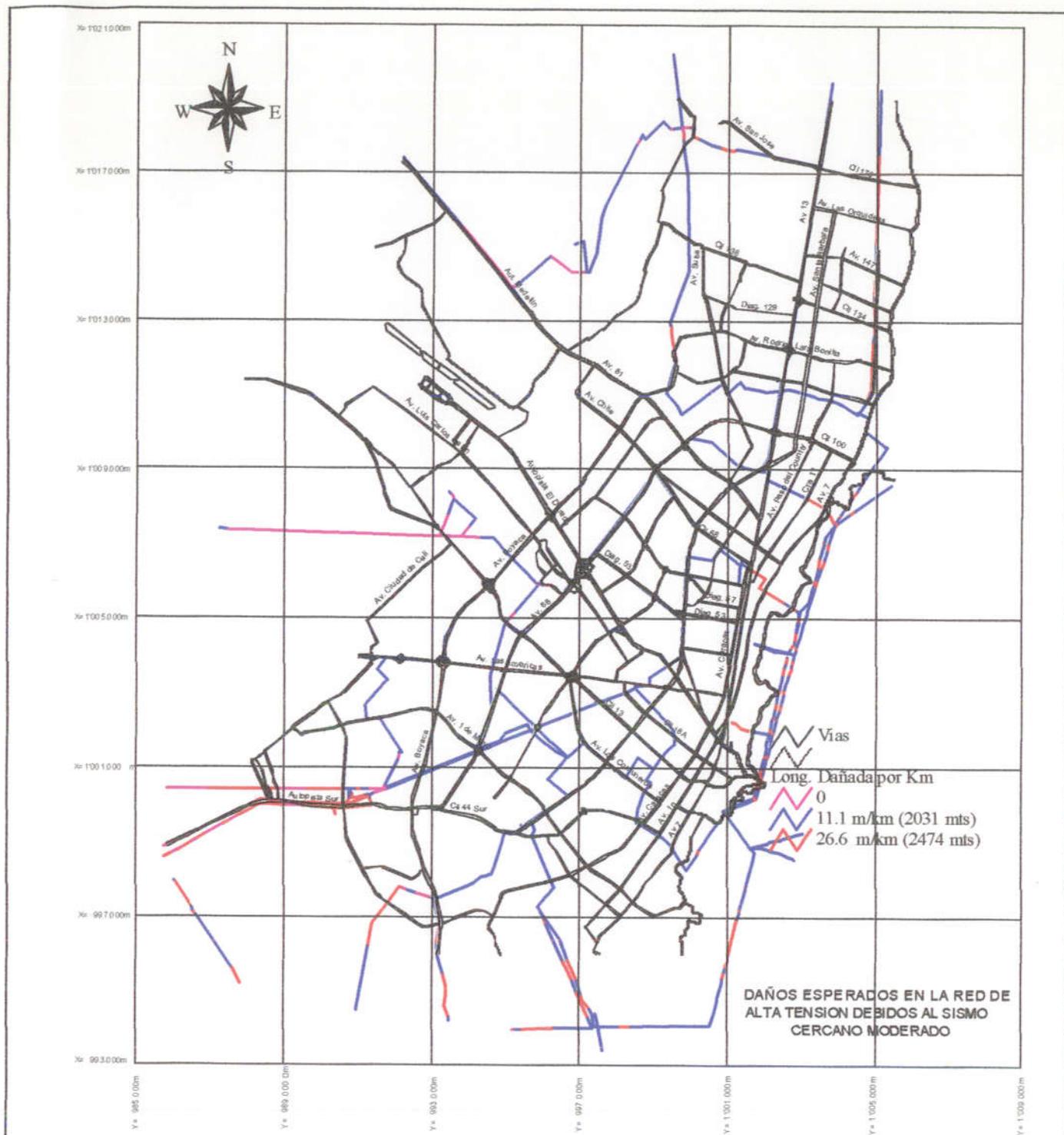
Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Importancia de Subestaciones Eléctricas</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 8</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			



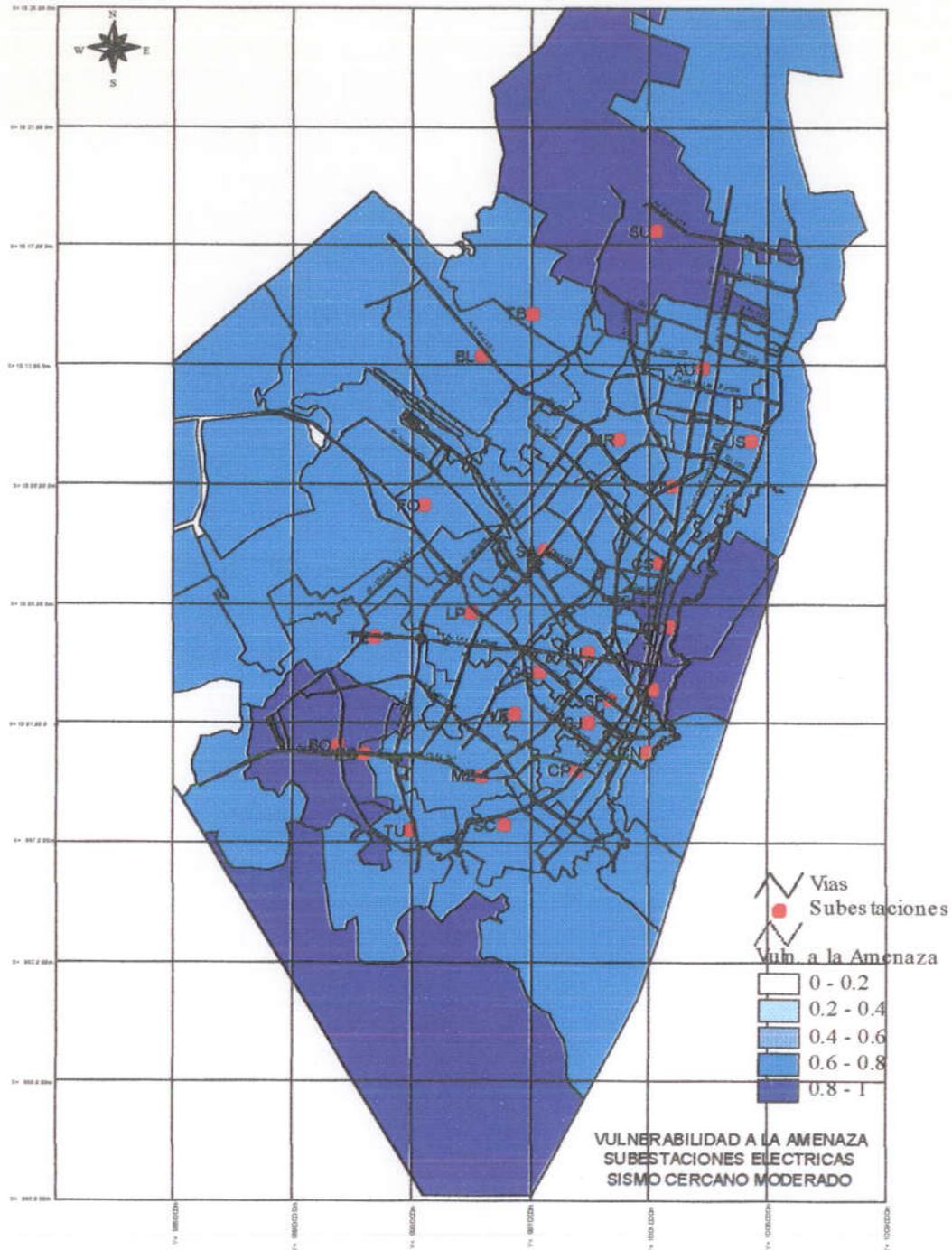
Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Vulnerabilidad Intrínseca de Subestaciones Eléctricas</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 9</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
	<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>		



 <p>DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Daños esperados en la Red de Alta Tensión - Sismo Moderado</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 10</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			





Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

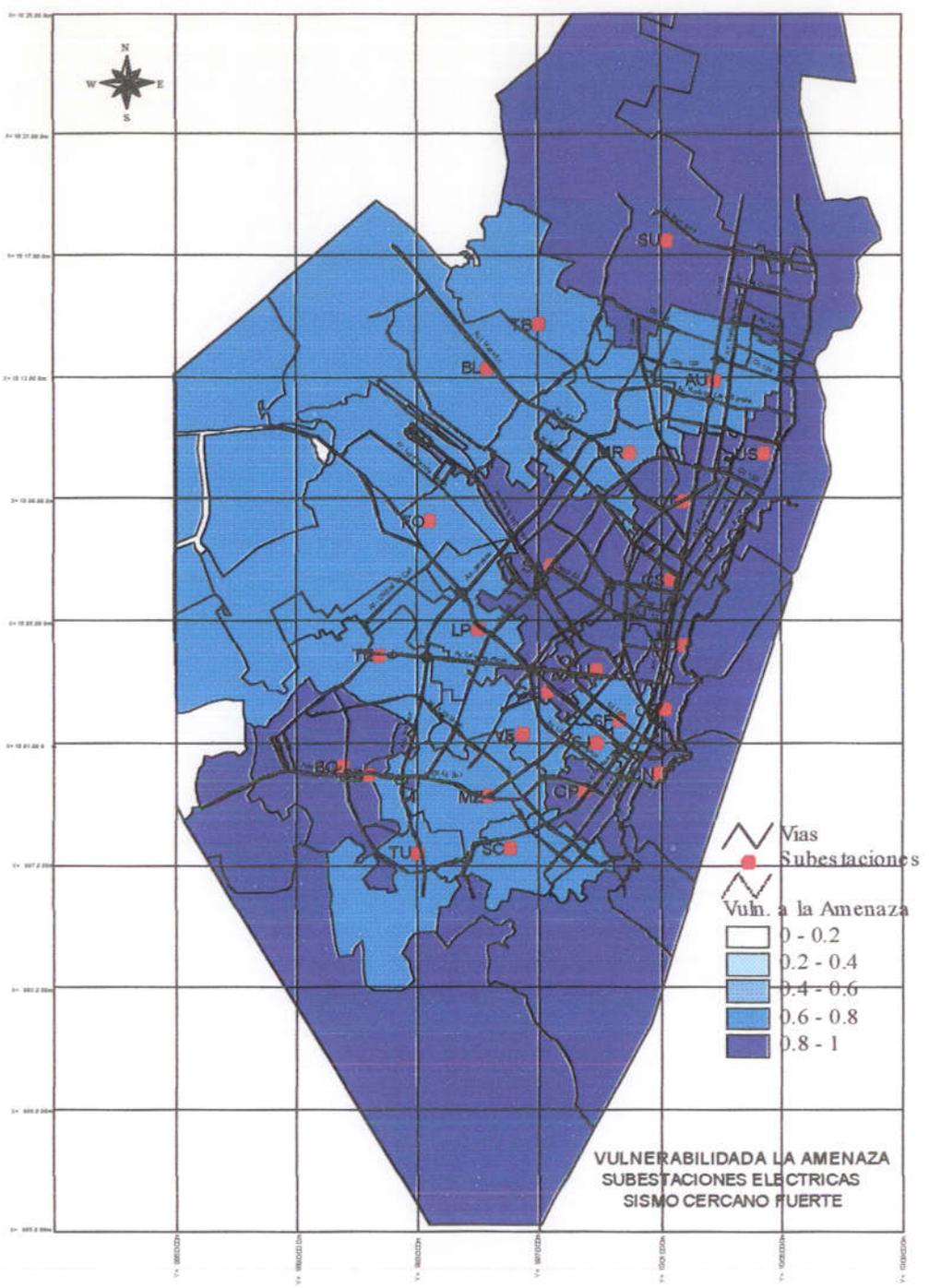
Vuln. a la Amenaza de Subestaciones  
Eléctricas - Sismo Moderado

Apéndice 2.4  
Figura 12



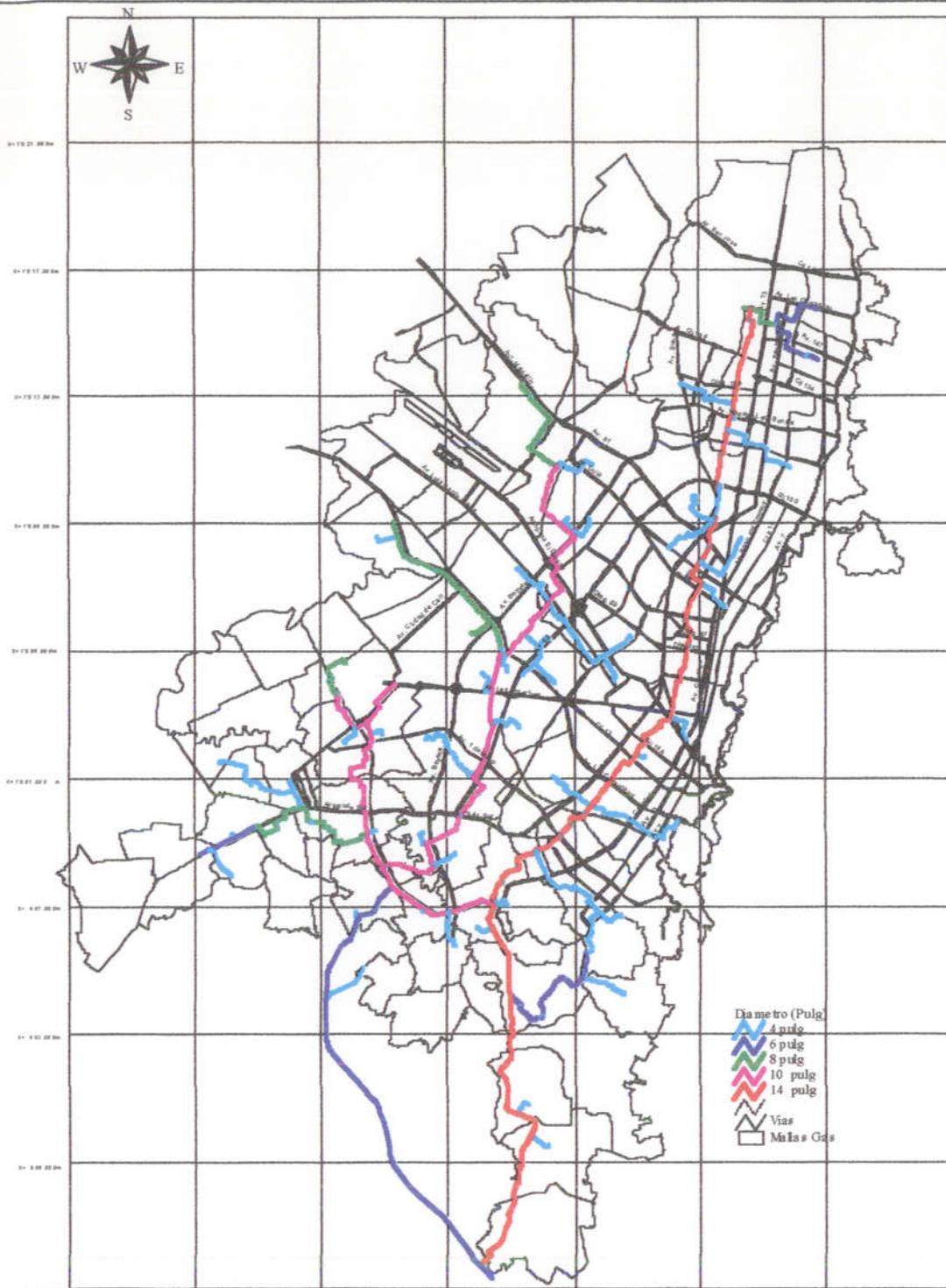
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un  
Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Vuln. a la Amenaza de Subestaciones Eléctricas - Sismo Fuerte</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4 Figura 13</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p><b>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</b></p>			



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTA D.C.

**Red de Gas**

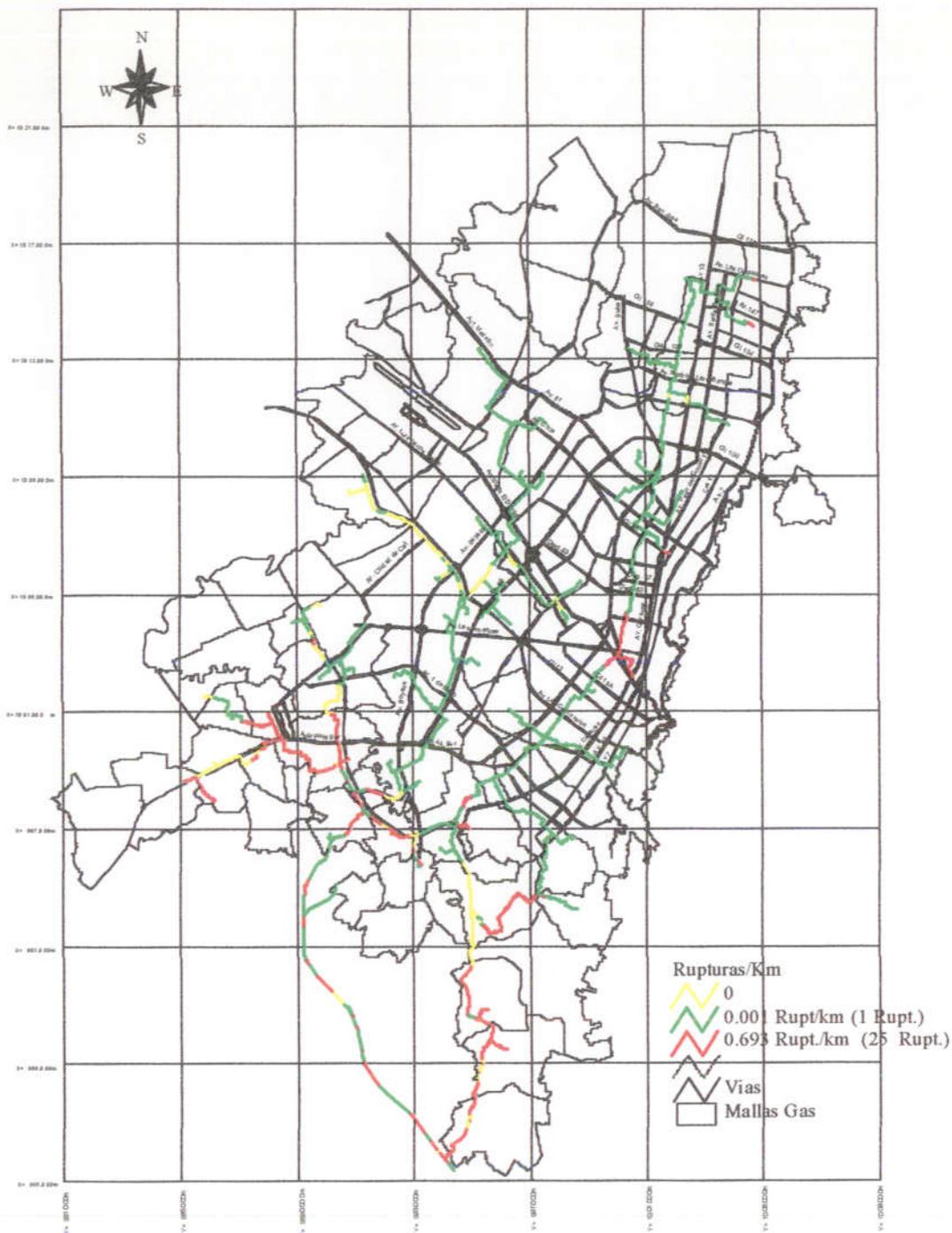
**Apéndice 2.4**

**Figura 14**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

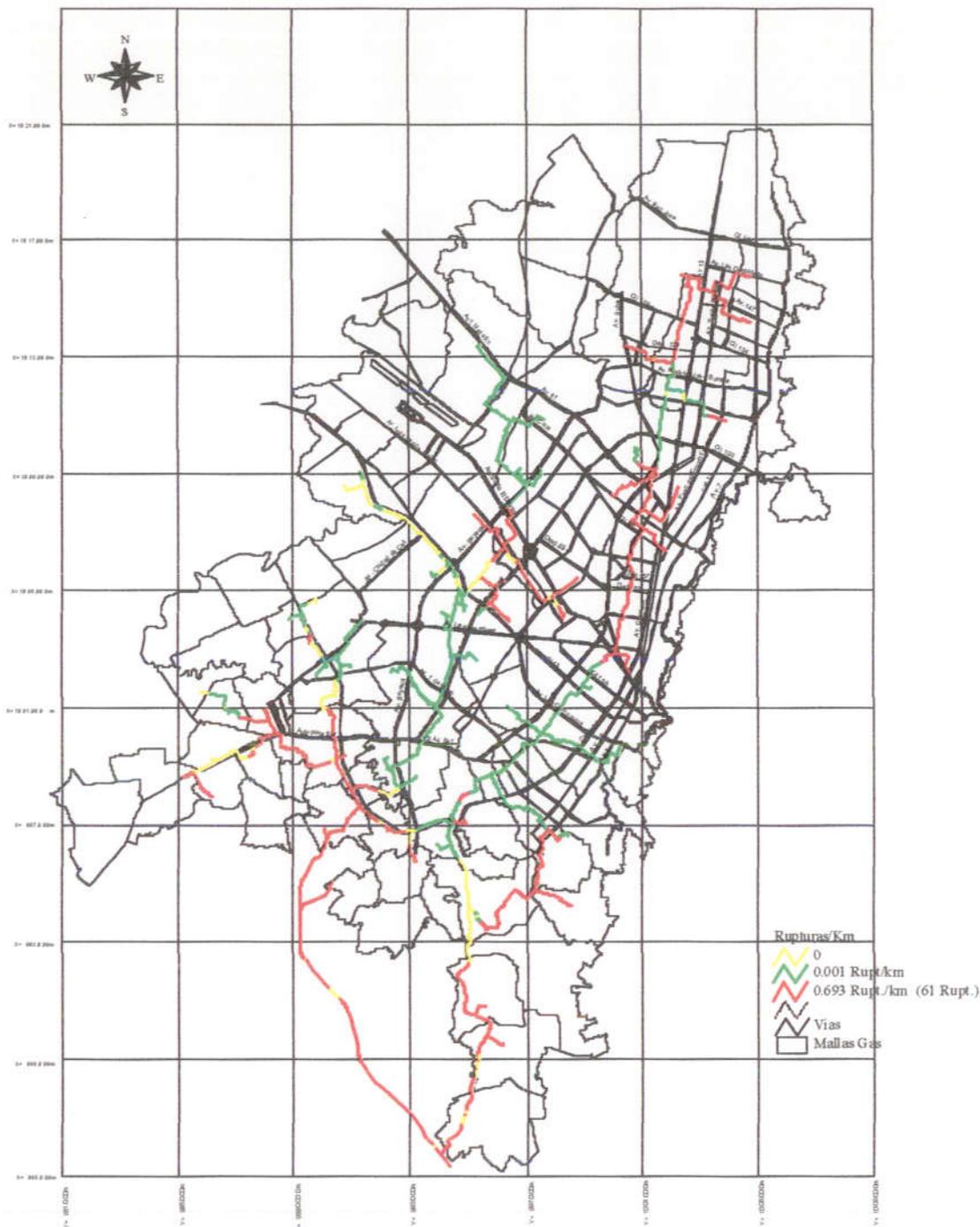
**Rupturas/Km esperadas en la Red de Gas - Sismo Cercano Moderado**

**Apéndice 2.4  
Figura 15**

**Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

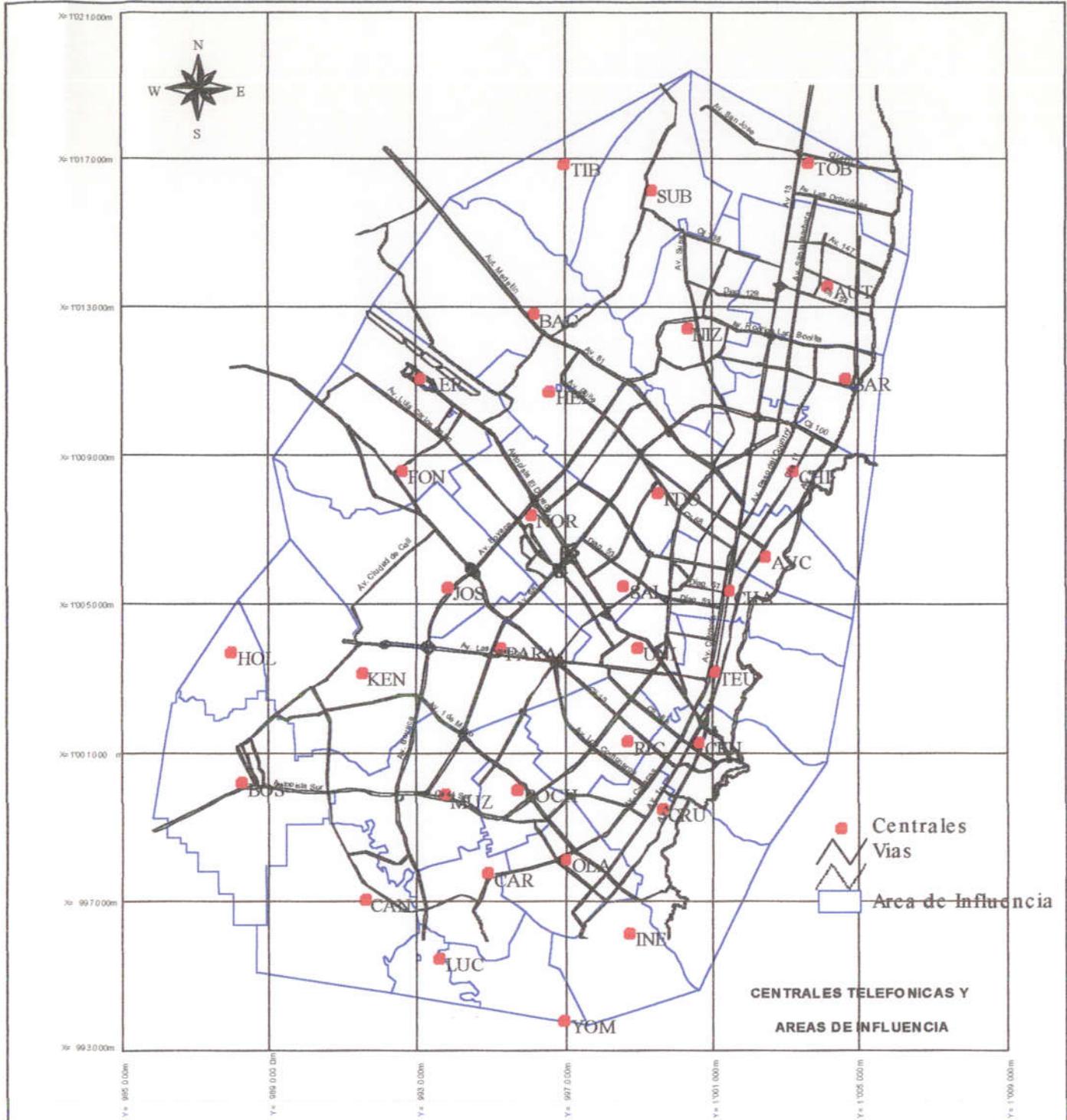
**Rupturas/Km esperadas en la Red de Gas - Sismo Cercano Fuerte**

**Apéndice 2.4  
Figura 16**

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá



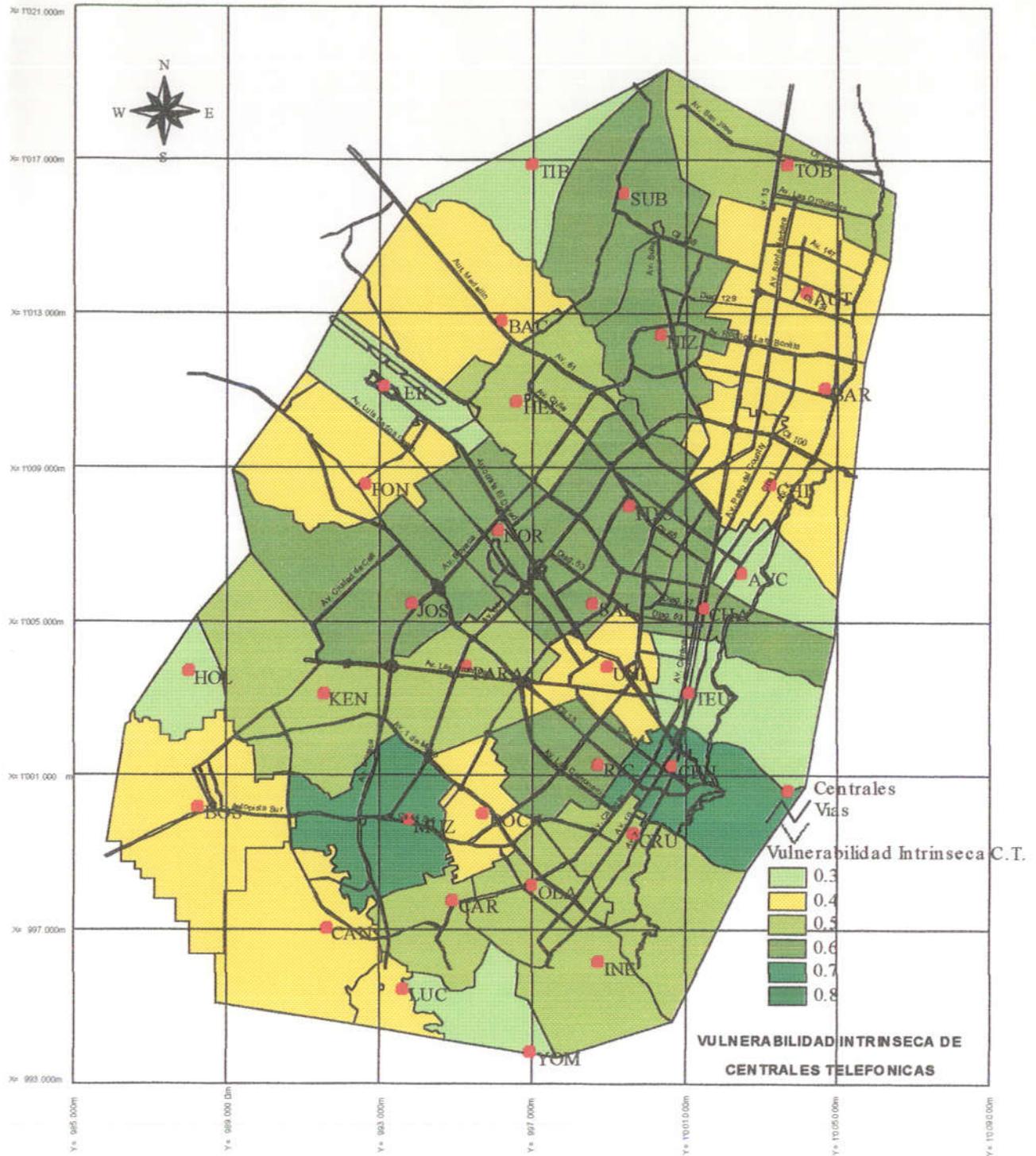
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales



Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.

 <p>DIRECCION DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS ALCALDIA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.</p>	<p><b>Centrales Telefónicas y su área de Influencia</b></p>	<p><b>Apéndice 2.4</b> <b>Figura 17</b></p>	 <p>UNIVERSIDAD DE LOS ANDES FACULTAD DE INGENIERIA CEDERI Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos Naturales</p>
<p>Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá</p>			





Referencia : INGEOMINAS, OPES, Universidad de los Andes, 1996. Proyecto Microzonificación Sísmica de Santafé de Bogotá, Subproyectos 11, 15 y 16, Bogotá, Noviembre 1996.



DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS  
ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.

**Vulnerabilidad Intrínseca de Centrales Telefónicas**

**Apéndice 2.4  
Figura 19**



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CEDERI  
Centro de Estudios sobre  
Desastres y Riesgos Naturales

Diagnóstico de la Vulnerabilidad Funcional Urbana ante un Evento Sísmico Desastroso en Santa Fe de Bogotá