



**CAPACITY BUILDING FOR NATURAL DISASTER REDUCTION (CBNDR)
REGIONAL ACTION PROGRAM FOR CENTRAL AMERICA (RAPCA)**

Caso de Estudio

**Amenaza Sísmica y Vulnerabilidad Física en la ciudad de
Cañas, Guanacaste, Costa Rica**

Por: A. Climent, D. Salgado, S. Slob y C. J. van Westen

Agosto 2003



Para mayor información contactar:

Dr. Cees van Westen
International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC)
P.O. Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands
E-mail: westen@itc.nl

Información sobre los resultados del proyecto RAPCA pueden ser obtenidos en la página de internet referenciada a continuación:

<http://bb.itc.nl>

Username: UNESCO

Password: RAPCA

Seleccione:

Organizations in which you are participating: UNESCO RAPCA

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVO	2
3	METODOLOGÍA.....	2
4	TECTÓNICA Y SISMICIDAD EN LA REGIÓN DE ESTUDIO	4
4.1	Marco tectónico regional	4
4.2	Proceso de subducción.....	5
4.3	Sistemas de fallamiento	5
4.4	Sismicidad Histórica.....	8
5	ESTIMACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA.....	12
6	VULNERABILIDAD FÍSICA DE LAS EDIFICACIONES	19
7	CONCLUSIONES	24
8	RECOMENDACIONES.....	24
9	REFERENCIAS	25

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Esquema simplificado para la estimación determinística de la amenaza sísmica.
- Figura 2: Marco tectónico regional de Costa Rica.
- Figura 3: Tectónica relacionada al fallamiento superficial en la región donde se ubica la ciudad de Cañas.
- Figura 4: Sismos históricos severos ($M_s \geq 6,0$) en el periodo 1985-2000, en la región donde se ubica la ciudad de Cañas y localización de los escenarios sísmicos.
- Figura 5: Esquema simplificado para la estimación de la amenaza sísmica determinística utilizando un SIG.
- Figura 6: Amenaza sísmica en la región noroeste de Costa Rica, dado que ocurre un sismo de magnitud 7,7 en la península de Nicoya y asociado a la subducción.
- Figura 7: Amenaza sísmica en la región noroeste de Costa Rica dado que ocurre un sismo de magnitud 6,5 en la falla Chiripa o Cote-Arenal.
- Figura 8: Mapa de condición físico-mecánica cualitativa de los suelos y rocas en la ciudad de Cañas y alrededores.
- Figura 9: Mapa de amenaza sísmica en valores de Intensidad MM en la ciudad de Cañas de acuerdo al escenario sísmico 1.
- Figura 10: Mapa de amenaza sísmica en valores de Intensidad MM en la ciudad de Cañas de acuerdo al escenario sísmico 2.
- Figura 11: Edificaciones tipo identificadas en la ciudad de Cañas.
- Figura 12: Mapa de riesgo sísmico en la ciudad de Cañas, cuantificado de acuerdo a la cantidad de daños esperado, dado que se presenta una Intensidad MM VII.
- Figura 13: Mapa de riesgo sísmico en la ciudad de Cañas, cuantificado de acuerdo a la cantidad de daños esperado, dado que se presenta una Intensidad MM VIII.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Sismicidad histórica en la región noroeste de Costa Rica.
- Tabla 2. Relación entre escalas de intensidad y el potencial de daños.

PRESENTACIÓN

El presente estudio se ha desarrollado dentro del marco del *Regional Action Program Central America (RAP-CA)* subprograma del *Capacity Building for Natural Disaster Reduction Program (CBNDR)* de *UNESCO*. Dicho programa ha contado con el aporte económico de Holanda y la coordinación de CEPREDENAC como organismo regional en Centroamérica.

Los países participantes de este proyecto, todos los de la región incluyendo a Belice y República Dominicana como país invitado, recibieron capacitación en geo-amenazas - deslizamientos, sismos, inundaciones y erupciones volcánicas- preparación de mapas y zonificación de las mismas para su uso en programas de prevención, planificación y desarrollo urbano. Los métodos y técnicas aprendidas estuvieron basados en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La capacitación fue recibida en el International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Holanda, entre los meses de abril a julio del año 2000, incluyendo un caso de estudio y trabajo de campo realizado en la ciudad de Turrialba, Costa Rica.

Una vez finalizada la capacitación, cada país presentó un proyecto nacional de investigación. Para la ejecución del mismo los participantes contaron con el soporte técnico de profesionales y especialistas del ITC, Universidad Tecnológica de Delf (TUD) y la Universidad de Utrecht (UU) hasta el fin del proyecto a finales del año 2003. En el caso de Costa Rica se escogió la ciudad de Cañas como ciudad piloto para implementar el proyecto, coordinado por la CNE, *Fortalecimiento de Procesos para el Manejo de Información sobre Amenazas y Riesgos en el Nivel Local*, del cual forma el estudio presente.

Por Costa Rica participaron la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), El Instituto Costarricense de Electricidad ICE y el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), representados por los Srs. Douglas Salgado, Alvaro Climent y Sergio Barrantes respectivamente.

Le correspondió al Ing. Climent del Área de Amenazas y Auscultación Sismo-Volcánica del Centro de Servicio Exploraciones Subterráneas (PySA) del ICE la coordinación del presente estudio, el cual contó con el apoyo del Sr. Salgado y la consultoría técnica de Cees Van Westen y Seifko Slob del ITC.

RESUMEN

En el presente estudio se realizó una cuantificación del efecto de la tectónica y la sismicidad de Costa Rica en la ciudad de Cañas, por medio del cálculo de la aceleración horizontal pico del terreno y de la Intensidad Mercalli Modificada (IMM), que definen el grado de amenaza sísmica en la misma. Además se obtuvieron mapas cualitativos de vulnerabilidad física de las edificaciones de la ciudad, utilizando el archivo digital del catastro de la ciudad y una base de datos relacionada, obtenida del censo e inventario realizado dentro del marco del proyecto, que incluye este estudio en particular.

De la información sismológica recopilada en las bases de datos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), así como de la Red Sismológica Nacional (RSN:ICE-UCR), se indica que históricamente se ha reportado la ocurrencia de varios sismos severos en la región donde se localiza la ciudad de Cañas, como por ejemplo el ocurrido el año 1950 (Ms 7,7) asociado a la subducción, o el de 1973 (Terremoto de Tilarán, Ms 6,5) asociado con el fallamiento superficial (falla Chiripa), y cuyo epicentro se ubico aproximadamente a 22 km de Cañas.

Los resultados obtenidos del análisis determinístico de amenaza indican que en el caso de ocurrir un evento sísmico de magnitud 7,7 en la península de Nicoya y asociado a la subducción, la ciudad de Cañas experimentaría una sacudida sísmica de grado VIII en la escala Mercalli Modificada y de grado VII a VIII en el caso de ocurrir en evento de magnitud 6,5 en la falla Chiripa o la Cote-Arenal. Estos valores coincidiendo con las mayores intensidades reportadas en el siglo XX en la región noroeste de Costa Rica. Ambos eventos considerados los escenarios sísmicos más adversos para la ciudad de Cañas.

De acuerdo con los valores de intensidades estimados, se podría esperar que en la ciudad de Cañas, se presenten niveles de intensidad sísmica cuya sacudida sería percibida como muy fuerte. Un 32 % del total de las edificaciones se verían afectadas considerablemente en el caso de presentarse una I(MM) de grado VII, y un 50 % en el caso de VIII. Las viviendas que se verían mayormente afectadas, será debido a problemas de diseño, malas prácticas constructivas o deterioro físico por edad y falta de mantenimiento. Efectos más severos podrían presentarse en sitios muy puntuales debido a condiciones de suelos especiales (amplificación, licuefacción, deslizamientos) o a malas prácticas de diseño y construcción de las obras o infraestructura.

1 INTRODUCCIÓN

Costa Rica es un país tectónicamente activo y de alta sismicidad, caracterizado por la ocurrencia periódica de eventos sísmicos con características destructivas (terremotos). Al igual que el resto del país, la ciudad de Cañas se encuentra localizada dentro de importantes zonas sismo-tectónicas, por lo que se considera de suma importancia el evaluar y estimar la severidad con que estas estructuras geológicas amenazan sísmicamente dicha ciudad y el efecto que la misma tendrá sobre las edificaciones.

Los eventos sísmicos pueden provocar interrupción y daños en las actividades socio-económicas e infraestructura de una región en particular. El grado de afectación está en función del grado de vulnerabilidad de las mismas. La experiencia ha demostrado que con una acertada planificación y la aplicación de medidas preventivas y correctivas para reducir la vulnerabilidad se puede minimizar el efecto de la ocurrencia de un evento sísmico. Por lo tanto, el conocer el nivel de exposición sísmica y la vulnerabilidad de las edificaciones en la ciudad de Cañas, permitirá a las instituciones correspondientes utilizar dicha información para la preparación de planes relacionados con el uso del suelo, planificación urbana e implementación del uso de normativas de diseño y construcción que aseguren un comportamiento adecuado de las estructuras cuando ocurra un evento sísmico severo en la región noroeste del país.

La toma de decisiones y planes deben de estar basados en mapas que cuantifiquen, tanto la amenaza como la vulnerabilidad y riesgo sísmico, para ello, en la actualidad se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten realizar análisis y presentar resultados en formato de mapas georeferenciados, además de realizar operaciones y cálculos entre ellos. En este estudio se utilizó el programa SIG ILWIS (ITC, 2001) para la confección de las bases de datos y los mapas digitales, que muestran la localización, severidad y puntos críticos de las variables analizadas en esta ciudad de estudio. Se espera que estos mapas faciliten los procesos de toma de decisiones en la ciudad Cañas, contestando de una manera rápida y sencilla preguntas tales como: ¿En dónde está localizada la zona de mayor amenaza?, ¿En dónde están los sitios más adecuados para construir?, ¿Cuál es el efecto de que un evento ocurra en un sitio u otro (escenarios)?.

Los mapas que se presentan en este informe, se consideran un primer intento de cuantificar la vulnerabilidad de la ciudad de Cañas ante la ocurrencia de eventos sísmicos severos. Mapas que podrán ser mejorados y modificados en el tanto se cuente con un mejor inventario, en el futuro, de las características estructurales y condición física de las edificaciones de esta ciudad.

2 OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar el efecto de la tectónica y la sismicidad de Costa Rica en la ciudad de Cañas, por medio de la estimación de la amenaza sísmica, la cual estará representada por valores de aceleración horizontal pico del terreno y de la Intensidad Mercalli Modificada (IMM). Además realizar un análisis preliminar de la vulnerabilidad física de las edificaciones en esta ciudad.

Además se considera como un objetivo importante, la preparación de bases de datos digitales (tablas, mapas, etc.) relacionadas al tema, utilizando un Sistema de Información Geográfico (SIG) que permitirá actualizarlas o modificarlas de una manera fácil y rápida en el futuro.

3 METODOLOGÍA

En este estudio se definirá primero la amenaza sísmica a que esta expuesta la ciudad de Cañas, por medio de mapas digitales. Luego se estimara la vulnerabilidad física de las edificaciones que se encuentran en ella, indicándose en forma cualitativa el grado de daños esperados, dado que un nivel de intensidad sísmica específica se presente en la ciudad de Cañas, debido a la ocurrencia de un evento sísmico severo.

La amenaza sísmica es una metodología, ya sea determinística o probabilística, que permite integrar el conocimiento sismo-tectónico de una región para determinar el grado de intensidad sísmica probable que podría ocurrir en la misma. El método probabilístico permite asociarle probabilidades de ocurrencia con estos niveles de intensidad, y el método determinístico obtener valores absolutos al evaluar diferentes escenarios sísmicos. Una explicación amplia y completa de estas metodologías puede ser encontrada en Cornell (1968), McGuire (1976), Reiter (1991), Giardini y Basham (1993), Krinitzsky *et al.* (1993), Laporte *et al.* (1994, 1995), Krinitzky (1995 a y b), Rojas *et al.* (1998), Climent y Arroyo (2002).

Para definir la amenaza sísmica en la ciudad Cañas se utilizó el método determinístico, el cual utiliza la definición de escenarios sísmicos basados en el conocimiento actual de las condiciones sismo-tectónicas de la región. Aunque se realizaron algunos cálculos probabilísticos, los resultados no se presentan en este informe. En la figura 1 se muestra el esquema simplificado de la metodología determinística, cuyo primer paso es definir las principales fuentes sísmicas o fallas con actividad sísmica y tectónica reciente y que son las que controlan la amenaza sísmica (posibilidades de infligir daño) en el sitio a evaluar, que en nuestro caso sería la ciudad de Cañas. Luego con base en la actividad neotectónica, sismicidad histórica y longitud de la falla, se define el potencial sísmico (magnitud máxima) de cada una de ellas. Conociendo el potencial sísmico y la distancia de cada una de las fuentes sísmicas al sitio a evaluar, se utiliza una ecuación de atenuación de las señales sísmicas (paso 3), para estimar el nivel de intensidad sísmica en el sitio de interés, dado que un sismo con ciertas características determinadas ocurra. En este informe, los valores de intensidad sísmica fueron representados por la aceleración horizontal pico del terreno e Intensidades Mercalli Modificada.

En el caso de la definición de la vulnerabilidad física de las edificaciones relacionada con sismos, se realizó una estimación preliminar cualitativa, considerando información disponible sobre el tipo constructivo, edad de la construcción y condición física aparente de la edificación localizada en cada lote de la ciudad de Cañas. Dicha información fue recolectada en el censo e inventario realizado específicamente para este proyecto. Para realizar esta estimación, se contó con el mapa digital de catastro y por medio del ILWIS se cruzaron las variables antes mencionadas, para obtener el mapa final de vulnerabilidad.

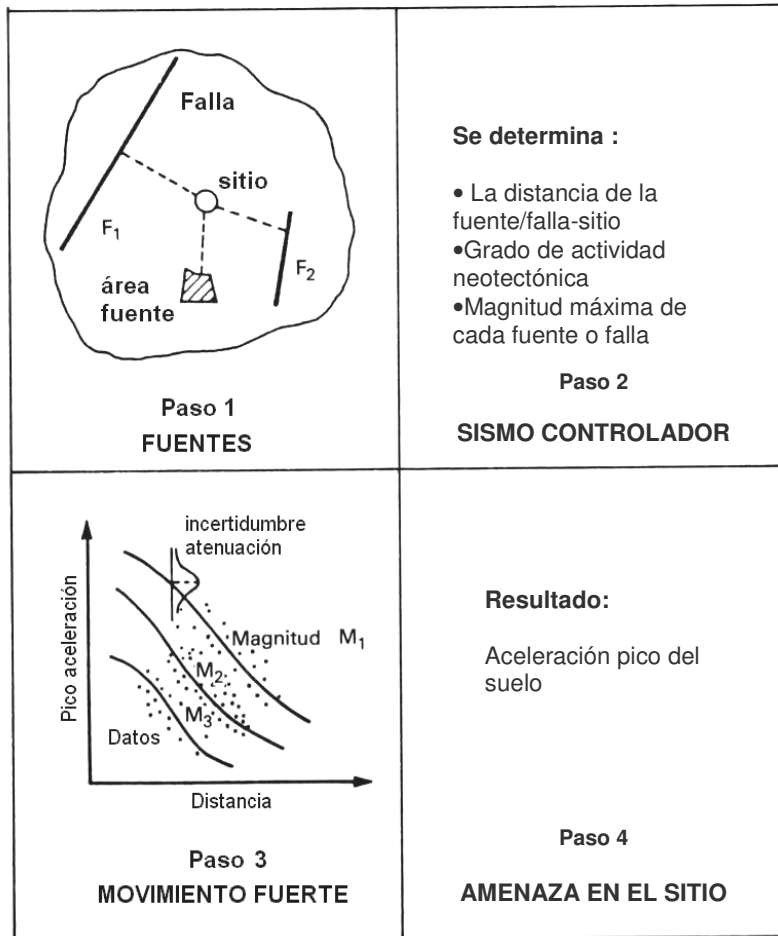


Fig. 1: Esquema simplificado para la estimación determinística de la amenaza sísmica.