

**COSTA RICA**

**TOMO II**  
**ANÁLISIS PROBABILISTA DE AMENAZAS Y RIESGOS**  
**NATURALES**

**INFORME TÉCNICO ERN-CAPRA-T2-22**  
**ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO PARA**  
**EMERGENCIAS EN SAN JOSÉ**



CEPRENAC



Inter-American Development Bank



World Bank

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.



**ERNA Ingenieros Consultores, S. C.**

**ERNA Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina**  
**[www.erna-la.com](http://www.erna-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

---

<b>1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>1-1</b>
<b>2</b>	<b>Información de referencia para el análisis .....</b>	<b>2-1</b>
2.1	Amenaza sísmica.....	2-1
2.2	Escenario de análisis.....	2-2
<b>3</b>	<b>Base de datos de exposición.....</b>	<b>3-1</b>
<b>4</b>	<b>Vulnerabilidad sísmica .....</b>	<b>4-1</b>
<b>5</b>	<b>Estimación de riesgo sísmico.....</b>	<b>5-1</b>
<b>6</b>	<b>Afectación a edificaciones.....</b>	<b>6-1</b>
6.1	Edificaciones afectadas.....	6-1
<b>7</b>	<b>Estimación de número de afectados, heridos y víctimas .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	Personas afectadas .....	7-1
7.2	Personas que requieren atención médica .....	7-3
7.3	Víctimas .....	7-6
<b>8</b>	<b>Acciones recomendadas .....</b>	<b>8-1</b>
<b>9</b>	<b>Referencias.....</b>	<b>9-1</b>

## Índice de figuras

---

FIGURA 2.1 MAPA DE ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO Y ACELERACIÓN ESPECTRAL (T=0.15) (TRET=500 AÑOS) .....	2-1
FIGURA 2.2 ACELERACIONES MÁXIMAS EN TERRENO FIRME PARA SISMO DE ANÁLISIS .....	2-2
FIGURA 3.1 DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXPUESTOS, EDIFICACIONES Y OCUPANTES POR SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	3-1
FIGURA 4.1 CURVAS DE VULNERABILIDAD PARA DIFERENTES SISTEMAS ESTRUCTURALES .....	4-2
FIGURA 5.1 CURVA DE PÉRDIDA MÁXIMA PROBABLE .....	5-1
FIGURA 5.2 CURVA DE TASA DE EXCEDENCIA DE PÉRDIDAS.....	5-1
FIGURA 5.3 DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS FÍSICAS AGRUPADAS POR DISTRITO .....	5-2
FIGURA 5.4 DISTRIBUCIÓN DE NÚMERO DE EDIFICACIONES POR RANGO DE PÉRDIDA ESPERADA [US\$] .....	5-3
FIGURA 5.5 DISTRIBUCIÓN DE NÚMERO DE EDIFICACIONES POR RANGO DE PÉRDIDA ESPERADA [%].....	5-3
FIGURA 6.1 DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE EDIFICACIONES AFECTADAS POR CANTÓN .....	6-1
FIGURA 7.1 PORCENTAJE DE PERSONAS AFECTADAS POR CANTÓN .....	7-2
FIGURA 7.5 PORCENTAJE DE HERIDOS POR CANTÓN .....	7-3
FIGURA 7.6 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL NÚMERO DE HERIDOS POR DISTRITO ARRIBA: SISMO OCURRIDO DURANTE EL DÍA, ABAJO: SISMO OCURRIDO EN LA NOCHE .....	7-4
FIGURA 7.7 PORCENTAJE DE VÍCTIMAS POR DISTRITO .....	7-6
FIGURA 7.8 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL NÚMERO DE VÍCTIMAS POR DISTRITO ARRIBA: SISMO OCURRIDO DURANTE EL DÍA, ABAJO: SISMO OCURRIDO EN LA NOCHE .....	7-7

## Índice de tablas

---

TABLA 3.1 VALORES EXPUESTOS Y OCUPACIÓN POR SISTEMA ESTRUCTURAL .....	3-1
TABLA 4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS ESTRUCTURALES PRESENTES .....	4-1
TABLA 4-2 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES DEFINITIVOS .....	4-1
TABLA 5.1 RESULTADOS GLOBALES DE PÉRDIDA .....	5-1
TABLA 5.2 RESULTADOS GLOBALES DE PÉRDIDA FÍSICA [MILLONES \$USD] .....	5-2
TABLA 5.3 RESULTADOS GLOBALES DE AFECTACIÓN HUMANA .....	5-3
TABLA 6.1 EDIFICACIONES AFECTADAS POR DISTRITO .....	6-1
TABLA 7.1 PERSONAS AFECTADAS POR CANTÓN .....	7-1
TABLA 7.3 NÚMERO DE HERIDOS POR CANTÓN .....	7-3
TABLA 7.4 NÚMERO DE VÍCTIMAS POR DISTRITO.....	7-6

# 1 Introducción

---

En el proceso de conocimiento y evaluación de los riesgos ocasionados por amenazas naturales se identifican condiciones de la ciudad en cuanto a la exposición del capital físico y humano, la vulnerabilidad física y social y su distribución geográfica y los daños y pérdidas esperados por tales eventos. A través de este procedimiento se brindan herramientas de decisión a los encargados de la planeación y desarrollo de la comunidad al determinar la magnitud del impacto en el desarrollo de la ciudad. Así mismo, se establecen parámetros para la formulación de planes dentro de la gestión ex ante y ex post del riesgo.

Con respecto a la organización y preparación para las actividades post desastre, dentro de un programa de fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante un sismo de gran magnitud se encuentran componentes y metas que buscan planificar actividades en pro de una respuesta efectiva ante las situaciones pos-desastre. La articulación de estos esfuerzos amplía la participación y acción de la ciudad en la gestión del riesgo.

En este programa se deben incluir la definición de escenarios y panoramas generales de daño de la ciudad, tema que corresponde al desarrollo del presente informe.

El objetivo de este tipo de análisis consiste en plantear un escenario de afectación, daños y pérdidas por terremoto para la ciudad con base en la información de amenaza más actualizada posible, en la base de datos de exposición disponible y en la información de vulnerabilidad para los diferentes tipos constructivos característicos.

Para poder desarrollar dicho escenario de afectación, daños y pérdidas es necesario seleccionar un evento sísmico representativo. Los parámetros involucrados en esta selección son la ubicación y la magnitud del evento. En general la ubicación será la más crítica posible con respecto a las posibles consecuencias sobre la infraestructura de la ciudad y la magnitud se seleccionará con base en el periodo de retorno que se desee seleccionar para el diseño de los planes de atención de la emergencia. Es posible naturalmente seleccionar diferentes eventos de diseño que producen situaciones de emergencia variables. Sin embargo la ciudad debe prepararse inicialmente para un evento representativo y luego en un proceso de ajuste se podrán considerar situaciones alternativas y cada vez más demandantes en el tiempo (sismos de análisis con periodos de retorno cada vez mayores).

El escenario seleccionado para el presente análisis corresponde a un sismo con magnitud 7.0 con epicentro a 5 km hacia el norte de San José y con una profundidad de 15 km, para el cual se han planteado dos diferentes evaluaciones según la ocurrencia del mismo, una durante el transcurso del día o jornada laboral (6 a.m. a 6 p.m.) y otra durante el transcurso de la noche. La selección final del escenario o escenarios está a cargo de las entidades encargadas de planificación de la ciudad el cual se debe ajustar a su plan de desarrollo, políticas actuales y capacidades reales en términos de recursos físicos, humanos y económicos.

El desarrollo del presente informe involucra tres fases específicas que son: la evaluación de la amenaza a nivel de la superficie del terreno en la ciudad, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los diferentes tipos constructivos característicos de la ciudad y la evaluación del riesgo. Los resultados de estos análisis se presentan en detalle en el informe ERN-CAPRA-T2-6 (Riesgo Sísmico de San José, ERN 2009).

Todos los análisis se realizan con base en la información digital disponible. El alcance de la presente evaluación no incluye el levantamiento de información primaria ni la digitalización de ningún tipo de información. Todo el trabajo se basa en la utilización de información digital secundaria existente.

Para el escenario definido se evalúa el porcentaje de daños esperados en cada una de las edificaciones incluidas en la base de datos. Estos porcentajes de daño representan la inversión que se requeriría en porcentaje del valor total del bien con el fin de realizar las reparaciones del caso para llevar el bien al estado en que se encontraba antes de ocurrido el evento.

Para el caso de la evaluación de daños en las edificaciones de la ciudad se presentan valoraciones complementarias aproximadas tales como las siguientes:

- (a) Valoración global de pérdidas económicas y su distribución geográfica
- (b) Cuantificación del número de viviendas afectadas y su distribución geográfica.
- (c) Cuantificación del número de viviendas colapsadas y su distribución geográfica.
- (d) Personas afectadas por daños en las viviendas y que requieren reubicación temporal o reemplazo de la vivienda.
- (e) Heridos y distribución geográfica.
- (f) Víctimas mortales y distribución geográfica.

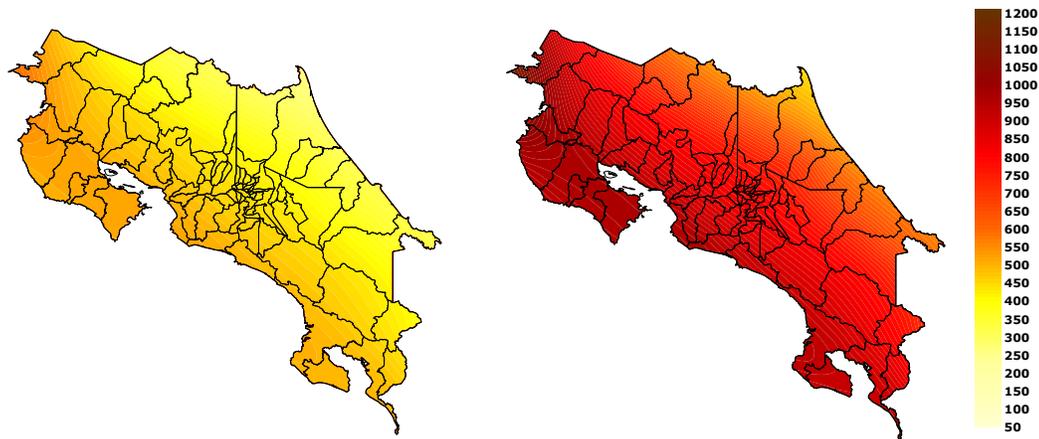
La información que se presenta en este informe es de tipo indicativa y debe utilizarse únicamente con este carácter. La confiabilidad de los resultados de los análisis realizados dependen exclusivamente de la calidad y confiabilidad de los datos de entrada. En particular se considera que la información correspondiente a exposición y vulnerabilidad puede mejorarse de manera importante mediante actividades adicionales, trabajo de campo y trabajo experimental. La información que se presentada no debe utilizarse para ningún otro propósito diferente al aquí indicado.

## 2 Información de referencia para el análisis

### 2.1 Amenaza sísmica

Para el análisis de amenaza sísmica se calcularon un total de 8,616 escenarios de terremoto, cada uno de ellos asociado a una frecuencia de ocurrencia determinada, y que corresponden a un número significativo de sismos de diferente magnitud y con distintos epicentros.

En la Figura 2-1 se presentan mapas de amenaza del país en términos de aceleración máxima a nivel de terreno firme  $\text{cm/s}^2$  y aceleración espectral en  $\text{cm/s}^2$  para un periodo estructural de  $T=0.15$  seg., ambos para un periodo de retorno de 500 años.



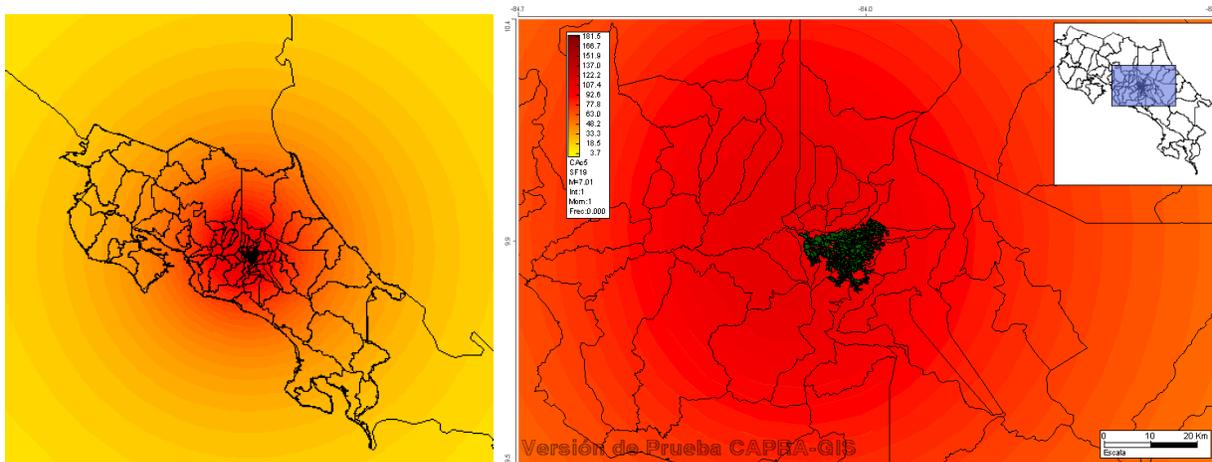
*Figura 2-1*  
*Mapa de aceleración máxima del terreno y aceleración espectral ( $T=0.15$ )*  
*( $T_{ret}=500$  años)*

La amenaza sísmica para la ciudad de San José se calculó empleando los avances presentados en el proyecto regional RESIS II (NORSAR et. al. 2008), el cual constituye el estudio más avanzado a la fecha con relación a evaluación de amenaza sísmica en América Central. A partir de la sismotectónica de la región, y la sismicidad registrada e histórica, se definieron una serie de fuentes sismogénicas, las cuales cubren la totalidad del territorio centroamericano, y conservan las condiciones de sismicidad generales y su variación regional.

La amenaza sísmica fue calculada usando el Módulo de Amenazas del **ERN-CAPRA**. Detalles del modelo se presentan en: <http://www.ecapra.org/es/> (wiki – amenazas). De la misma manera, en el informe ERN-CAPRA-T2-3 se presentan los detalles del modelo de evaluación de la amenaza sísmica a nivel del país.

## 2.2 Escenario de análisis

La amenaza sísmica para los escenarios de daño y pérdida se evaluó para un sismo de magnitud 7.0 con epicentro a 5 km hacia el norte de San José y con una profundidad de 15 km. 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 Figura 2-2 presenta el mapa de aceleraciones máximas en terreno firme generadas por el evento seleccionado.



**Figura 2-2**  
*Aceleraciones máximas en terreno firme para sismo de análisis*

### 3 Base de datos de exposición

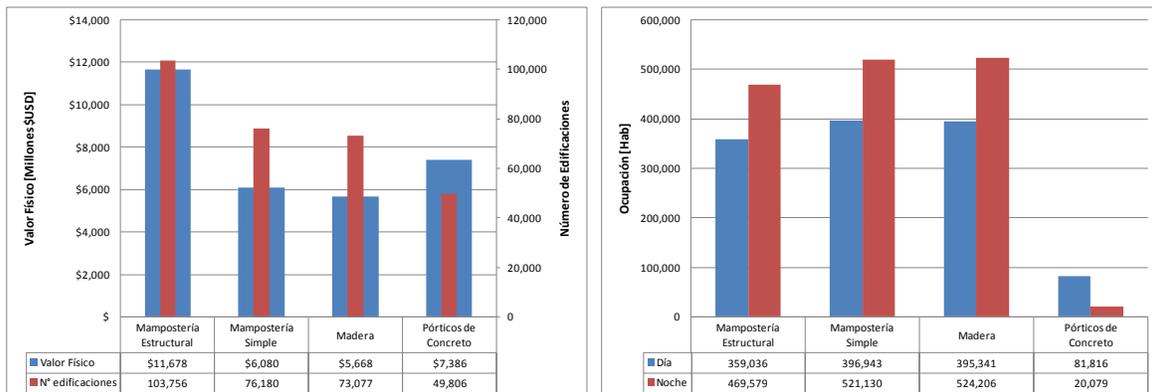
Con base en la información dada en el informe ERN-CAPRA-T2-6 la base de datos de exposición cuenta con cerca de 303,000 edificaciones y una población de 1'534,994 habitantes. Debe tenerse en cuenta que las zonas homogéneas levantadas, y en consecuencia, los predios asignados mediante el proceso de discretización 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 disponible que constituye la mejor información disponible a la fecha, al permitir establecer distribución geográfica de sistema estructural y número de pisos, los cuales son los principales determinantes de la vulnerabilidad asociada a cada predio.

La Tabla 3-1 y Figura 3-1 presentan la distribución general de valores expuestos y ocupación de edificaciones, para los diferentes tipos estructurales identificados en la base de datos de edificaciones para la ciudad.

**Tabla 3-1**  
*Valores expuestos y ocupación por sistema estructural*

Sistema	N° edificaciones	Valor Físico [\$USD x10 <sup>6</sup> ]	Ocupación Día [Hab]	Ocupación Noche [Hab]
<b>Mampostería Estructural</b>	103,756	\$11,678	359,036	469,579
<b>Mampostería Simple</b>	76,180	\$6,080	396,943	521,130
<b>Madera</b>	73,077	\$5,668	395,341	524,206
<b>Pórticos de Concreto</b>	49,806	\$7,386	81,816	20,079
<b>TOTAL</b>	<b>302,819</b>	<b>\$30,813</b>	<b>1,233,136</b>	<b>1,534,994</b>



**Figura 3-1**  
*Distribución de valores expuestos, edificaciones y ocupantes por sistemas estructurales*

## 4 Vulnerabilidad sísmica

Los tipos estructurales contenidos en la base datos corresponden a los presentados en la Tabla 4-1. Estos tipos se caracterizaron mediante las funciones de vulnerabilidad de pérdida física se presentan en la Figura 4-1.

*Tabla 4-1  
Descripción de los diferentes tipos estructurales presentes*

Sistema	Descripción
<b>Mampostería Estructural</b>	Muros de mampostería estructural o confinada, con o sin diafragma y con cubierta ligera o pesada
<b>Mampostería Simple</b>	Muros de mampostería simple, con o sin diafragma y con cubierta ligera o pesada
<b>Madera</b>	Madera con o sin diafragma con cubierta ligera o pesada
<b>Pórticos de Concreto</b>	Marcos de Concreto con o sin diafragma y con cubierta ligera o pesada

Considerando una mayor vulnerabilidad en ciertas zonas dada la calidad de la construcción la tabla anterior, se subdividió según el uso y el nivel socioeconómico, como se presenta en la Tabla 4-2. Empleando la información definida en cada zona homogénea.

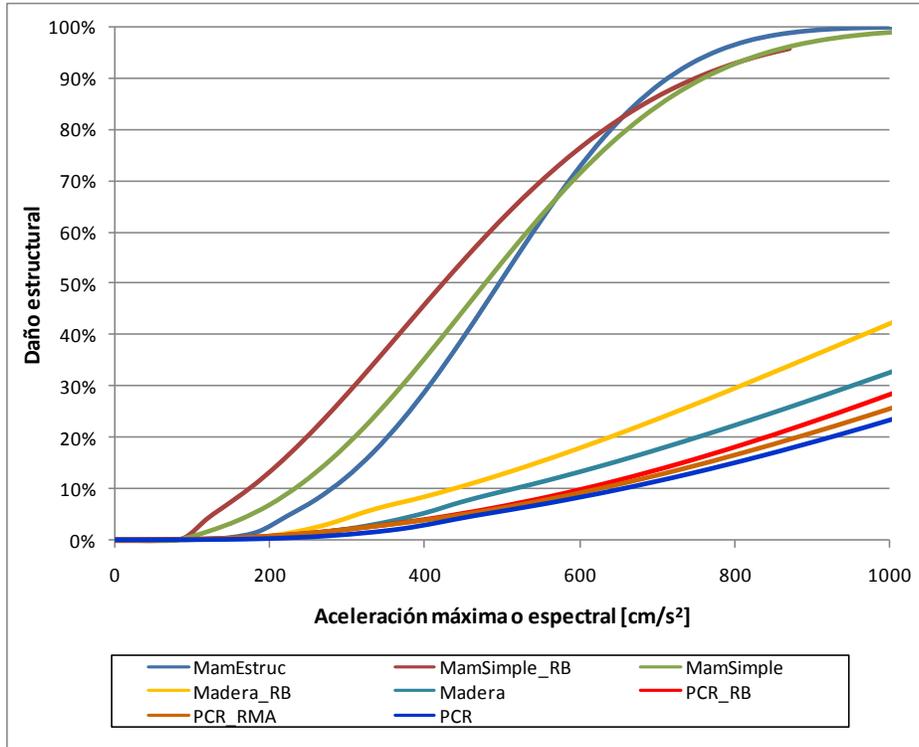
*Tabla 4-2  
Descripción de los tipos estructurales definitivos*

Sistema	Tipo	Uso	Nºpisos	Nivel Socioeconómico
<b>Mampostería Estructural</b>	<b>MamEstruc</b>	Todos	Todos	Todos
<b>Mampostería Simple</b>	<b>MamSimple_RB</b>	Residencial	Todos	Bajo
	<b>MamSimple</b>	Otros	Todos	Otros
<b>Madera</b>	<b>Madera_RB</b>	Residencial	Todos	Bajo
	<b>Madera</b>	Otros	Todos	Otros
<b>Pórticos de Concreto</b>	<b>PCR_RB</b>	Residencial	1 a 3	Bajo
	<b>PCR_RMA</b>	Residencial	1 a 3	Otros
	<b>PCR</b>	Otros	Otros	Todos

R se emplea para indicar uso residencial.

B para indicar el nivel socioeconómico bajo

MA para indicar los niveles socioeconómico medio a alto



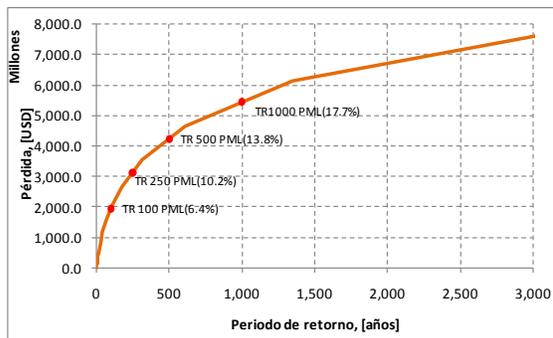
**Figura 4-1**  
*Curvas de vulnerabilidad para diferentes sistemas estructurales*

## 5 Estimación de riesgo sísmico

El análisis de riesgo para el portafolio completo de edificaciones permite obtener valores generales de daño y pérdida, incluyendo parámetros probabilistas tales como la pérdida anual esperada en porcentaje y en valor económico y la pérdida máxima probable en porcentaje y en valor económico para diferentes periodos de retorno. La Tabla 5-1 y las Figura 5-1 y Figura 5-2 resumen dichos resultados.

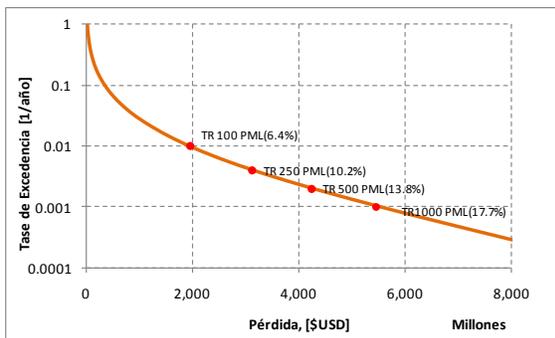
*Tabla 5-1  
Resultados globales de pérdida*

Resultados		
<b>Valor Expuesto</b>	<b>USD\$ x10<sup>6</sup></b>	\$30,813
<b>Pérdida anual esperada</b>	<b>USD\$ x10<sup>6</sup></b>	\$188.6
	<b>%o</b>	6.1
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
<b>años</b>	<b>USD\$ x10<sup>6</sup></b>	<b>%</b>
<b>100</b>	\$1,952	6.4
<b>250</b>	\$3,128	10.2
<b>500</b>	\$4,238	13.8
<b>1000</b>	\$5,450	17.7



*Figura 5-1*

*Curva de pérdida máxima probable*



*Figura 5-2*

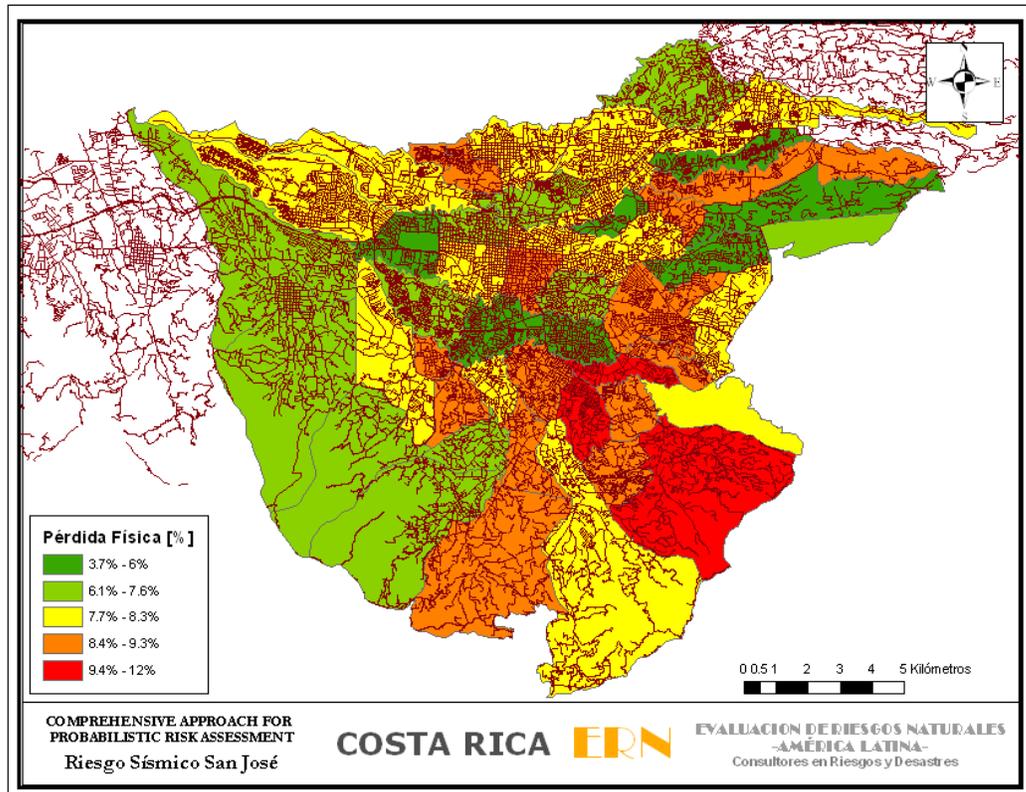
*Curva de tasa de excedencia de pérdidas*

Por otro lado el análisis de riesgo para el evento seleccionado (sismo con magnitud 7.0) permite obtener la valoración global de la pérdida esperada en porcentaje para este escenario. La Tabla 5-2 resume estos resultados incluyendo número de predios, valor total expuesto, porcentaje de daño esperado para el escenario y valor económico total de los daños.

**Tabla 5-2**  
**Resultados globales de pérdida física [Millones \$USD]**

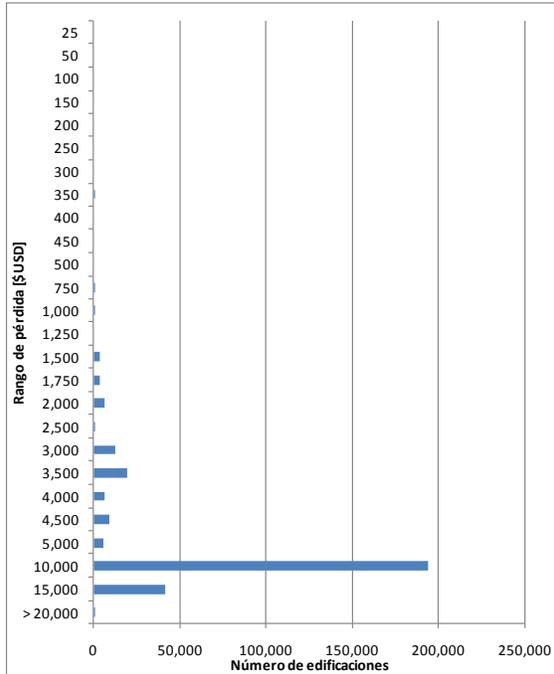
Cantón	No. Edificaciones	Valor Expuesto	Pérdida física esperada	
			[Mill. USD]	[%]
Alajuelita	20,902	1,616	140	8.6
Aserri	5,786	446	40	9.1
Curridabat	24,272	3,178	240	7.5
Desamparados	50,762	4,285	359	8.4
Escazu	39,426	5,275	293	5.5
Goicoechea	35,584	3,035	232	7.6
Montes de Oca	16,140	1,599	103	6.4
Moravia	7,172	658	50	7.6
San Jose	88,836	9,465	627	6.6
Santa Ana	1	0	0	8.2
Tibas	10,083	907	71	7.8
Vasquez de Coronado	3,855	347	26	7.4
<b>Total</b>	<b>302,819</b>	<b>30,813</b>	<b>2,180</b>	<b>7.1</b>

Por otro lado, la Figura 5-3 permite visualizar la distribución geográfica de los daños en porcentaje utilizando como unidad de visualización los distritos.

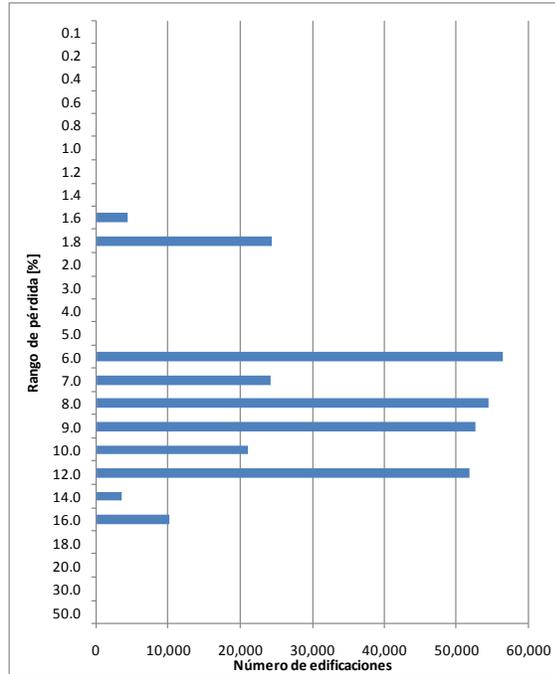


**Figura 5-3**  
**Distribución de pérdidas físicas agrupadas por distrito**

También la Figura 5-4 y la Figura 5-5 presentan histogramas de frecuencias de daños en porcentaje y en valor económico.



**Figura 5-4**  
*Distribución de número de edificaciones por rango de pérdida esperada [US\$]*



**Figura 5-5**  
*Distribución de número de edificaciones por rango de pérdida esperada [%]*

Finalmente la Tabla 5-3 presenta los valores de exposición, víctimas y heridos todo en clasificación para los diferentes distritos.

**Tabla 5-3**  
*Resultados globales de afectación humana*

Cantón	Escenario Día		Escenario Noche	
	Heridos	Victimas	Heridos	Victimas
Alajuelita	4,318	867	6,049	1,209
Aserri	1,183	233	1,674	331
Curridabat	2,635	517	3,682	701
Desamparados	8,951	1,764	12,166	2,387
Escazu	4,554	1,013	5,635	1,118
Goicoechea	6,543	1,313	8,917	1,764
Montes de Oca	1,931	392	2,565	494
Moravia	1,060	201	1,529	290
San José	9,494	2,088	10,717	2,119
Santa Ana	0	0	0	0
Tibas	1,470	279	1,875	356
Vasquez de Coronado	578	110	841	160
<b>Total</b>	<b>42,716</b>	<b>8,778</b>	<b>55,651</b>	<b>10,930</b>

## 6 Afectación a edificaciones

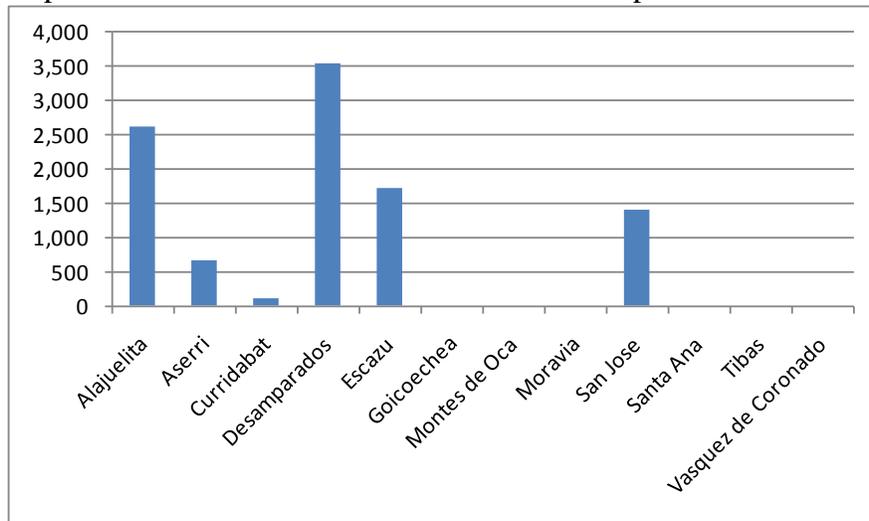
### 6.1 Edificaciones afectadas

En el presente análisis se define como edificaciones que sufren algún grado de afectación aquellas que indiquen un daño esperado, para el escenario sísmico estudiado, de consideración. La Tabla 6-1 resume los resultados por distrito.

*Tabla 6-1*  
*Edificaciones afectadas por distrito*

Cantón	No de Edificaciones	Edificaciones afectadas	
		Cantidad	%
<b>Alajuelita</b>	20,902	2,617	12.5
<b>Aserri</b>	5,786	653	11.3
<b>Curridabat</b>	24,272	106	0.4
<b>Desamparados</b>	50,762	3,542	7.0
<b>Escazu</b>	39,426	1,728	4.4
<b>Goicoechea</b>	35,584	0	0.0
<b>Montes de Oca</b>	16,140	0	0.0
<b>Moravia</b>	7,172	0	0.0
<b>San José</b>	88,836	1,401	1.6
<b>Santa Ana</b>	1	0	0.0
<b>Tibas</b>	10,083	0	0.0
<b>Vasquez de Coronado</b>	3,855	0	0.0
<b>Total general</b>	<b>302,819</b>	<b>10,047</b>	<b>3.3</b>

La Figura 6-1 presenta el número de edificaciones afectadas para cada uno de los distritos.



*Figura 6-1*  
*Distribución del número de edificaciones afectadas por cantón*

Alrededor de 10,000 edificaciones que pueden verse afectadas por un evento como el considerado es necesario prever algunas necesidades inmediatas tales como las siguientes:

- Grupos de inspección de edificaciones para calificación en seguras, inseguras y las que requieren demolición.
- Servicios de seguridad para evitar ocupación de bienes en peligro, robo de materiales y otros.
- Servicios de emergencias por consecuencias indirectas tales como incendios, escapes de gas, escapes de agua, rotura de tuberías y otros.

## 7 Estimación de número de afectados, heridos y víctimas

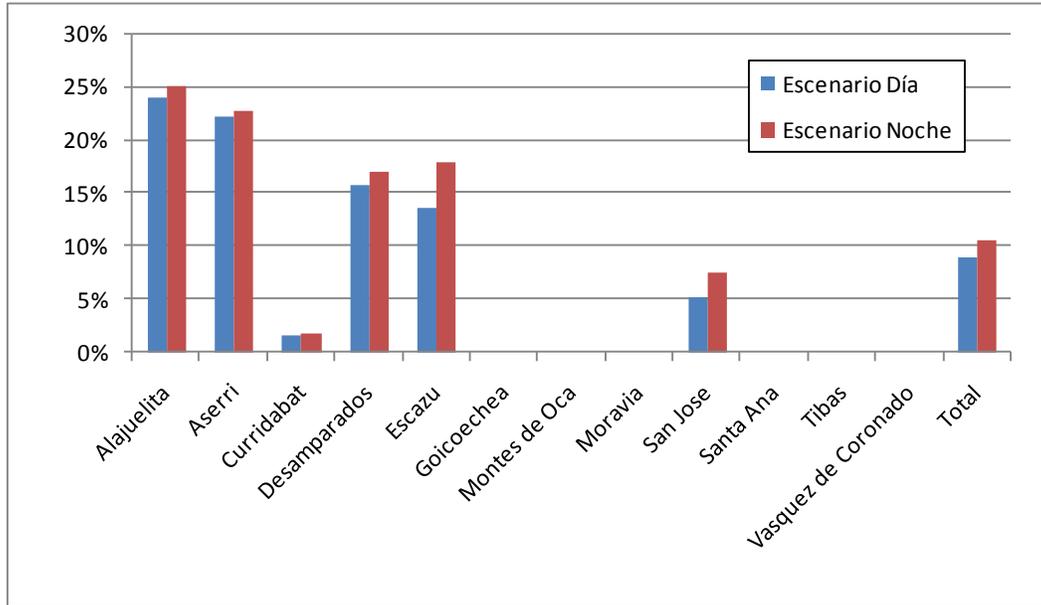
### 7.1 Personas afectadas

En el presente análisis se considera que las personas afectadas por el evento son aquellas que ocupan edificaciones que se hayan visto afectadas de acuerdo con la información del numeral 6.1. El nivel de afectación significa para efectos del presente análisis, las personas que de alguna manera ocupan las edificaciones que se ven afectadas con daños parciales o totales de consideración. En ese mismo grupo clasifican las personas que pueden quedar heridas o atrapadas y las que pueden fallecer a consecuencia del evento. La Tabla 7-1 resume los resultados por distrito.

*Tabla 7-1  
Personas afectadas por Cantón*

Cantón	Escenario Día			Escenario Noche		
	Ocupación	Afectados	%	Ocupación	Afectados	%
<b>Alajuelita</b>	120,233	28,791	23.95	167,301	41,878	25.03
<b>Aserri</b>	32,488	7,186	22.12	45,982	10,453	22.73
<b>Curridabat</b>	72,474	1,165	1.61	98,614	1,694	1.72
<b>Desamparados</b>	248,409	38,958	15.68	335,246	56,666	16.90
<b>Escazu</b>	140,631	19,007	13.52	154,722	27,647	17.87
<b>Goicoechea</b>	183,022	0	0.00	245,307	0	0.00
<b>Montes de Oca</b>	56,094	0	0.00	70,925	0	0.00
<b>Moravia</b>	29,002	0	0.00	41,836	0	0.00
<b>San Jose</b>	294,597	15,409	5.23	300,562	22,413	7.46
<b>Santa Ana</b>	1	0	0.00	2	0	0.00
<b>Tibas</b>	40,282	0	0.00	51,367	0	0.00
<b>Vasquez de Coronado</b>	15,903	0	0.00	23,132	0	0.00
<b>Total</b>	<b>1,233,138</b>	<b>110,516</b>	<b>8.96</b>	<b>1,534,996</b>	<b>160,751</b>	<b>10.47</b>

La Figura 7-1 presenta el porcentaje de personas afectadas para cada uno de los distritos.



**Figura 7-1**  
**Porcentaje de personas afectadas por cantón**

Para un conteo superior a los 110,000 habitantes que se pueden ver afectados por un evento como los considerados es necesario prever algunas necesidades inmediatas tales como las siguientes:

- Requerimientos de servicios públicos en el corto plazo tales como luz, agua, alimentos
- Servicios de seguridad por vandalismo
- Asesorías y acompañamiento psicológico
- Conformación del tejido social en zonas de desastres
- Búsqueda de seres queridos e inventario de desaparecidos
- Conformación de oportunidades laborales

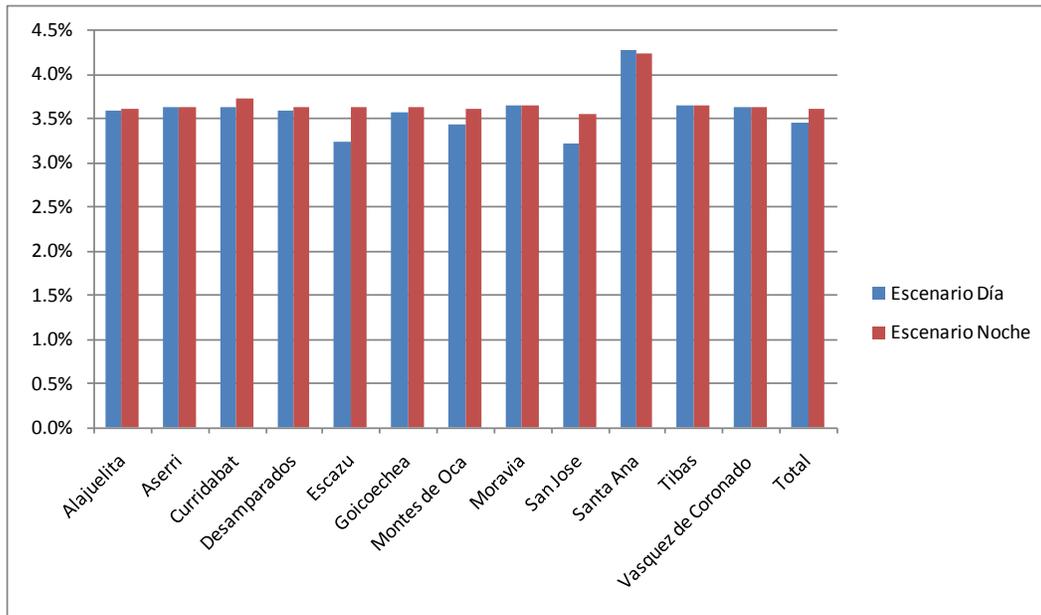
## 7.2 Personas que requieren atención médica

La cuantificación de personas que pueden quedar heridas y que por lo tanto requieren atención médica se realiza utilizando los análisis de riesgo con base en las funciones de vulnerabilidad humana. La Tabla 7-2 resume los resultados por distrito.

**Tabla 7-2**  
**Número de heridos por Cantón**

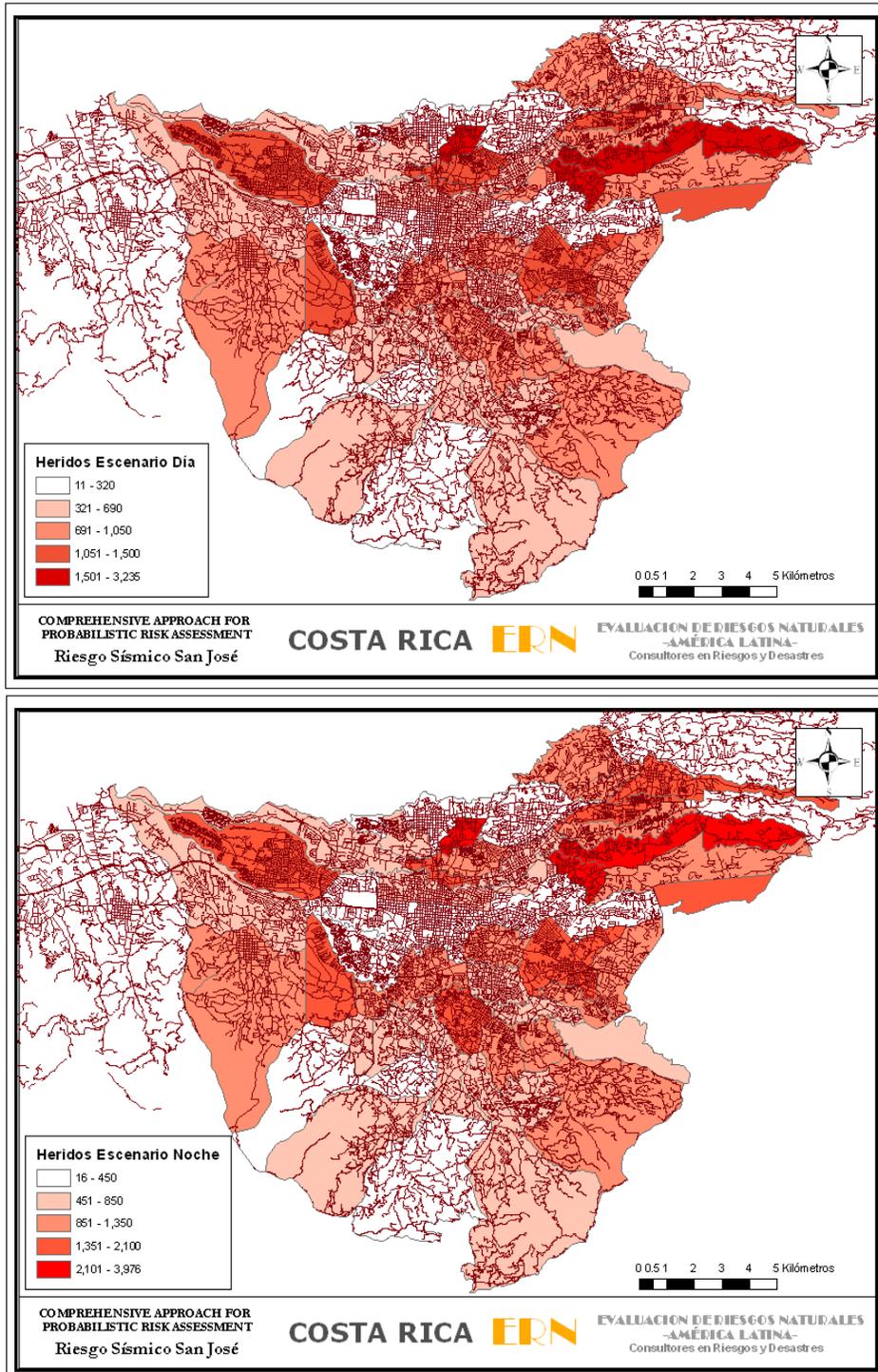
Cantón	Escenario Día			Escenario Noche		
	Ocupación	Heridos	%	Ocupación	Heridos	%
<b>Alajuelita</b>	120,233	4,318	3.6	167,301	6,049	3.6
<b>Aserri</b>	32,488	1,183	3.6	45,982	1,674	3.6
<b>Curridabat</b>	72,474	2,635	3.6	98,614	3,682	3.7
<b>Desamparados</b>	248,409	8,951	3.6	335,246	12,166	3.6
<b>Escazu</b>	140,631	4,554	3.2	154,722	5,635	3.6
<b>Goicoechea</b>	183,022	6,543	3.6	245,307	8,917	3.6
<b>Montes de Oca</b>	56,094	1,931	3.4	70,925	2,565	3.6
<b>Moravia</b>	29,002	1,060	3.7	41,836	1,529	3.7
<b>San Jose</b>	294,597	9,494	3.2	300,562	10,717	3.6
<b>Santa Ana</b>	1	0	4.3	2	0	4.3
<b>Tibas</b>	40,282	1,470	3.6	51,367	1,875	3.7
<b>Vasquez de Coronado</b>	15,903	578	3.6	23,132	841	3.6
<b>Total</b>	<b>1,233,138</b>	<b>42,716</b>	<b>3.5</b>	<b>1,534,996</b>	<b>55,651</b>	<b>3.6</b>

La Figura 7-2 presenta el número de personas que requieren atención médica para cada uno de los distritos.



**Figura 7-2**  
**Porcentaje de heridos por Cantón**

Finalmente la Figura 7-3 presenta la distribución geográfica del número de personas que requieren atención médica, agrupadas por barrio.



**Figura 7-3**  
*Distribución geográfica del número de heridos por distrito*  
*Arriba: sismo ocurrido durante el día, Abajo: sismo ocurrido en la noche*

De acuerdo con el análisis anterior, para el escenario de análisis debe considerarse un total superior a 42,000 personas distribuidas en toda la ciudad que requieren algún tipo de atención médica. Considerando que un porcentaje de estas personas van a requerir transporte y hospitalización mientras que otras van a requerir atención médica sin hospitalización, esta información debe cruzarse con la capacidad de los hospitales y centros de salud distribuidos en la ciudad, con el número de ambulancias y personal médico de emergencias que pueden recorrer la ciudad, con las rutas preferenciales que deben disponerse para el transporte de personal médico y heridos y en fin para todo el proceso de plan de contingencia en términos de atención médica y hospitalaria.

La distribución geográfica de los heridos también define la organización de los diferentes grupos de rescate en términos de número de grupos requeridos, disponibilidad, transporte y accesibilidad a sitios críticos.

Los requerimientos especiales para este tipo de grupos tales como tipo de equipos, logística, medios de transporte y comunicación y otros dependen más de los tipos constructivos más vulnerables y de los recursos disponibles a nivel de las entidades a cargo de la atención de emergencias.

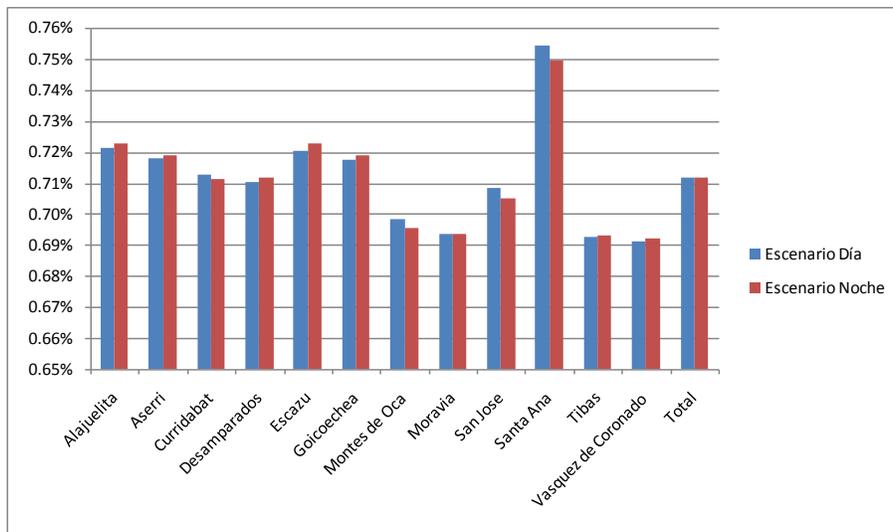
### 7.3 Víctimas

La cuantificación de víctimas mortales del evento requiere también la utilización de las funciones de vulnerabilidad humana como se explicó anteriormente. La Tabla 7-3 resume los resultados por distrito referentes al número total esperado de víctimas en la ciudad ante el evento seleccionado para el análisis.

**Tabla 7-3**  
*Número de víctimas por Distrito*

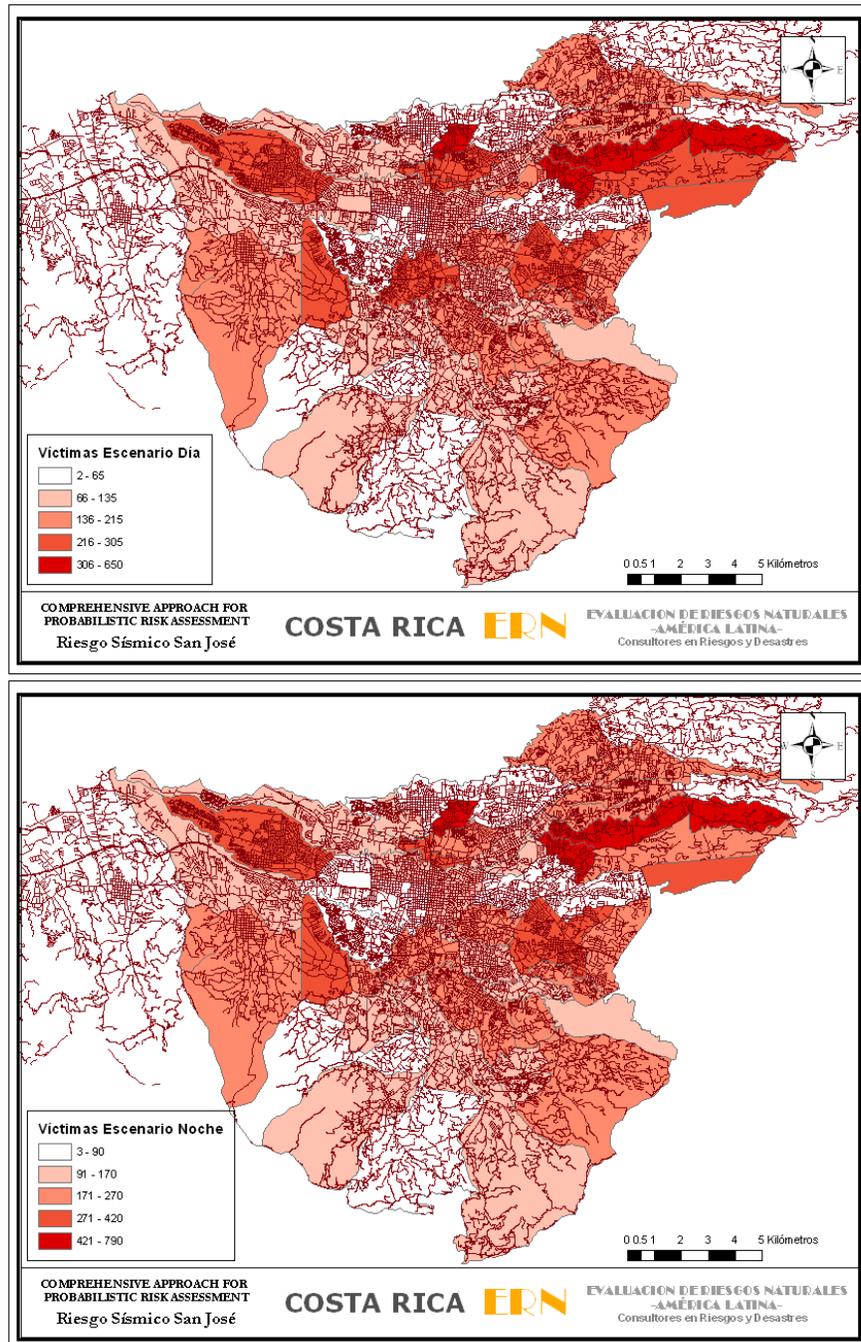
Cantón	Escenario Día			Escenario Noche		
	Ocupación	Heridos	%	Ocupación	Heridos	%
<b>Alajuelita</b>	120,233	867	0.7	167,301	1,209	0.7
<b>Aserri</b>	32,488	233	0.7	45,982	331	0.7
<b>Curridabat</b>	72,474	517	0.7	98,614	701	0.7
<b>Desamparados</b>	248,409	1,764	0.7	335,246	2,387	0.7
<b>Escazu</b>	140,631	1,013	0.7	154,722	1,118	0.7
<b>Goicoechea</b>	183,022	1,313	0.7	245,307	1,764	0.7
<b>Montes de Oca</b>	56,094	392	0.7	70,925	494	0.7
<b>Moravia</b>	29,002	201	0.7	41,836	290	0.7
<b>San Jose</b>	294,597	2,088	0.7	300,562	2,119	0.7
<b>Santa Ana</b>	1	0	0.8	2	0	0.8
<b>Tibas</b>	40,282	279	0.7	51,367	356	0.7
<b>Vasquez de Coronado</b>	15,903	110	0.7	23,132	160	0.7
<b>Total</b>	<b>1,233,138</b>	<b>8,778</b>	<b>0.7</b>	<b>1,534,996</b>	<b>10,930</b>	<b>0.7</b>

La Figura 7-4 presenta el número de víctimas para cada uno de los cantones para el escenario de análisis.



**Figura 7-4**  
*Porcentaje de víctimas por distrito*

Finalmente la Figura 7-5 presenta la distribución geográfica del número de víctimas agrupadas por distrito.



**Figura 7-5**  
*Distribución geográfica del número de víctimas por distrito*  
*Arriba: sismo ocurrido durante el día, Abajo: sismo ocurrido en la noche*

De acuerdo con el análisis anterior, para el escenario de análisis debe considerarse un total aproximado superior a las 8,500 víctimas, todas ellas distribuidas en la ciudad. El manejo de las víctimas requiere una serie de acciones como son las siguientes:

- Personal especializado para inspección y levantamiento de cadáveres.
- Personal de rescate y equipos para acceso a cuerpos en edificaciones colapsadas.
- Disponibilidad de transporte inmediato de cadáveres.
- Sitios para disposición temporal de cadáveres mientras se hacen proceso de reconocimiento e identificación.
- Disposición final de los cuerpos.
- Servicios religiosos
- Acompañamiento a familiares

## 8 Acciones recomendadas

---

La información presentada anteriormente 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, asesorías y acompañamiento psicológico, etc.
- (b) Seguridad: requerimientos de seguridad en los instantes y días posteriores al evento en cuanto a organización policial y del ejército. Posibilidad de problemas sociales por falta de alimentos o de servicios. Saqueos, robos, asaltos y demás problemas delincuenciales.
- (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 y escombros, disponibilidad de maquinaria, manejo y disposición de cadáveres etc.
- (d) Requerimientos de viviendas temporales, campamentos, comida, víveres, suministros, atención médica post-emergencia, problemática de la vivienda de interés social, zonas de ubicación de viviendas temporales y del proceso de reconstrucción.
- (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.

## 9 Referencias

---

- Arámbula, S., Ordaz, M., Yamin, L.E., Cardona, O.D., Evaluación de Pérdidas por Sismo en Colombia: Aplicación a la Industria Aseguradora, VIII Seminario Internacional y Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Bogotá D.C., 2001.
- Bando Mundial, ONU/EIRD, CEPREDENAC. 2009 Evaluación Probabilística de Riesgos para Centro América. ERN Consultores
- Biblioteca Virtual en Población. Centro Centroamericano de Población. Censo de Población de Costa Rica 1971. Disponible en:  
[http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/censos/Costa Rica/1971/index.htm](http://ccp.ucr.ac.cr/bvp/censos/Costa%20Rica/1971/index.htm)
- Evaluación de Riesgos Naturales ERN – América Latina. Riesgo sísmico de San José. Informe ERN-CAPRA-T2-6. <http://www.ecapra.org>. 2009.
- INIDE, Instituto Nacional de Información de Desarrollo. Censo de población Costa Rica 2005. [www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasCompleto.pdf](http://www.inide.gob.ni/censos2005/CifrasCompleto.pdf)
- Universidad de los Andes. Centro de Estudios Sobre Desastres y Riesgos – CEDERI, “Escenarios de riesgo y pérdidas por terremoto para Bogotá D.C.”, DPAE - Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, Bogotá D.C., Colombia, 2005.