

EL PROYECTO DE REDUCCION DEL RIESGO SISMICO EN LA CIUDAD DE QUITO

H. Yepes¹, J. - L. Chatelain^{1,2}, J. Fernández¹, J. Valverde¹, B. Guillier^{1,2}, E. Dupérier², R. Vallejo³, J. Vega³, G. Bustamente³, C. Villacis⁴, T. Yamada⁴, F. Kaneko⁴, B. Tucker⁵, G. Hofer⁵.

¹ Escuela Politécnica nacional

² ORSTOM, Quito

³ Ilustre Municipio de Quito, Departamento de Planificación

⁴ Oyo Corporation

⁵ GeoHazards International

Introducción

No existe en el Ecuador una conciencia real acerca del peligro sísmico que sobre él pesa. Los grandes terremotos del pasado y sus consecuencias han sido olvidados y se pudiera decir que la memoria colectiva relativa a estos fenómenos no existe, prefiriéndose ignorar la realidad geológica y sísmica o acudir a la Divinidad antes que enfrentar el peligro y tomar medidas específicas para reducirlo.

Para tratar de revertir la situación, un grupo de especialistas del Ecuador (Escuela Politécnica Nacional y Municipio de Quito), Francia (ORSTOM), Japón (Corporación Oyo) y los Estados Unidos (Geohazard International) han diseñado la presente investigación con el objeto de obtener, como instrumentos para mejorar la percepción que del riesgo sísmico se tiene a nivel general en la ciudad de Quito:

- (1) una descripción de los posibles daños producidos por un terremoto hipotético pero creíble que genere intensidades significativas en Quito;
- (2) una descripción de la vida diaria en la ciudad durante los días y semanas subsiguientes al terremoto; y,
- (3) una serie de recomendaciones sobre acciones inmediatas y mediatas tendientes a la reducción del riesgo establecido.

Participan en este proyecto científicos especializados en sismología, geología, ingeniería estructural, mecánica de suelos, deslizamientos y planificación de la ciudad.

Sismicidad del Ecuador

Es conocido el ambiente tectónico del Ecuador, en el que la Placa de Nazca se introduce bajo la Placa Sudamericana, con una importante deformación adicional a nivel

terremotos asociados a la actividad volcánica, de efectos restringidos a las cercanías del volcán que los produjere.

Los terremotos someros relacionados con el proceso inicial de la subducción, ocurren a lo largo de la costa (Figura 1), mientras que los más profundos (hasta 300 km bajo la superficie), se concentran fundamentalmente al Sur de 1,5°S, observándose una división muy marcada en esa latitud (Figura 1). Los otros terremotos someros, vinculados a la deformación continental en la placa sobreyacente, se ubican tanto bajo los Andes como en la zona subandina al Norte de los 2°S, mientras que al Sur de dicha latitud la sismicidad es más dispersa (Figura 1).

De la Figura 1 se desprende que el nivel de la actividad sísmica en el Ecuador es bastante alto, siendo frecuentes los terremotos de magnitudes superiores a 5.0. Solamente durante este siglo, el país ha registrado 16 terremotos de magnitud igual o mayor a 7 (Tabla 1), incluyendo uno de magnitud 8.6 — el quinto más fuerte registrado en la historia instrumental de terremotos en el mundo — que ocurrió en 1906 fuera de la costa y que estuvo directamente relacionado con el proceso de subducción. El Servicio Geológico de los Estados Unidos estima que existe una alta probabilidad de ocurrencia de un gran terremoto (de magnitud mayor a $M_s = 7.7$) antes del año 2000, en la misma zona en donde se originó el terremoto de 1906 [Nishenko, 1989].

Tabla 1

Terremotos de magnitud superior a 7 desde 1900

Fecha	Lat.	Long.	Prof.(km)	Magnitud
07 / 01 / 1901	-2.0	-82.0	25	7.8
31 / 01 / 1906	1.0	-81.3	25	8.6
28 / 09 / 1906	-2.0	-79.0	150	7.5
24 / 07 / 1912	-5.0	-80.0	30	7.0
14 / 05 / 1928	-5.0	-78.0	0	7.3
18 / 07 / 1928	-5.0	-79.5	0	7.0
19 / 07 / 1937	-1.5	-76.5	190	7.1
14 / 05 / 1942	-0.0	-81.12	20	7.9
12 / 12 / 1953	-4.0	-81.0	0	7.8
16 / 01 / 1956	-0.5	-80.2	0	7.3
19 / 01 / 1958	1.22	-79.37	40	7.8
07 / 07 / 1959	3.7	-81.71	0	7.4
31 / 07 / 1970	-1.46	-72.56 (?)	653(?)	7.0
10 / 12 / 1970	-3.97	-80.66	15	7.6
11 / 07 / 1971	-4.4	-79.95	100	7.1
27 / 07 / 1971	-2.79	-77.35	88	7.5
12 / 12 / 1979	1.60	-79.36	24	7.7

Vulnerabilidad sísmica de Quito

El rasgo principal que se desprende de los estudios de sismicidad histórica es que la mayoría de los daños ocurre en la Depresión Interandina. [Observatorio Astronomico de Quito, 1959 ; Abe, 1979 ; CERESIS 1985]. En lo que respecta específicamente a Quito, cada 50 años en promedio, la ciudad ha experimentado daños importantes causados no solo por los terremotos que ocurrieron en su vecindad inmediata, sino también por otros más lejanos, suficientemente poderosos como para que, a distancias epicentrales superiores a 100 km, todavía hayan podido sacudirla fuertemente [Del Pino y Yepes, 1990]. Nueve han sido los terremotos que produjeron intensidades mayores a VI en la capital desde su fundación en 1534 (Tabla 2).

Tabla 2

Terremotos que han causado intensidades mayores al grado VI en Quito

VI-VII	VII-VIII	> VIII
1923	1541?	1859
1942?	1587	1868
1987	1755	
	1797	

Estos terremotos pasados ocurrieron en una ciudad muy diferente de la actual. Quito ha cambiado significativamente en los últimos 4 siglos, pero fundamentalmente durante los últimos 40 años. La población ha crecido de 80,000 a principios de siglo (1922) a 1,1 millones en 1990, causando una considerable expansión física, un crecimiento urbano acelerado y más o menos desordenado y un aumento de la densidad poblacional urbana. Todo ello, unido a un mayor nivel de pobreza y hasta de miseria producidos por las actuales condiciones socioeconómicas imperantes en los países del Tercer Mundo, ha significado para la ciudad el florecimiento de construcciones marginales autogestadas, de calidad deficiente, que han ocupado principalmente áreas peligrosas, como las pendientes inestables de las montañas y colinas circundantes. Por otro lado, edificios de gran altura que no existieron hasta la década de 1960, han proliferado especialmente en las zonas bajas y planas del Norte, como resultado de la dinámica economía de esa parte de la ciudad.

A excepción de estas grandes estructuras modernas y de las viviendas de concreto armado ubicadas en barrios residenciales del Norte y Sur, gran cantidad de las construcciones en Quito se han levantado sin contar con el concurso de profesionales en ingeniería o arquitectura. Más aún, la ciudad no ha contado con políticas estandarizadas en lo que a prácticas de construcción sismo-resistente se refiere, adoptando sin mayor análisis crítico códigos extranjeros que no siempre han sido entendidos o respetados por los constructores, ni tampoco obligados a acatarse por las autoridades correspondientes.

Tanto los grandes cambios urbanos experimentados en los últimos tiempos como las nuevas prácticas de construcción hacen que los terremotos del pasado no sirvan como

referencia del impacto que un terremoto futuro tendría en el Quito de hoy, excepto en la limitada area de la ciudad que corresponde al Centro Histórico, puesto que cuando aquellos ocurrieron la ciudad era significativamente diferente a la actual.

Descripción del proyecto

Las investigaciones realizadas dentro del marco del proyecto fueron las siguientes:

1. identificación de las posibles fuentes sismogénicas que podrían afectar a la ciudad (localización, magnitud probable) y selección de tres de ellas como representativas de distintos ambientes generadores y de distintas distancias epicentrales hasta Quito;
2. evaluación de la topografía, la geología superficial y las características del suelo para subdividir a Quito en 23 microzonas sísmicas;
3. cálculo de las intensidades en la ciudad, basados tanto en las microzonas establecidas como en los tres terremotos representativos escogidos, y elaboración de los mapas de distribución de la intensidad sísmica (SID) para cada uno de ellos (Fig. 2, 3, 4)
4. determinación de los diferentes tipos de construcción existentes en la ciudad y elaboración de mapas de distribución de esos tipos en el espacio quiteño (Fig. 5)
5. evaluación de los daños esperados en cada tipo estructural y en los servicios básicos de la ciudad, con base en la distribución de intensidades establecida, en matrices de daños calibradas para el medio local y en los fenómenos inducidos sísmicamente (deslizamientos, licuefacción y respuesta de los rellenos de las quebradas) (Fig. 6)
6. elaboración de un escenario de daños por terremoto en Quito, basado en los resultados técnicos alcanzados, que describe, en un lenguaje sencillo, las posibles consecuencias del evento, minutos, horas, días y semanas después de haber ocurrido, considerando los efectos en las personas, las estructuras y la vida diaria de la ciudad.
7. planteamiento de recomendaciones a corto, mediano y largo

plazo para minimizar las consecuencias del próximo terremoto en Quito.

El detalle de las investigaciones mencionadas se encuentra en *The Quito, Ecuador, Earthquake risk Management Project : A compilation of Methods, Data, and Findings*.

Descripción de los efectos de un terremoto en la ciudad de Quito

La última fase del estudio consistió en establecer un escenario de daños por terremoto en Quito, que describa vívidamente y en un lenguaje común, los efectos del terremoto sobre las personas, las estructuras y los servicios públicos de la ciudad. Se escogió para la formulación del escenario al terremoto local, no por ser necesariamente el más probable de ocurrir, sino porque, por un lado, las intensidades estimadas eran las más altas y, por otro, porque la distribución de intensidades daños no era uniforme a lo largo de la ciudad, lo que permitía una mayor variedad de situaciones locales.

Se estableció primeramente la forma de funcionamiento de la ciudad, para lo cual se entrevistaron a personeros de 17 instituciones diferentes que administran servicios públicos en Quito, a quienes se interrogó además sobre los efectos sísmicos esperados en el sistema por el que eran responsables. Por otro lado, se revisaron conjuntamente las respuestas en varias reuniones de trabajo que agruparon a todas las organizaciones participantes. De este proceso, salieron a la luz una gran cantidad de detalles acerca del funcionamiento de los servicios públicos y de su capacidad para responder ante una emergencia sísmica como la planteada.

Por otro lado, se describieron los daños predichos mediante la metodología ya explicada y se interpretó la posible reacción ciudadana ante la catástrofe.

Se combinaron todos estos aspectos en descripciones que reflejaban un momento específico de la crisis: 1.- al momento del terremoto ; 2.- una hora después ; 3.- un día después ; 4.- una semana después ; 5.- un mes después.

Programas de mitigación de terremotos

Una vez que los análisis técnicos fueron revisados por el Comité Asesor Internacional, especialistas y representantes ecuatorianos e internacionales de los servicios de emergencia, de administración y de planificación municipal, de los servicios públicos, de la industria y el comercio, se reunieron en un taller de dos días en Quito. Después de estimar los efectos en factores como capacidad de producción, empleo, ventas y servicios u otros aspectos como tiempo y capacidad de recuperación, efectos secundarios, etc., los participantes desarrollaron una lista de recomendaciones específicas dentro de su campo de experiencia para reducir la vulnerabilidad de la

ciudad ante terremotos. Para cada recomendación, los participantes describieron los pasos necesarios y las fuentes de financiamiento para equipamiento y operación, las agencias responsables y las fechas esperadas para empezar y terminar las acciones recomendadas. La recomendación fundamental fue la de establecer un Comité Asesor de Prevención Sísmica, cuya responsabilidad sería la de formular, revisar, hacer el seguimiento y administrar el Programa de Reducción del Riesgo Sísmico en Quito. Otras acciones especialmente recomendadas incluyen la adopción y aplicación de un código de la construcción que tome en cuenta los conocimientos que se tienen sobre el peligro sísmico local, el apoyo a la investigación científica tendiente a mejorar la evaluación del riesgo sísmico en Quito, el desarrollo de un programa de preparación contra terremotos dirigido a empleados del sector público y privado, el mejoramiento de la infraestructura y del equipamiento para respuesta ante las emergencias, y el establecimiento de tarifas de seguros contra terremotos

Conclusiones

Es indudable que Quito debe esperar, para un futuro más bien próximo, la ocurrencia de terremotos importantes que provocarían serios daños en la ciudad.

Quito y sus habitantes no están preparados para la ocurrencia de un terremoto, el cual, a medida que transcurre el tiempo, tendrá consecuencias mayores, por el incremento constante de la vulnerabilidad sísmica si no se toman adecuadas medidas correctivas de manera inmediata.

Para que los habitantes de la capital, incluyendo a las autoridades gubernamentales y municipales, a los líderes políticos y comunitarios, a los hombres de negocios y al público en general, se preparen para la ocurrencia del próximo terremoto, deberán primero entender el peligro sísmico que pesa sobre la ciudad y los efectos que un evento telúrico ocasionaría en Quito. Únicamente con una toma de conciencia real y una voluntad ciudadana, originadas en el conocimiento del peligro y de la vulnerabilidad de la ciudad, podrá Quito empezar un programa de reducción del riesgo sísmico que permita atenuar el impacto del próximo gran terremoto.

Referencias

Abe, K., (1979), Size of Great Earthquakes of 1837 - 1974 Inferred from Tsunami Data, *J. Geophys. Res.*, 84, 1561 - 1568.

CERESIS, (1985), Proyecto SISRA, Catalogo de Terremotos para America del Sur, Vol 5., Ecuador.

Del Pino, I., Yepes, H., (1990), Apuntes para una Historia Sismica de Quito. Centro Histórico de Quito : Problemática y Perspectivas, Serie Quito. I. Municipio de Quito y Junta de Andalucía, Min. de Asuntos Exteriores de España, Quito, 67 - 100.

Escuela Politécnica Nacional GeoHazards International, Ilustre Municipio de Quito, ORSTOM-Quito, OYO Corporation, 1994. The Quito, Ecuador, Earthquake risk Management Project : A compilation of Methods, Data, and Findings. San Francisco, CA.

Nishenko, S.P., (1989), Circum Pacific Seismic Potential 1989 - 1999, *U.S. Geological Survey*, Open File Report 89-85.

Observatorio Astronomico de Quito, (1959), Breve Historia de los Principales Terremotos en la Republica del Ecuador, *Ministerio de Educación Publica*, 37 pp.

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS**

TERCERAS JORNADAS EN CIENCIAS DE LA TIERRA

RESUMENES

Noviembre 16-19, 1994

Quito - Ecuador

COMITE ORGANIZADOR

Coordinador:
Miembros:

Halina Lachowicz
Galo Plaza
Renán Conejo

AUSPICIANTES

NEWMONT OVERSEAS EXPLORATION LTD.
RTZ MINING AND EXPLORATION LTD.
ECUAMBIENTE
ECUANOR S.A.
CONDOR MINE
OCCIDENTAL EXPLORATION & PRODUCTION CO.
ORYX ECUADOR ENERGY COMPANY
ORSTOM
CAMARA DE MINERIA DEL ECUADOR
GOLDFIELDS
COMINECSA
HALLIBURTON
MINERA CACHABI
EXPLOCEM
MAXUS ECUADOR INC.
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
ARCO ORIENTE INC.
BAJAGOLD DEL ECUADOR
DEFENSA CIVIL
FUNDACION CHARLES DARWIN