



COSTA RICA

TOMO II ANÁLISIS PROBABILISTA DE AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES

INFORME TÉCNICO ERN-CAPRA-T2-16

ESCENARIO DE RIESGO VOLCÁNICO EN SAN JOSÉ



CEPREDENAC



opportunities for all



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

Consortio conformado por:

Colombia

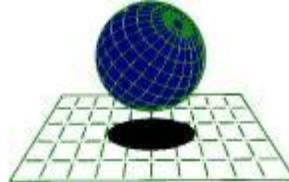
Carrera 19A # 84-14 Of 504
Edificio Torrenova
Tel. 57-1-691-6113
Fax 57-1-691-6102
Bogotá, D.C.



INGENIERIA TECNICA Y CIENTIFICA LTDA

España

Centro Internacional de Métodos Numéricos
en Ingeniería - CIMNE
Campus Nord UPC
Tel. 34-93-401-64-96
Fax 34-93-401-10-48
Barcelona



C I M N E

México

Vito Alessio Robles No. 179
Col. Hacienda de Guadalupe Chimalistac
C.P.01050 Delegación Álvaro Obregón
Tel. 55-5-616-8161
Fax 55-5-616-8162
México, D.F.



ERN Ingenieros Consultores, S. C.

ERN Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina
www.ern-la.com

Dirección y Coordinación de Grupos de Trabajo Técnico – Consorcio ERN América Latina

Omar Darío Cardona A.
Dirección General del Proyecto

Luis Eduardo Yamín L.
Dirección Técnica ERN (COL)

Gabriel Andrés Bernal G.
Coordinación General ERN (COL)

Mario Gustavo Ordaz S.
Dirección Técnica ERN (MEX)

Eduardo Reinoso A.
Coordinación General ERN (MEX)

Alex Horia Barbat B.
Dirección Técnica CIMNE (ESP)

Martha Liliana Carreño T.
Coordinación General CIMNE (ESP)

Especialistas y Asesores – Grupos de Trabajo

Miguel Genaro Mora C.
Especialista ERN (COL)

César Augusto Velásquez V.
Especialista ERN (COL)

Karina Santamaría D.
Especialista ERN (COL)

Mauricio Cardona O.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrés Mauricio Torres C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Diana Marcela González C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Yinsury Sodel Peña V.
Asistente Técnico ERN (COL)

Andrei Garzón B.
Asistente Técnico ERN (COL)

Carlos Eduardo Avelar F.
Especialista ERN (MEX)

Benjamín Huerta G.
Especialista ERN (MEX)

Mauro Pompeyo Niño L.
Especialista ERN (MEX)

Isaías Martínez A.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Edgar Osuna H.
Asistente Técnico ERN (MEX)

José Juan Hernández G.
Asistente Técnico ERN (MEX)

Marco Torres
Asesor Asociado (MEX)

Johner Venicio Correa C.
Asistente Técnico ERN (COL)

Mabel Cristina Marulanda F.
Especialista CIMNE(ESP)

Jairo Andrés Valcarcel T.
Especialista CIMNE(ESP)

Juan Pablo Londoño L.
Especialista CIMNE(ESP)

René Salgueiro
Especialista CIMNE(ESP)

Nieves Lantada
Especialista CIMNE(ESP)

Álvaro Martín Moreno R.
Asesor Asociado (COL)

Mario Díaz-Granados O.
Asesor Asociado (COL)

Liliana Narvaez M.
Asesor Asociado (COL)

Asesores Nacionales

Osmar E. Velasco
Guatemala

Sandra Zúñiga
Nicaragua

Alonso Brenes
Costa Rica

Banco Mundial – Gestión de Riesgo de Desastres / Región Latinoamérica y el Caribe

Francis Ghesquiere
Coordinador Regional

Oscar A. Ishizawa
Especialista

Joaquín Toro
Especialista

Fernando Ramírez C.
Especialista

Edward C. Anderson
Especialista

Stuart Gill
Especialista

Banco Interamericano de Desarrollo – Medio Ambiente / Desarrollo Rural / Desastres Naturales

Flavio Bazán
Especialista Sectorial

Cassandra T. Rogers
Especialista Sectorial

Hori Tsuneki
Consultor Interno

LIMITACIONES Y RESTRICCIONES

La aplicación que aquí se presenta es de carácter ilustrativo y presenta limitaciones y restricciones debido al nivel de resolución de la información disponible, de lo cual debe ser consciente el usuario final para efectos de poder dar un uso adecuado y consistente a los resultados obtenidos teniendo en cuenta el tipo de análisis realizado, el tipo y calidad de datos empleados, el nivel de resolución y precisión utilizado y la interpretación realizada. En consecuencia es importante señalar lo siguiente:

- Los modelos utilizados en los análisis tienen simplificaciones y supuestos para facilitar el cálculo que el usuario debe conocer debidamente. Éstas están descritas en detalle en los informes técnicos respectivos (ver referencias).
- Los análisis se han desarrollado con la mejor información disponible que presenta limitaciones en su confiabilidad y su grado actualización. Es posible que exista información mejor y más completa a la cual no se tuvo acceso.
- La información utilizada y los resultados de los análisis de amenaza, exposición y riesgo tienen una asociado un nivel de resolución según las unidades de análisis utilizadas, lo que se explica en el documento descriptivo del ejemplo.
- El uso que el usuario final le dé a la información no compromete a los autores de los estudios realizados, quienes presentan este ejemplo como lo que puede ser factible de hacer si se cuenta con información confiable con la precisión adecuada.
- Es responsabilidad del usuario comprender el tipo de modelo utilizado y sus limitaciones, la resolución y calidad de los datos, las limitaciones y suposiciones de los análisis y la interpretación realizada con el fin de darle a estos resultados un uso adecuado y consistente.
- Ni los desarrolladores del software, ni los promotores o financiadores del proyecto, ni los contratistas o subcontratistas que participaron en las aplicaciones o ejemplos de uso de los modelos asumen ninguna responsabilidad por la utilización que el usuario le dé a los resultados que aquí se presentan, por lo tanto están libres de responsabilidad por las pérdidas, daños, perjuicios o efectos que pueda derivarse por la utilización o interpretación de estos ejemplos demostrativos.

Tabla de Contenido

1	Introducción y objetivo	1-1
2	Metodología de evaluación del riesgo.....	2-1
3	Amenaza volcánica de San José.....	3-1
3.1	Estimación determinista.....	3-3
4	Inventario de Elementos Expuestos	4-1
4.1	Levantamiento de la Información	4-1
4.2	Información de exposición por predios.....	4-2
4.3	Información de vulnerabilidad	4-4
5	Resultados de la Evaluación	5-1
5.1.1	Mapas de riesgo por distritos.....	5-1
6	Acciones Recomendadas	6-1
7	Referencias	7-1

Índice de figuras

FIGURA 3-1 VOLCÁN IRAZÚ	3-1
FIGURA 3-2 MAPA DE AMENAZA DETERMINISTA POR FLUJOS DE LAVA EN EL VOLCÁN IRAZÚ	3-4
FIGURA 3-3 MAPA DE AMENAZA DETERMINISTA POR FLUJOS PIROCLÁSTICOS EN EL VOLCÁN IRAZÚ	3-4
FIGURA 3-4 MAPA DE AMENAZA DETERMINISTA POR CAÍDA DE CENIZAS [M] EN EL VOLCÁN IRAZÚ	3-5
FIGURA 4-1 MAPA DE ZONAS URBANAS HOMOGÉNEAS DE SAN JOSÉ.....	4-1
FIGURA 4-2 DISTRIBUCIÓN DEL VALOR FÍSICO DE PREDIOS	4-3
FIGURA 4-3 DISTRIBUCIÓN DEL NIVEL DE OCUPACIÓN DE PREDIOS.....	4-3
FIGURA 4-4 CURVA DE VULNERABILIDAD PARA FLUJOS DE LAVA Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS.....	4-4
FIGURA 4-5 CURVA DE VULNERABILIDAD PARA CAÍDA DE CENIZAS	4-4
FIGURA 5-1 PÉRDIDA FÍSICA AGRUPADA POR DISTRITOS.....	5-2
FIGURA 5-2 NÚMERO DE VÍCTIMAS AGRUPADAS POR DISTRITOS.....	5-2

Índice de tablas

TABLA 3-1 HISTORIA ERUPTIVA VOLCÁN IRAZÚ	3-2
TABLA 3-2 PARÁMETROS DEL MODELO DEL VOLCÁN IRAZÚ	3-3
TABLA 4-1 INDICADORES GENERALES DE EXPOSICIÓN	4-2
TABLA 5-1 VALORES EXPUESTOS Y PÉRDIDAS ECONÓMICAS Y DE VIDAS HUMANAS	5-1

1 Introducción y objetivo

El territorio costarricense presenta una alta actividad sísmica y volcánica, generada principalmente por la interacción tectónica de las placas Cocos y Caribe. Este ambiente tectónico da origen a una determinada recurrencia de erupciones volcánicas, lo que implica algún nivel de riesgo sobre la población e infraestructura expuestas.

Considerando la actual exposición en términos de infraestructura y de población a los niveles de amenaza volcánica existentes, resulta importante que la ciudad de San José cuente con planes de contingencia y atención de emergencias, programas para la reducción y mitigación del riesgo y esquemas adecuados de protección financiera, que le permitan prevenir o cubrir las pérdidas asociadas a una erupción cercana importante.

La ciudad de San José, capital de la República de Costa Rica, pertenece al Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica (GAM), el cual se constituye a partir de la conurbación de poblaciones en los cantones de San José, Alajuela, Heredia y Cartago. El GAM cuenta con aproximadamente 2.6 millones de habitantes y tiene una extensión aproximada de 2.044 Km². Corresponde al centro poblado más grande e importante de Costa Rica, albergando alrededor del 57% de la población del país.

En el proceso de conocimiento y evaluación del riesgo que se deriva de la ocurrencia de erupciones volcánicas, se deben identificar condiciones de la ciudad relativas a la exposición del capital físico y humano y su distribución geográfica, la vulnerabilidad física y de la población y del potencial de daños y pérdidas que podrían presentarse. A través de un procedimiento de este tipo es posible contar con información útil para la toma de decisiones por parte de los funcionarios encargados de la planeación y desarrollo, al poderse estimar la magnitud del impacto económico y social para la ciudad y el país. Así mismo, se pueden establecer parámetros para la formulación de planes dentro de la gestión ex ante y ex post del riesgo de desastres.

El objetivo de la simulación que se presenta más adelante consiste en evaluar el nivel de riesgo ante una erupción determinada en el volcán Irazú, localizado al oriente de la ciudad de San José, en términos de pérdidas económicas directas y afectación sobre la población. El análisis se realiza para un escenario determinista correspondiente a una erupción probable de ocurrir en el futuro.

Los resultados de la simulación se presentan de manera que puedan ser usados para análisis detallados posteriores y como insumos para la preparación del plan de contingencia o de atención de emergencias. Las evaluaciones realizadas incluyen:

- (a) Valoración de las pérdidas económicas para el escenario seleccionado.
- (b) Estimación del número de viviendas afectadas (con algún tipo de daño) y de viviendas gravemente afectadas (con posible colapso parcial o total).
- (c) Determinación aproximada del número de personas afectadas por los daños en las viviendas y que requieren reubicación temporal o reemplazo de la vivienda.
- (d) Estimativo de víctimas humanas y su distribución geográfica.

2 Metodología de evaluación del riesgo

Para la evaluación del riesgo volcánico de la ciudad de San José se siguió la metodología propuesta en el marco de la iniciativa CAPRA la cual se describe en detalle en el informe ERN-CAPRA-T1-6 (Metodología de Análisis de Riesgos y sus Aplicaciones, ERN 2009), y en el sitio www.ecapra.org. La metodología para la evaluación del riesgo volcánico de San José incluyó los siguientes aspectos:

- (a) Evaluación de la amenaza volcánica: ésta se evalúa mediante un análisis determinista sobre un escenario probable y característico del volcán Irazú. Este análisis permite obtener la pérdida esperada para cada bien y el portafolio en general dada la eventual ocurrencia del evento seleccionado en el escenario.
- (b) Inventario de bienes expuestos: dado que no fue posible contar con la información catastral detallada de la ciudad se recurrió a la conformación de un inventario de activos expuestos basado en indicadores de población y densidad de construcciones promedio por zonas. Este análisis resulta en una base de datos virtual que tiene las propiedades de densidad y ocupación reportadas oficialmente para las diferentes zonas de la ciudad.
- (c) Funciones de vulnerabilidad: los diferentes tipos constructivos identificados en la zona se caracterizan mediante una función de vulnerabilidad que da cuenta de la capacidad de la edificación para resistir la acción adversa de los productos volcánicos. Estas funciones de vulnerabilidad representan el comportamiento esperado (probable) de las edificaciones de cada tipo estructural particular, por lo que su uso es adecuado en términos estadísticos cuando existe un inventario amplio de activos expuestos.
- (d) Evaluación del riesgo: la evaluación del riesgo se lleva a cabo mediante el asocio de la amenaza volcánica considerada sobre el inventario de activos expuestos con las funciones de vulnerabilidad volcánica relacionadas. Para el efecto se emplea la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS (ERN 2009). Se evalúa, entonces, el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas para el escenario planteado. La valoración del riesgo sísmico se presenta en términos de estimaciones de:
 - Porcentaje de afectación física de las construcciones.
 - Pérdidas económicas directas aproximadas asociadas al daño en las construcciones
 - Afectación humana en términos de pérdida de vidas.

3 Amenaza volcánica de San José

La amenaza volcánica para la ciudad de San José es provista exclusivamente por el volcán Irazú, localizado a 16 Km al Este de la ciudad. El modelo de amenaza volcánica del Irazú se presenta en detalle en el informe ERN-CAPRA-T2-3 (Modelación Probabilista de Amenazas Naturales, ERN 2009). Las bases teóricas del modelo de amenaza se presentan en el informe ERN-CAPRA-T1-3 (Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales y Selección, ERN2009). Toda la información anterior se encuentra también descrita en detalle en el sitio www.ecapra.org.

El Volcán Irazú es un estratovolcán activo y forma parte de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. Durante toda su vida prehistórica ha tenido una actividad en su mayor parte relacionada a *flujos de lava*, sin embargo gran parte del edificio volcánico está cubierto de capas de cenizas y flujos de barro de espesor variable que forman los fértiles suelos de la zona. (Saénz R., Barquero J., Malavassi E., 1982)¹. Es el volcán activo más alto de Costa Rica (3432 msnm) y en general posee una forma sub-cónica irregular (Figura 3-1)



Figura 3-1
Volcán Irazú

(Fuente: https://royshencr.powweb.com/html/pic/main.php?g2_itemId=235&g2_imageViewsIndex=1)

La zona intracrática se encuentra formada por 3 estructuras principales; el cráter activo hacia el noreste con unos 1000 m de diámetro, una profundidad de 180 m y que alberga un

¹ Tomado de: http://atlas.snet.gob.cr/documentos/volcanes/texto4.php?pagina=Actividad_CostaRica2.html#cr_irazu

lago de color y características cambiantes. El cráter Diego de la Haya se encuentra al norte de la caldera con unos 80 m de profundidad y de forma alargada hacia el este. Finalmente se observa en el lado sur una larga estructura semiplana que corresponde a los restos de una terraza antigua la cual se conoce con el nombre de Playa Hermosa.

Desde 1723, Irazú ha tenido al menos 23 erupciones. La más reciente duró desde 1963 hasta 1965. Causó al menos 40 muertos y destruyó alrededor de 400 viviendas, fábricas y terreno cultivable. Esta erupción se calificó con un VEI = 3. En la Tabla 3-1 se listan los principales eventos eruptivos del volcán en los últimos años.

Tabla 3-1
Historia eruptiva Volcán Irazú
(Fuentes: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/vulcanologia/volcanes/irazu.htm>)

HISTORIA ERUPTIVA VOLCAN IRAZU	
1723	Erupciones tipo estromboliana. Las cenizas fueron depositadas en Curridabat (San José) y Barva de Heredia.
1726	Erupciones tipo estromboliana.
1822	Erupciones tipo estromboliana, acompañada de fuertes temblores.
1842-7	Erupciones tipo estromboliana. Actividad fumarólica.
1855-9	Actividad fumarólica.
1870	Actividad fumarólica.
1880-8	Actividad fumarólica.
1899	Actividad fumarólica.
1910	Actividad fumarólica.
1917-1924	Erupciones de modalidad estromboliana. Se inician en 1917 con gran intensidad y continúan durante 1918. Las cenizas llegan a caer en Tres Ríos (Cartago), ciudad de San José y ciudad de Heredia.
1933	Erupciones tipo estromboliana.
1939-1940	Erupciones de modalidad estromboliana.
1953	Actividad fumarólica.
1962	Actividad fumarólica.
1963-5	Erupciones tipo estromboliana. Las cenizas cayeron en diferentes partes del país, siendo las áreas más afectadas las faldas del volcán y la parte occidental del Valle Central (San José, Heredia y Alajuela).
1928-1930	Erupciones de modalidad estromboliana. Actividad fumarólica.
1966-1978	Actividad fumarólica en el cráter principal.
1979-1981	Actividad fumarólica en el flanco noroeste del edificio volcánico.
1994	Erupción freática en las fumarolas del flanco noroeste del edificio volcánico.
1994-2006	Actividad fumarólica.

3.1 Estimación determinista

La amenaza volcánica se evaluó para un evento determinista considerado como de características catastróficas, correspondiente a una erupción con índice de explosividad (VEI) de 5. Se considera que este evento generaría un escenario representativo de la peor situación que podría presentarse en la ciudad, por lo cual se considera que es adecuado como insumo para el desarrollo de un plan de contingencia, para formular procedimientos de emergencia por entidades y con fines de proponer programas de mitigación y reducción de la vulnerabilidad.

La modelación de la amenaza se llevó a cabo empleando el programa ERN-Volcán (ERN, 2009). Los valores de las diferentes variables involucradas en la modelación de la amenaza del volcán Irazú se presentan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2
Parámetros del modelo del Volcán Irazú

Modelo de ERN-Volcán				
<i>Tipo de análisis:</i>	Determinista			
<i>Definición de ventosas:</i>	Única Ventosa	<i>Coordenadas:</i>	Este	-83.90°
			Norte	9.97°
Flujos de lava				
<i>Distancia máxima:</i>	25000 m	<i>Espesor:</i>	5 m	
Flujos piroclásticos				
<i>Altura columna eruptiva:</i>	15 Km	<i>Ángulo cono:</i>	60°	
<i>Verifica accesibilidad:</i>	No			
Caída de cenizas				
<i>Altura columna eruptiva:</i>	20 Km	<i>Campo de viento</i>		
<i>Volumen expulsado:</i>	100.0 Km ³	Altura (%)	Vel (m/s)	Dir (°)
<i>Factor de forma:</i>	0.2	0	1	180
<i>N° divisiones altura:</i>	20	30	1	180
<i>μ Tamaño partículas:</i>	-5	50	1	180
<i>σ Tamaño partículas:</i>	1.5	70	1	180
<i>Paso discretización X:</i>	10	90	1	180
<i>Paso discretización Y:</i>	10			
<i>Coefficiente difusividad:</i>	750 m ² /s			

A continuación se presentan los mapas de amenaza para los diferentes tipos de productos volcánicos considerados.

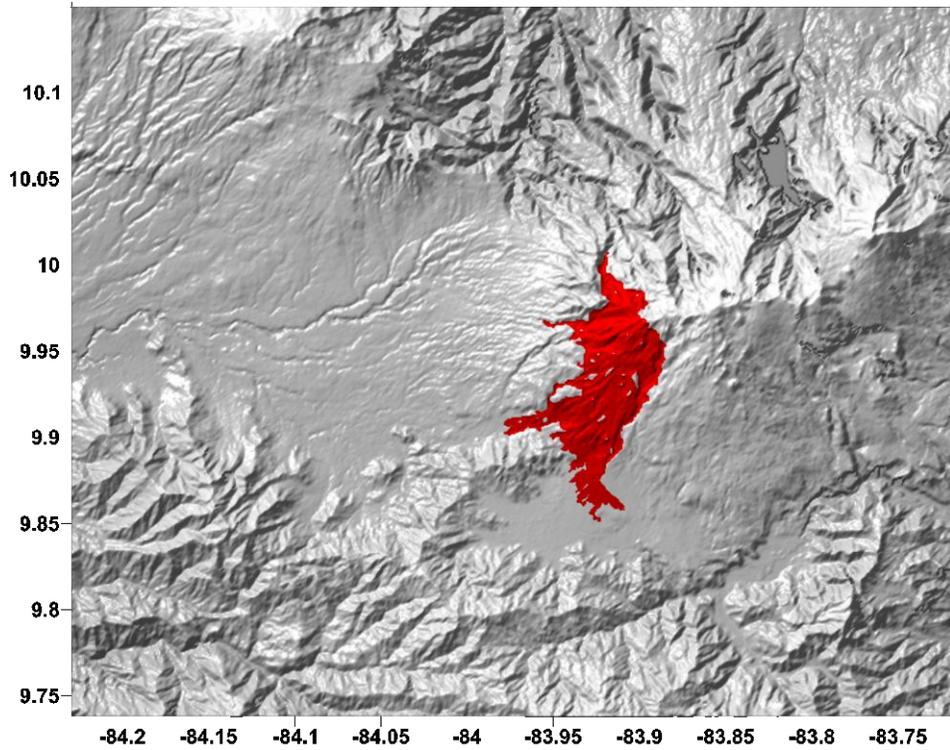


Figura 3-2

Mapa de amenaza determinista por flujos de lava en el volcán Irazú

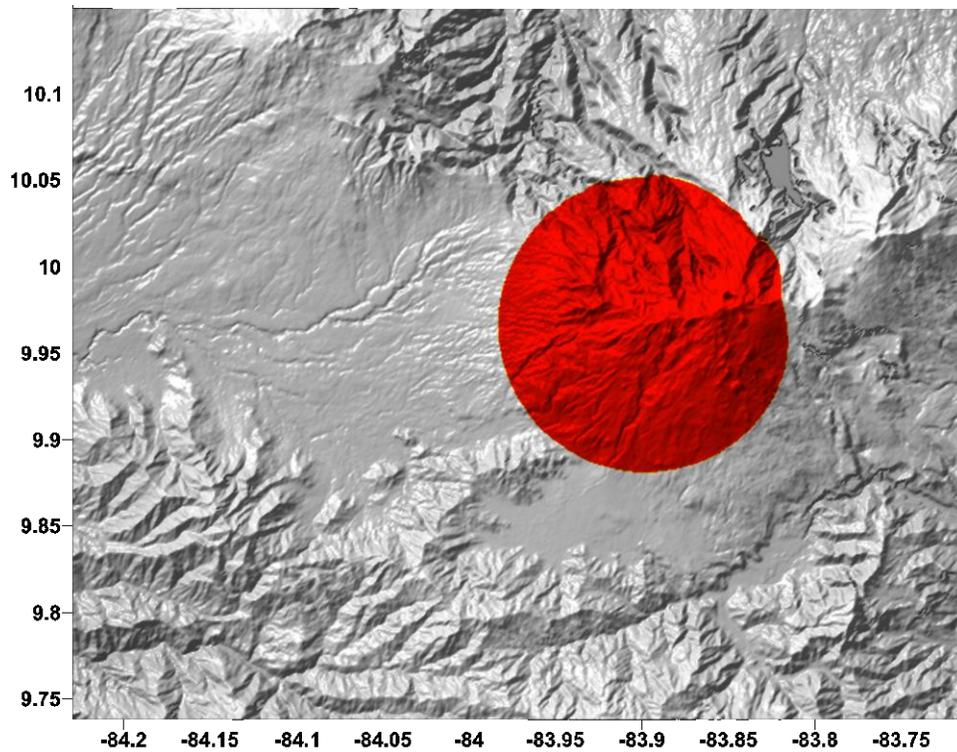


Figura 3-3

Mapa de amenaza determinista por flujos piroclásticos en el volcán Irazú

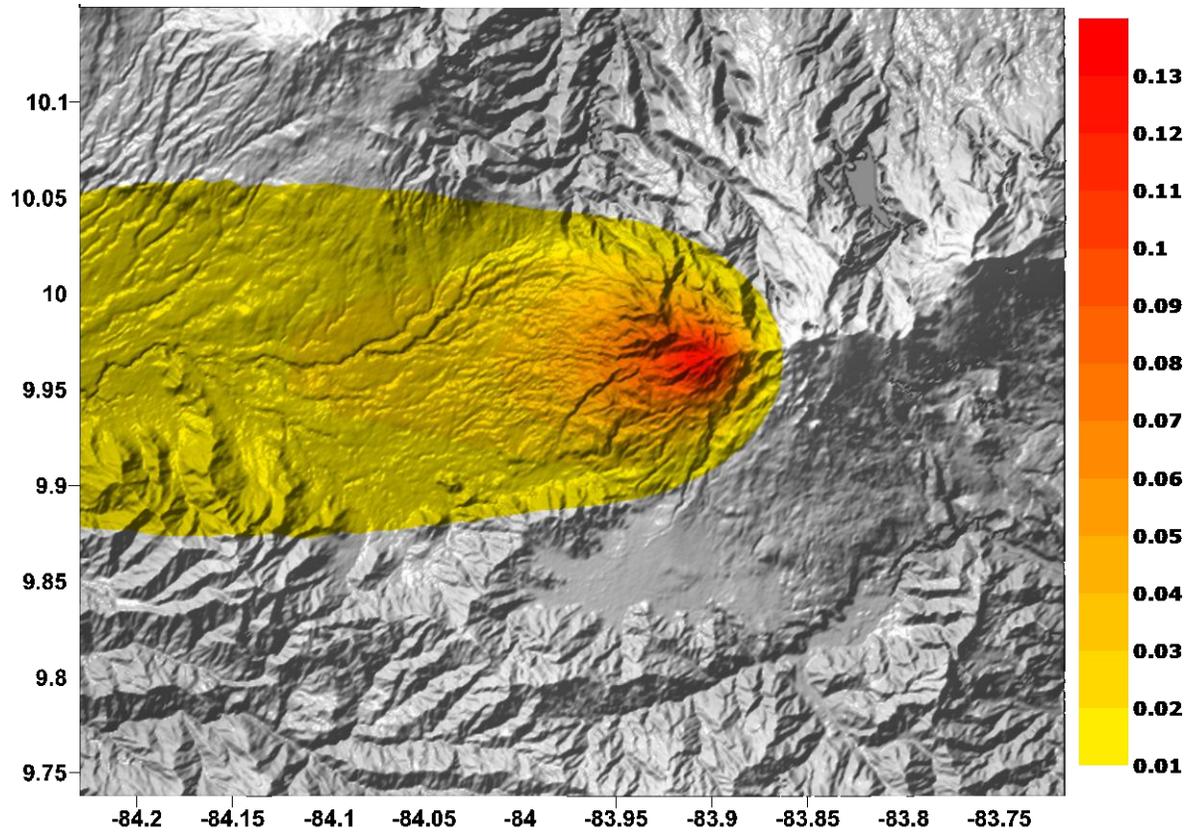


Figura 3-4
Mapa de amenaza determinista por caída de cenizas [m] en el volcán Irazú

4 Inventario de Elementos Expuestos

4.1 Levantamiento de la Información

Dado que no fue posible conseguir la información catastral oficial de la ciudad, se procedió a hacer un levantamiento empleando la herramienta web de Zonificación Urbana de CAPRA (disponible en www.ecapra.org/zonhu.php). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, zonas de exposición homogénea, es decir, zonas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. El mapa de zonas homogéneas de la ciudad se presenta en la Figura 4-1.

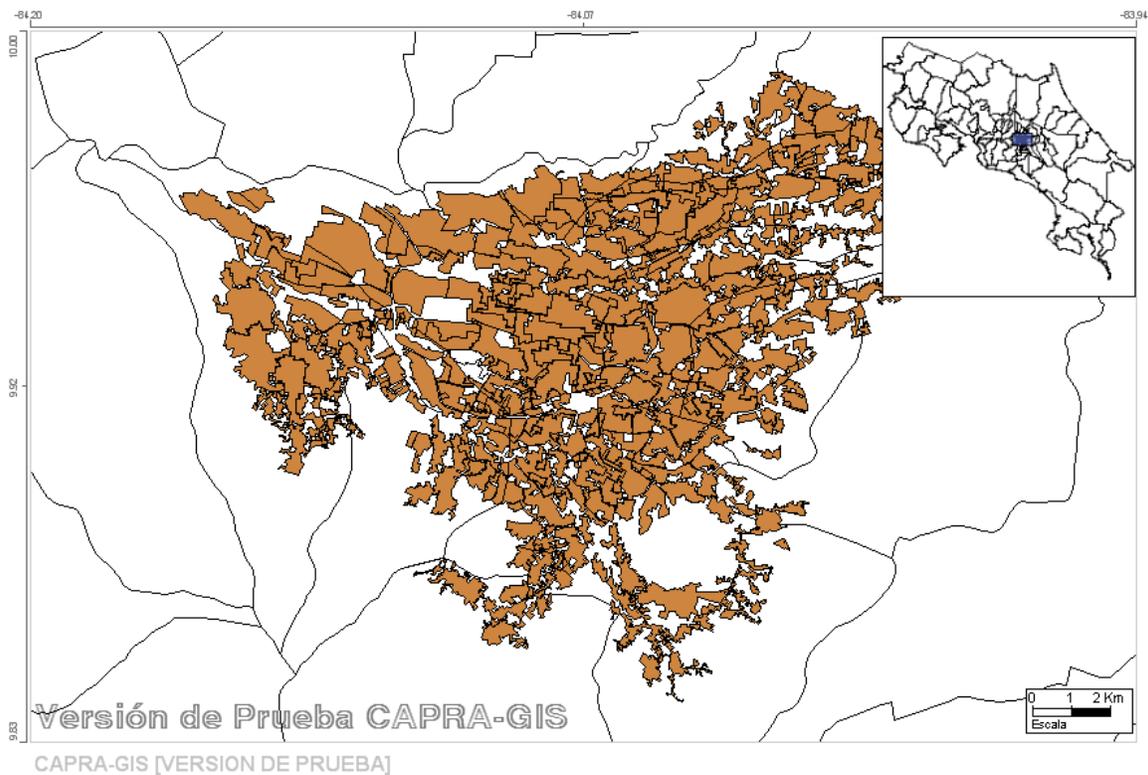


Figura 4-1
Mapa de zonas urbanas homogéneas de San José

Estas zonas homogéneas fueron luego discretizadas, para simular los predios de la ciudad. El proceso de discretización consiste en ubicar aleatoriamente puntos dentro de cada zona homogénea, asignando a cada punto un costo y ocupación consistente con los valores identificados en la zona. El número total de predios ubicados por zona es consistente con la densidad de construcciones identificada en el levantamiento.

4.2 Información de exposición por predios

La base de datos de predios virtual conformada como se explicó anteriormente cuenta con cerca de 303,000 edificaciones y una población de 1'534,994 habitantes. Debe tenerse en cuenta que las zonas homogéneas levantadas, y en consecuencia, los predios asignados mediante el proceso de discretización predial, se encuentran ubicados en su totalidad en la provincia de San José, por lo que los valores acá presentados no corresponden a la totalidad del GAM.

Las condiciones de exposición de San José, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se encuentran claramente identificadas en la base de exposición levantada. Constituye la mejor información disponible a la fecha. La Tabla 4-1 describe los indicadores de exposición generales de la ciudad.

Tabla 4-1
Indicadores generales de exposición

Base de exposición	
Ciudad	San José
Número de predios	302,819
Valor físico [\$USD x10⁶]	30,813
Población [Hab]	1,534,996

Las Figuras siguientes presentan mapas de distribución geográfica de las principales variables de exposición asignadas a la base de datos de predios generada para San José. Los mapas se encuentran dibujados predio por predio, tomando los predios como puntos con una localización geográfica asignada por medio del algoritmo de discretización predial explicado anteriormente.

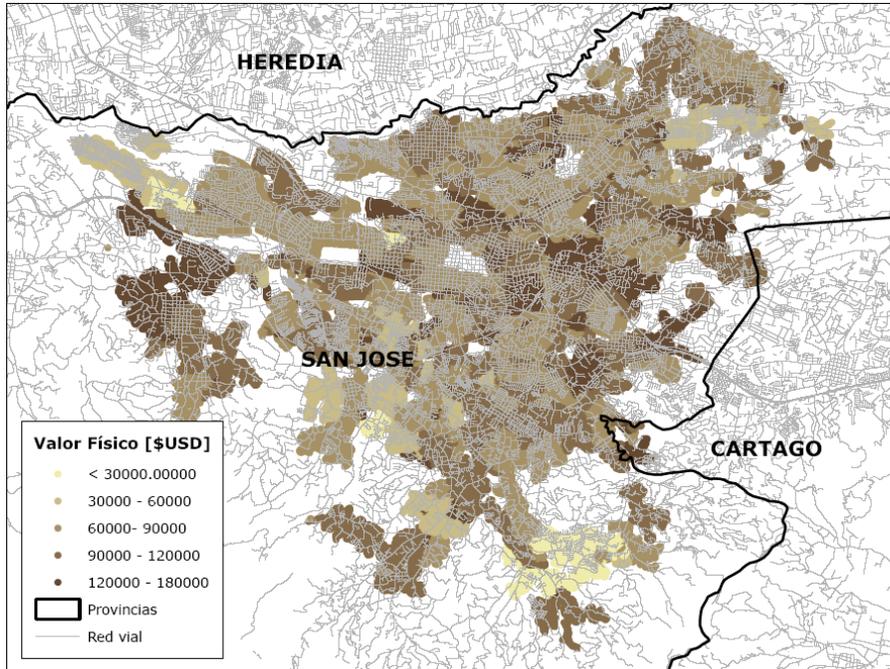


Figura 4-2
Distribución del valor físico de predios

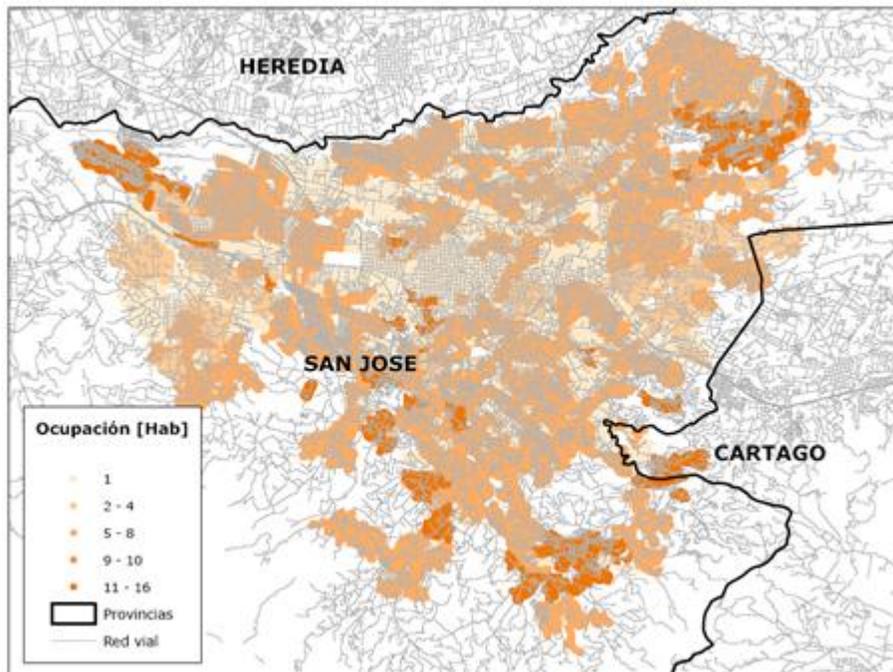


Figura 4-3
Distribución del nivel de ocupación de predios

4.3 Información de vulnerabilidad

Se asignaron de manera uniforme a la totalidad de predios de la ciudad funciones de vulnerabilidad ante los productos volcánicos considerados. Para el caso de flujos de lava y flujos piroclásticos, se considera pérdida total del activo expuesto si es alcanzado por el producto volcánico, dadas las características altamente destructivas del mismo. En este caso la intensidad mide el paso o no del producto volcánico por cada sitio de la zona de análisis, tomado valores de 0 cuando el fenómeno amenazante no puede alcanzar una localización particular, y 1 cuando si es posible. En el caso de caída de cenizas volcánicas, la intensidad se mide en términos del espesor depositado de ceniza volcánica. La vulnerabilidad estructural está directamente asociada con el nivel de diseño de las cubiertas de las edificaciones. Para esta evaluación se consideró, de manera uniforme en toda la ciudad, una carga de diseño de cubiertas de 50 Kg/m².

Las funciones de vulnerabilidad empleadas se presentan en la Figura 4-4 y Figura 4-5.

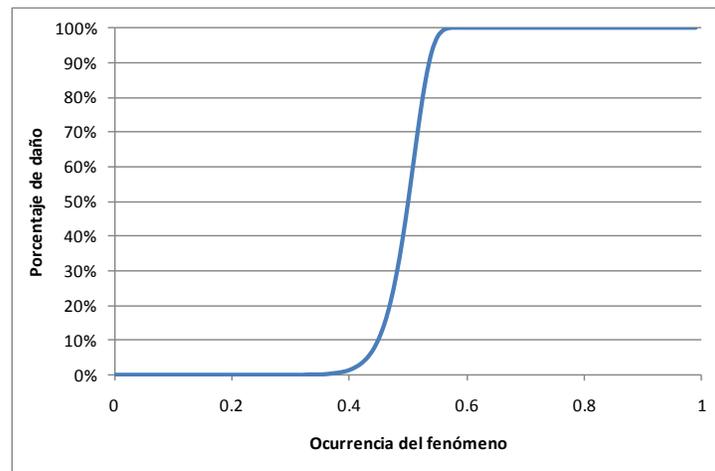


Figura 4-4

Curva de vulnerabilidad para flujos de lava y flujos piroclásticos

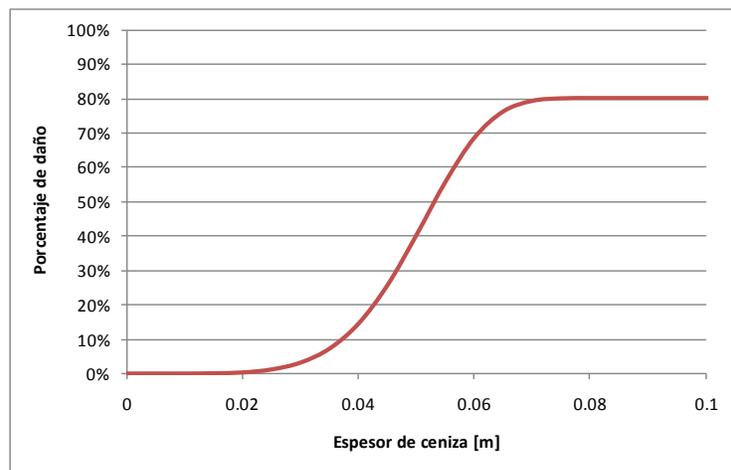


Figura 4-5

Curva de vulnerabilidad para caída de cenizas

5 Resultados de la Evaluación

La estimación del escenario de amenaza determinista y la simulación de las pérdidas esperadas que se derivan del evento seleccionado se llevaron a cabo utilizando las herramientas de evaluación de amenaza y riesgo de CAPRA (ERN 2009, ver www.ecapra.org). Esta plataforma permite realizar evaluaciones de amenaza volcánica, la asignación de las curvas de vulnerabilidad y el cálculo de riesgo para una base de exposición determinada. Los resultados se condensan en una serie de tablas y figuras que dan cuenta de la distribución general y espacial de las pérdidas económicas y humanas.

La Tabla 5-1 resume los resultados encontrados para este escenario en términos de pérdidas económicas y de vidas humanas totales y en porcentaje con respecto a los valores expuestos correspondientes.

Tabla 5-1
Valores expuestos y pérdidas económicas y de vidas humanas

Resultados		
Exposición	Física	
Valor Expuesto	USD\$ x10⁶	\$30,813
Pérdida Económica	USD\$ x10⁶	\$157.2
	%	0.51
Exposición	Humana	
Población Expuesta	Habitantes	1,534,996
Pérdida Humana	Víctimas	2,648
	%	0.17

5.1.1 Mapas de riesgo por distritos

A continuación se muestran los mapas de pérdidas esperadas, económicas y de vidas humanas, para el escenario volcánico escogido. Los resultados han sido agrupados a nivel de *Distrito*, lo que permite verlos de manera más globalizada.

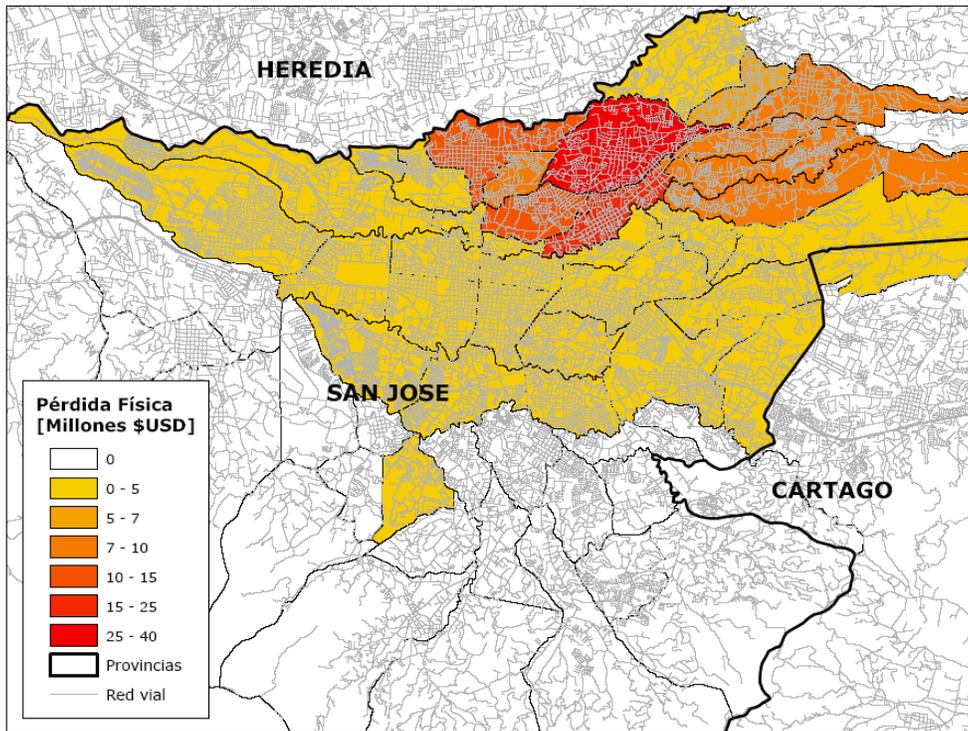


Figura 5-1
Pérdida física agrupada por distritos

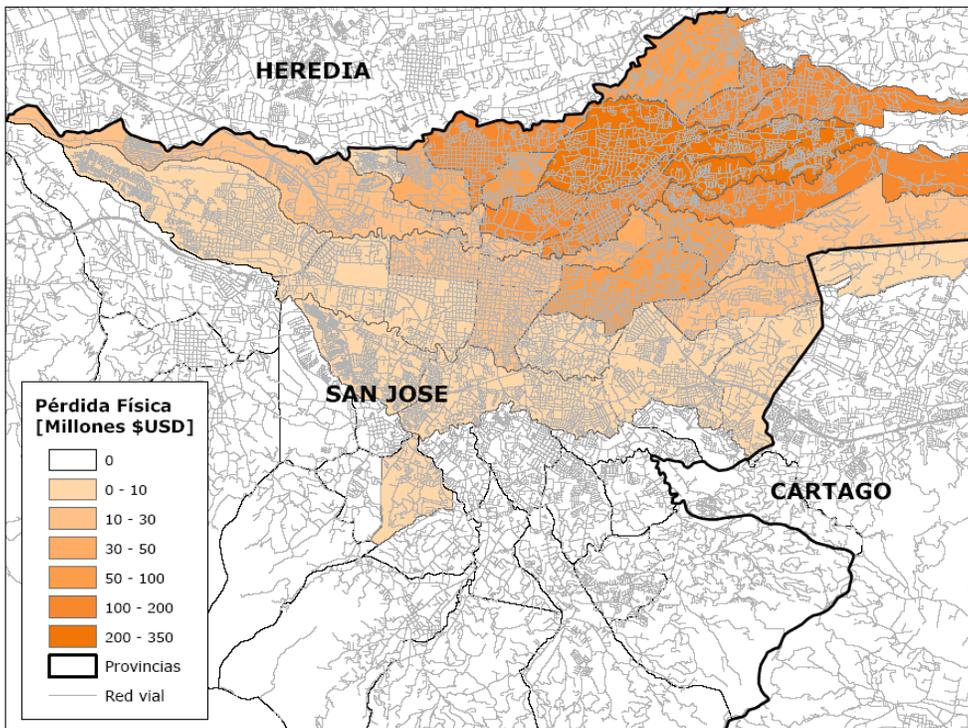


Figura 5-2
Número de víctimas agrupadas por distritos

6 Acciones Recomendadas

El análisis de riesgo volcánico presentado para la ciudad de San José debe verse como una aproximación inicial que permite la cuantificación y calificación del riesgo en la ciudad según la mejor información disponible, y que debe servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación integral de riesgo para efectos de toma de decisiones.

A continuación se dejan explícitas las limitaciones en la información utilizada para los análisis, lo cual debe servir de base para los planes de trabajos y estudios futuros por parte de la ciudad con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares presentados.

- (a) Información volcánica: es susceptible de complementarse y mejorarse, en la medida que se detalle el estudio de las características del volcán Irazú. Esta caracterización debe enfocarse en la determinación de parámetros del modelo probabilista propuesto en CAPRA (ver Informe ERN-CAPRA-T1-3: Modelos de Evaluación de Amenazas Naturales y Selección, ERN 2009). Sin embargo el costo y tiempo requerido para mejorar este tipo de información es muy alto y no se justifica en el corto plazo. Sí resulta de la mayor importancia mantener una red de observación vulcanológica en funcionamiento con miras a contar con mejor información en el futuro para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- (b) Información de exposición: debe recurrirse a la base catastral de la ciudad. El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores globales a esperar. Para efectos de resultados para toma de decisiones debe contarse con la base catastral de la ciudad y con índices oficiales de ocupación y costos.
- (c) Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad.
- (d) Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.

Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes (incluyendo estructura de cubierta) y su distribución dentro de la ciudad.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y humana ante las diferentes fuentes de amenaza.
- Inventario, valoración y clasificación de toda la infraestructura complementaria expuesta incluyendo vías, puentes, infraestructura de servicios públicos, instalaciones industriales importantes, plantas de generación de energía, hidroeléctricas, presas, túneles, aeropuertos y en general toda la infraestructura expuesta relevante del país.

Mediante una información más detallada de amenaza volcánica probabilista e infraestructura expuesta el sistema CAPRA permitiría realizar las siguientes evaluaciones complementarias:

- (a) Identificación de infraestructura crítica para la ciudad en términos de peligrosidad, valor expuesto, ocupación humana y otros criterios. Esto con el fin de priorizar inversión pública en recuperación o modernización de elementos claves para el desarrollo.
 - (b) Evaluación del riesgo por sectores incluyendo residencial, industrial, comercial, salud, educación, públicos y otros.
 - (c) Requerimientos de reforzamiento de activos públicos, especialmente edificaciones indispensables y de atención a la comunidad.
 - (d) Estimación del riesgo de activos privados para estratos bajos, medios y altos con fines de protección financiera y concientización del riesgo.
 - (e) Análisis de vulnerabilidad y requerimiento de reforzamiento para mitigación de impactos de los siguientes sistemas de servicios públicos:
 - a. Acueducto y alcantarillado: se incluyen las redes de tuberías principales o troncales. Se incluyen instalaciones importantes tales como estaciones de bombeo, cuartos de control, subestaciones, edificaciones administrativas y otras ubicadas dentro del perímetro urbano de la ciudad.
 - b. Energía: se incluye la red de distribución principal y las subestaciones eléctricas e instalaciones importantes para el funcionamiento del sistema.
 - c. Comunicaciones: se incluyen únicamente las subestaciones y centros de control importantes del sistema al igual que los sitios relevantes de
-

retransmisión, antenas y demás puntos que se consideren estratégicos para el funcionamiento del sistema.

- d. Gas: se considera la red de distribución principal del sistema de gas y las instalaciones relevantes tales como edificaciones administrativas, centros de control o “city gates”.
- e. Puentes vehiculares urbanos: se consideran los puentes vehiculares urbanos principales que hacen parte de la malla vial de la ciudad. }
- f. Instalaciones industriales de alta peligrosidad.

- (f) Requerimientos especiales para normativa sismo resistente, actualización o complementación de la misma.

Por otro lado, un análisis más detallado de la información que se presenta en este documento sirve de base para realizar una serie de análisis complementarios para efectos de los planes y preparativos de emergencia de la ciudad, incluyendo los siguientes:

- (a) Sector salud: requerimientos de atención médica para heridos, centros de atención de emergencia, ubicación, requerimientos de servicios públicos, personal médico, ambulancias, organización del tema de víctimas mortales.
 - (b) Seguridad: requerimientos de seguridad en los instantes y días posteriores al evento en cuanto a organización policial. Posibilidad de problemas sociales por falta de alimentos o de servicios.
 - (c) Atención de la emergencia: planeación de las diferentes acciones posteriores a la ocurrencia del desastre tales como reconocimiento, identificación y clausura de edificaciones afectadas, demoliciones, avisos a la población, cuadrillas de rescate, manejo de donaciones, suministros de alimentación, viviendas temporales, manejo de residuos, disponibilidad de maquinaria, etc.
 - (d) Requerimientos de viviendas temporales, campamentos, comida, víveres, suministros, atención médica post-emergencia, etc. Problemática de la vivienda de interés social.
 - (e) Problemática de personas sin empleo o lugar de trabajo según zonas, requerimientos inmediatos, afectación de la producción, efectos a largo plazo, medidas de mitigación de impactos.
 - (f) Planes de contingencia para los diferentes sectores de servicios públicos y sociales incluyendo suministro de agua, energía, gas, transporte público, generación de energía, telecomunicaciones y otras.
-

- (g) Pérdidas económicas esperadas, efectos en el mediano y largo plazo en las finanzas públicas, necesidades de mecanismos de transferencia del riesgo, planes de aseguramiento, proyección hacia el futuro.

El análisis de riesgo con las herramientas indicadas se convierte por lo tanto en un elemento fundamental en la gestión integral del riesgo de ciudades como San José, factor clave para el desarrollo económico y social. El proceso exige la participación activa de entidades públicas, universidades, sector privado y de la comunidad en general relacionada con esta temática.

7 Referencias

- Biblioteca Virtual en Población. Centro Centroamericano de Población. Censo de Población de Costa Rica 1971. Disponible en: <http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/censos/CostaRica/1971/index.htm>
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Metodología de Análisis Probabilista de Riesgos. Informe ERN-CAPRA-T1-6. <http://www.ecapra.org>. 2009.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Modelación Probabilista de Amenazas Naturales. Informe ERN-CAPRA-T2-3. <http://www.ecapra.org>. 2009.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Inventario de Elementos Expuestos. Informe ERN-CAPRA-T2-4. <http://www.ecapra.org>. 2009.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Plataforma para la Evaluación Probabilista de Riesgo CAPRA-GIS. <http://www.ecapra.org>. 2009.
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. ERN-Vulnerabilidad V1.0. 2009
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. ERN-Volcán V1.0. 2009
- HAZUS MH MR3. Multi-hazard loss estimation methodology. FEMA. <http://www.fema.gov>
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo de población Costa Rica 2000. <http://www.inec.go.cr/>
- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. <http://www.fao.org/>