

**ESTUDIO
“RIESGO Y MODIFICACIÓN PRMS
FALLA SAN RAMÓN”**

ID N° 640-27-LP10

INFORME ETAPA 1

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Febrero 2011

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	REVISIÓN DE ANTECEDENTES.....	4
2.1	EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TÉCNICO.....	4
2.1.1	Antecedentes.....	4
2.1.2	Conclusiones.....	15
2.1.3	Referencias citadas en el texto.....	15
2.2	EN EL DESARROLLO TERRITORIAL-NORMATIVO.....	18
2.2.1	Revisión de Antecedentes Normativos.....	18
2.2.2	Revisión Antecedentes Territoriales.....	39
2.2.3	Área Preliminar de Estudio.....	41
2.2.4	Plano Base de Estudio.....	44
3	AJUSTE METODOLÓGICO.....	45
3.1	AJUSTES DESARROLLO CIENTÍFICO-TÉCNICO.....	45
3.1.1	Paleosismología y Geotecnia.....	45
3.1.2	Monitoreo Sísmico.....	48
3.2	AJUSTES DESARROLLO TERRITORIAL NORMATIVO.....	49
3.2.1	Orientación del Estudio.....	49
3.2.2	Enfoque Metodológico.....	50
3.2.3	Requerimiento Estratégico.....	52
4	ANEXO.....	53

1 INTRODUCCIÓN

El Estudio “Análisis de Riesgo y Modificación PRMS Falla de San Ramón”, que se orienta al análisis y determinación de riesgos sísmicos en la zona de Aplicación del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), tendiente a la consideración normativa de éstos en el Instrumento de Planificación Territorial, se ha planteado ser desarrollado bajo dos línea de trabajo:

La **Línea Científico-Técnica**: orientada a la investigación geológica y geotécnica de la Falla San Ramón entre los ríos Mapocho y Maipo¹. Cuyo objetivo principal es determinar la peligrosidad de la Falla y concluir en un mapa de amenazas que permita discriminar el territorio afecto. Actividad que se desarrolla mediante monitoreo y observación directa.

La **Línea Territorial-Normativa**: debe traducir el mapa de amenazas en una zonificación territorial diferenciada y la peligrosidad (o efectos probables) en medidas competentes de disminuir el riesgo en correspondencia a la magnitud de éste; ello bajo la estricta competencia normativa del PRMS en cuanto a riesgo sísmico. Complementariamente a esta línea de desarrollo revisará otros alcances normativos necesarios de implementar en la legislación de los IPT y la institucionalidad respectiva, sobre la base de experiencias extranjeras o bajo los mismos resultados del Estudio y a la luz de las conclusiones que arroje el análisis y monitoreo de esta particular amenaza de peligro sísmico.

En el siguiente informe y en correspondencia a los términos de referencia y Proposición Metodológica ofertada, se desarrollan los aspectos de recopilación y análisis de antecedentes a emplear durante el Estudio, así como algunos ajustes metodológicos que surgen a partir de la revisión o disponibilidad de antecedentes y condiciones de acceso.

¹ Conforme a los Términos de Referencia del Estudio.

2 REVISIÓN DE ANTECEDENTES

2.1 EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TÉCNICO

El proyecto “Estudio de riesgo y modificación PRMS Falla San Ramón” tiene como objetivo general la evaluación del peligro sísmico asociado a la Falla San Ramón en la zona oriente de Santiago, entre los ríos Maipo y Mapocho, orientado a la modificación del PRMS.

La Falla San Ramón es una estructura geológica que limita el valle de la Depresión Central con el frente cordillerano. Estudios recientes han evidenciado que esta es una falla de mecanismo inverso que, morfológicamente, sobrepone las rocas del frente cordillerano a los sedimentos de la Depresión Central (Rauld, 2002), y que corresponde a una falla geológica y sísmicamente activa (Rauld, 2002; Pérez et al., 2009; 2010).

En este sentido, este estudio tiene como objetivo profundizar los conocimientos de la Falla San Ramón con el fin de determinar el peligro sísmico que representa esta estructura para las comunas ubicadas al oriente de Santiago.

En esta revisión de antecedentes se presenta una breve descripción de los tipos de terremotos en Chile, donde se introduce terminología a utilizar en el informe, y posteriormente una descripción del contexto geológico de la zona de Santiago y los antecedentes sobre la Falla San Ramón y su potencial de peligro sísmico para la región.

2.1.1 Antecedentes

2.1.1.1 Tipos de Terremotos en Chile

Chile se ubica en un margen tectónico de subducción (Figura 1), el cual genera constante actividad sísmica, la formación de la cordillera de los Andes y volcanismo. Se reconocen en Chile cuatro tipos de terremotos, los cuales difieren en sus características tanto de génesis como de ubicación, magnitud y potencial impacto. Esta clasificación se basa en el tipo de fuente sismogénica, es decir, depende del lugar y ambiente tectónico donde se originan los sismos. Estos cuatro tipos de terremotos son (Leyton et al., 2010; Figura 1):

a) *Sismos Interplaca o Tipo Thrust.*

Son sismos producidos en el contacto de las placas Sudamericana y de Nazca, extendiéndose desde la fosa hasta unos 50 a 60 km de profundidad. Son los más grandes en magnitud (incluso superior a 9 en escala de Richter) y más comunes, su epicentro se ubica en la zona costera, afectan grandes áreas y pueden causar tsunamis. Destacan en este tipo los terremotos de Valparaíso de 1906 y 1985, el terremoto de Valdivia de 1960 y el reciente terremoto del Maule de 2010, entre muchos otros.

b) *Sismos Intraplaca de Profundidad Intermedia:*

Comprenden aquella actividad sísmica que ocurre dentro de la placa de Nazca. Se extiende desde los 50 km de profundidad, hasta unos 200 km para sismos que produzcan daño. Su epicentro ocurre bajo el

continente y pueden alcanzar magnitudes hasta del orden de 8. Pueden tener alto poder destructivo. Destacan es este tipo el terremoto de Chillán de 1939, y más recientemente los sismos de Punitaqui de 1997 y Tarapacá de 2005.

c) Sismos Corticales o Superficiales:

Son sismos generados en fallas geológicas en el interior de la placa Sudamericana, principalmente en los sectores precordilleranos y cordilleranos, ubicándose a una profundidad menor de 30 km. Son menos comunes que los anteriores y de menor magnitud, en general menor a 7 o 7,5, pudiendo causar daño importante para magnitudes sobre 6. Tienen un efecto mucho más local pero que pueden ser muy destructivos en las cercanías del epicentro. Se conocen pocos sismos mayores de este tipo en Chile, destacando los terremotos de Las Melosas de 1958, de Chusmiza en 2001 y el de Aysén en 2007. La sismicidad asociada a la Falla San Ramón sobre la que trata este estudio corresponde a este tipo de fuente sismogénica.

d) Sismicidad de 'Outer-Rise':

Producida por la flexión de la placa de Nazca previa a la subducción. Es caracterizada por generar eventos de magnitud moderada a distancias mayores a 150 km de la costa, por lo que no produce daños significativos en el continente, salvo una posibilidad de producir tsunamis.

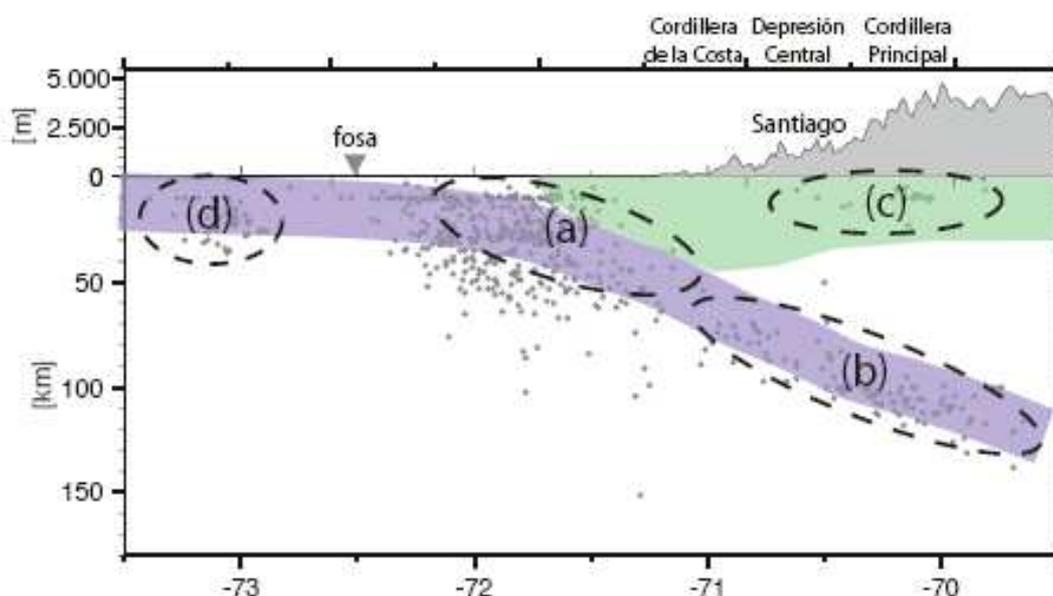


Figura 1. Perfil esquemático con la sismicidad del catálogo NEiC (Servicio Geológico de Estados Unidos), registrada entre 1973 y 2007 de la zona en la latitud 33,5°S (considerando 0,5° en dirección norte y sur). El color azulado representa la posición esquemática de la placa de Nazca y verde, la placa Sudamericana. Las líneas punteadas indican la posición de las principales fuentes sismogénicas (ver detalles en el texto): a. interplaca tipo 'thrust'; b. intraplaca de profundidad intermedia; c. corticales y d. 'outer-rise' (Leyton et al., 2010).

2.1.1.2 Geología de la Región Metropolitana

Chile, al sur de los 33°S, está caracterizado por la existencia de 3 unidades morfoestructurales, paralelas entre sí, orientadas norte sur. Estas unidades son, de este a oeste, la Cordillera Principal, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa. Esta configuración se habría generado durante una fase de máxima compresión ocurrida durante el Oligoceno Superior-Plioceno Medio (Thiele, 1980). Estudios recientes sugieren que la morfología de la Depresión Intermedia y del valle de Santiago, en particular, es resultado de la actividad del sistema de Falla San Ramón, que monta el bloque del frente cordillerano sobre el valle de Santiago, a escala del Cenozoico tardío (Armijo et al., 2010).

La Depresión Intermedia o Depresión Central es una depresión rellena principalmente por sedimentos aluviales y, en menor proporción, por materiales asociados a actividad volcánica. La ciudad de Santiago se ubica, casi en su totalidad, en esta unidad morfoestructural, en una cuenca limitada al norte por el cordón El Manzano y al sur por los cerros de Angostura de Paine. El origen de la cuenca se considera tectónico; Brüggén (1950) señala que la depresión está controlada por una estructura de rumbo aproximado norte sur, ubicada al este, que la divide del macizo cordillerano o Cordillera Principal. Carter y Aguirre (1965) describen la cuenca como un graben limitado al este y al oeste por fallas. Por su parte, Tricart et al. (1963) señala que depósitos ubicados al este de la cuenca, asignados por él al Cuaternario Antiguo, están cortados por fallas de orientación norte sur. Borde (1966) reconoce la posible existencia de una falla, al oeste del cerro San Ramón y sugiere que la actividad tectónica relacionada con ésta se habría mantenido durante el Cuaternario. Estudios recientes en esta estructura, denominada Falla San Ramón, señalan que corresponde a una falla con movimiento principalmente inverso, que limita la Cordillera Principal de la Depresión Intermedia (Rauld, 2002; Armijo et al., 2010).

A la latitud de Santiago, la depresión central tiene una altitud media de 550 m. s.n.m; el frente cordillerano, ubicado al este, se eleva por sobre los 2000 m.s.n.m, destacándose el cerro San Ramón, cuya cima alcanza los 3249 m s.n.m.

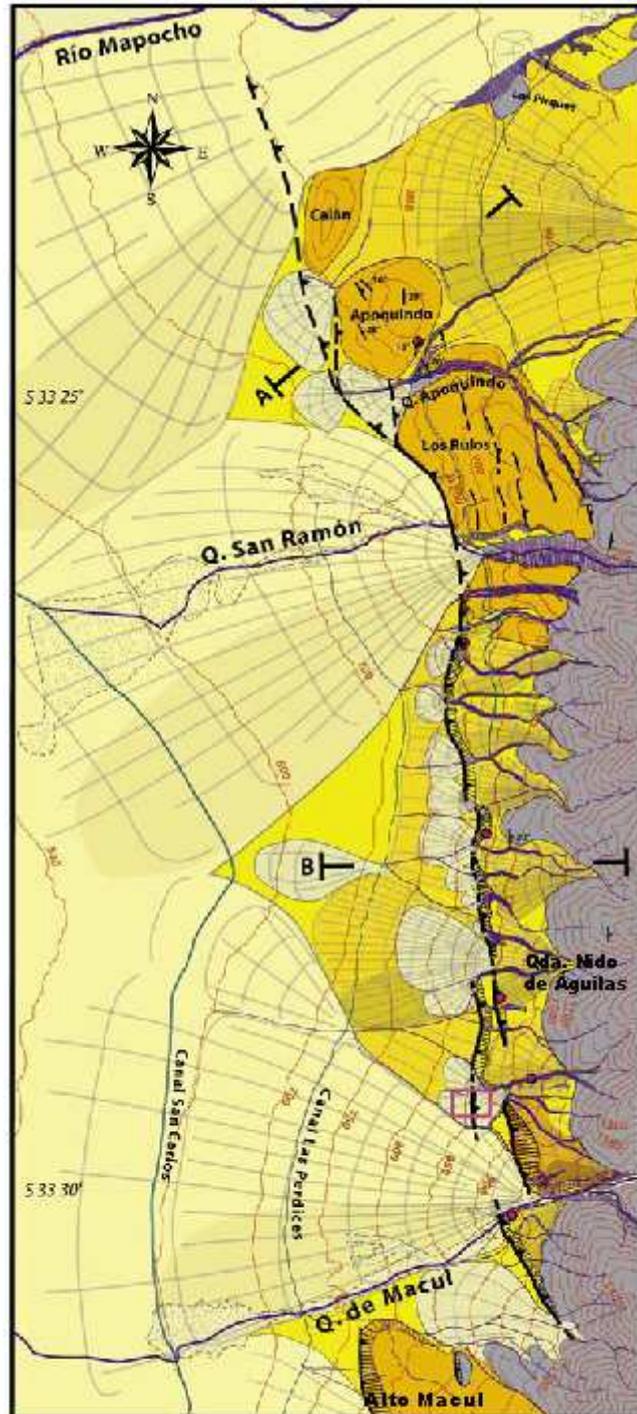
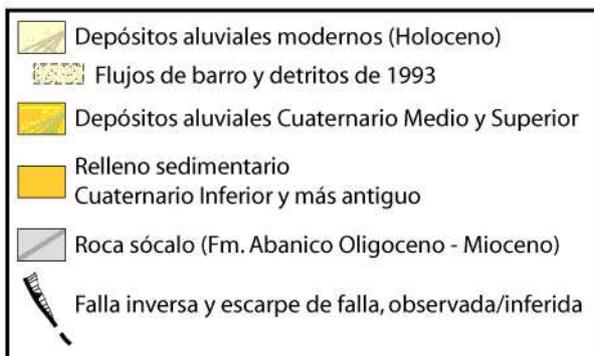
El basamento de la cuenca de Santiago correspondería a rocas volcánicas de la Formación Abanico, de edad oligocena superior – miocena inferior (Charrier y Munizaga, 1979). El fondo de la cuenca, conocida de manera indirecta por estudios gravimétricos (por ej. Araneda et al., 2000), corresponde a una superficie irregular donde se reconocen cordones enterrados que limitan subcuencas y de los cuales sobresalen algunos cerros islas como por ejemplo los cerros Santa Lucía y Renca. La alineación de algunos de estos cordones, como por ejemplo el que une los cerros San

Cristóbal, Chena y Lonquén, orientado noreste, sugiere que éstos podrían tener un control estructural, es decir, estar asociados a la presencia y actividad de fallas.

2.1.1.3 Falla San Ramón y Peligro Sísmico

La Falla San Ramón (Figuras 2 y 3) es una estructura geológica que limita el valle de la Depresión Central (altitud media de 550 m), con el frente cordillerano, en el borde oriental de la ciudad de Santiago, el cual se eleva abruptamente por sobre los 2000 m s.n.m., y en donde destaca el cerro San Ramón, cuya cima alcanza los 3249 m s.n.m. Figura 2. Traza de la Falla San Ramón entre la quebrada Macul y el río Mapocho. (Modificado de Rauld, 2002 y Armijo et al., 2010). El rectángulo rojo indica la ubicación del escarpe de falla más joven en el sector de Quebrada Macul. Se observa el control de la falla en la ubicación de los abanicos aluviales y en zonas de cerros compuestos por rellenos sedimentarios que han sido elevados por la acción tectónica (color naranja).

Figura 2. Traza de la Falla San Ramón entre la quebrada Macul y el río Mapocho. (Modificado de Rauld, 2002 y Armijo et al., 2010). El rectángulo rojo indica la ubicación del escarpe de falla más joven en el sector de Quebrada Macul. Se observa el control de la falla en la ubicación de los abanicos aluviales y en zonas de cerros compuestos por rellenos sedimentarios que han sido elevados por la acción tectónica (color naranja).



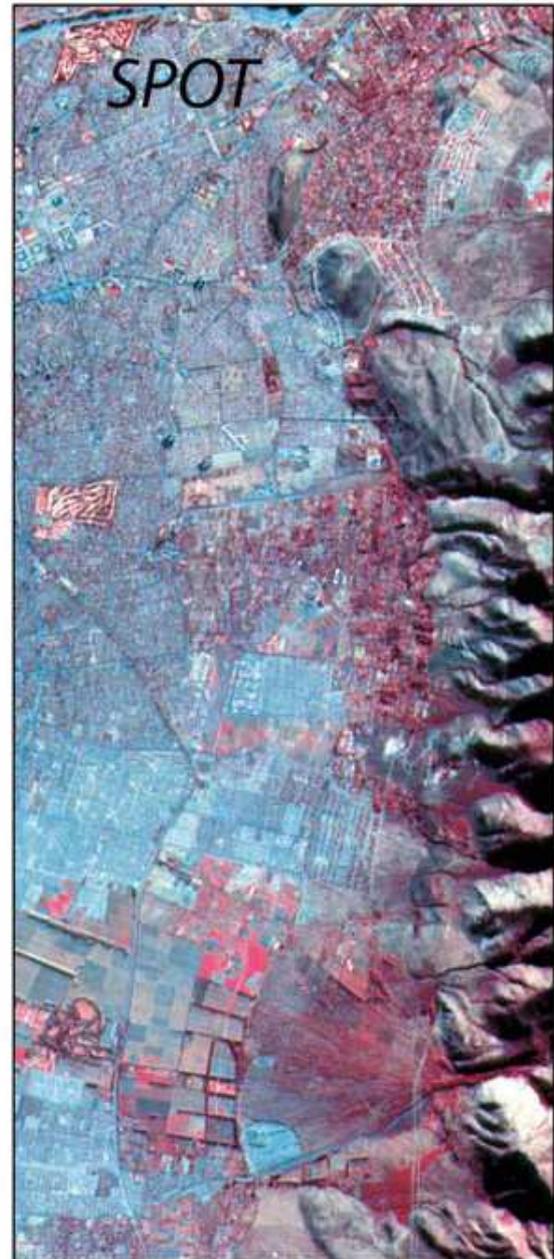


Figura 3. Imagen satelital SPOT de la zona oriente de Santiago entre el río Mapocho y la Quebrada Macul, donde se aprecia el cambio morfológico generado por la Falla San Ramón (ver traza y unidades geológicas en Figura 2).

Entre las quebradas de Macul y el río Mapocho, el trazado de la falla ha sido definido geomorfológicamente (Rauld, 2002; Rauld et al., 2006; Armijo et al., 2010) (Figura 2). Al sur del Cerro Calán ésta se encuentra directamente bajo los pies occidentales de los cerros de Apoquindo, con dirección NNW-SSE. Al sur de la quebrada San Ramón la falla presenta una traza continua en dirección aproximada N-S y ligeramente ondulada hasta la quebrada Nido de Águila. Hacia el sur de esta última quebrada, la falla muestra un trazado más complejo que se caracteriza por dos trazas subparalelas que continúan hasta la quebrada de Macul. Desde esta última quebrada al sur, la falla cambia de dirección tomando nuevamente una dirección NNO-SSE terminando contra la pendiente occidental del cordón cordillerano. La falla continúa al sur a los pies de la loma de Alto Macul en dirección NO-SE (Figura 2) (Rauld, 2002; Armijo et al., 2010). Hacia el sur del área, estudios recientes en base a la morfología de los escarpes de falla han permitido su trazado hasta el río Maipo (Armijo et al., 2010), pero esta estructura podría llegar hasta Pirque, según lo sugerido por Borde (1966).

Investigaciones recientes han evidenciado que ésta es una falla de mecanismo inverso que, en términos morfológicos, sobrepone las rocas del frente cordillerano a los sedimentos de la Depresión Central (Rauld, 2002), y que corresponde a una falla geológica y sísmicamente activa (Rauld, 2002; Armijo et al., 2010; Pérez et al., 2010). Esta estructura, ha sido identificada recientemente como el mecanismo de rampa principal de despegue para explicar el alzamiento del frente cordillerano a una tasa de deslizamiento promedio de $\sim 0.13 \text{ mm} - 0.40 \text{ mm/año}$ (Armijo et al., 2010).

Estos resultados indican que se trata de una falla que representa un peligro sísmico potencial para la ciudad de Santiago (Armijo et al., 2010).

Hasta comienzos de los años 90 en Chile la amenaza sísmica consideraba esencialmente los eventos mayores ($M > 8$) con epicentro costero (evento tipo thrust). A fines de los años 80 y comienzos de los 90 los trabajos de Kausel et al. (1992) y Campos et al. (1990), permitieron dilucidar que eventos $M \sim 8$, considerados hasta ese momento como posibles eventos mayores tipo thrust, correspondían en realidad a sismos de profundidad intermedia. Esto último abrió la discusión sobre una nueva clasificación de los eventos sísmicos a considerar para la caracterización de la amenaza sísmica en Chile. Los eventos superficiales, menos frecuentes y generalmente con epicentro en zonas cordilleranas prácticamente despobladas en el país, también fueron objeto de un re-estudio por parte de la comunidad de especialistas. (Pérez et al., 2010).

Cada una de estas fuentes sismogénicas posee características particulares, afectando de manera diferente a las estructuras, por lo que para su análisis se debe considerar

cada una de ellas en forma independiente (Saragoni *et al.*, 2004; Astroza *et al.*, 2002, 2005; Ruiz y Saragoni, 2005, en Leyton *et al.*, 2010).

En los últimos años varios terremotos superficiales de este tipo han ocurrido en Chile y entre los eventos superficiales importantes que han causado daños en el siglo XX se destacan los sismos de Punta Arenas de 1949 y el de Las Melosas, en la zona cordillerana cerca de Santiago el 4 de Septiembre de 1958. Todos estos han sido sismos superficiales de magnitud importante y una clara evidencia de la existencia de un sistema de fallas activas en el contexto sismotectónico de los Andes. (Pérez *et al.*, 2010)

Particularmente, en la Región Metropolitana, destaca el sismo de Las Melosas, el cual puede ser considerado como uno de los terremotos superficiales de gran magnitud que ha reportado daños importantes en Chile, con intensidades de hasta IX grados en la escala de Mercalli en la zona cercana al epicentro y una relativamente rápida atenuación al alejarse de éste (Sepúlveda *et al.*, 2008, Figura 4) y aceleraciones máximas del orden de la aceleración de gravedad (1.0 g) en la misma zona (Sepúlveda *et al.*, 2008). Su magnitud M_w , originalmente estimada en 6.7-6.9, fue recalculada en 6.3. (Alvarado *et al.*, 2009).

El mapeo de escarpes de falla y otros elementos estructurales asociados a la Falla San Ramón, evidencia que su traza se distribuye a los pies del frente cordillerano a lo largo de los 25 km que separan los ríos Maipo y Mapocho (Rauld *et al.*, 2006; Armijo *et al.*, 2010; Figura 5). La falla se caracteriza por segmentos del orden de 15 km de largo, cuya mejor expresión morfológica se encuentra entre las quebradas Macul y San Ramón (Figura 2). En la parte sur de este segmento, en el área cercana a la quebrada Macul, se encuentra expuesto uno de los escarpes más recientes de la falla, de 3-3,7 m de alto, que se ha asociado a los últimos eventos sísmicos con ruptura superficial (Armijo *et al.*, 2010; Figura 5).

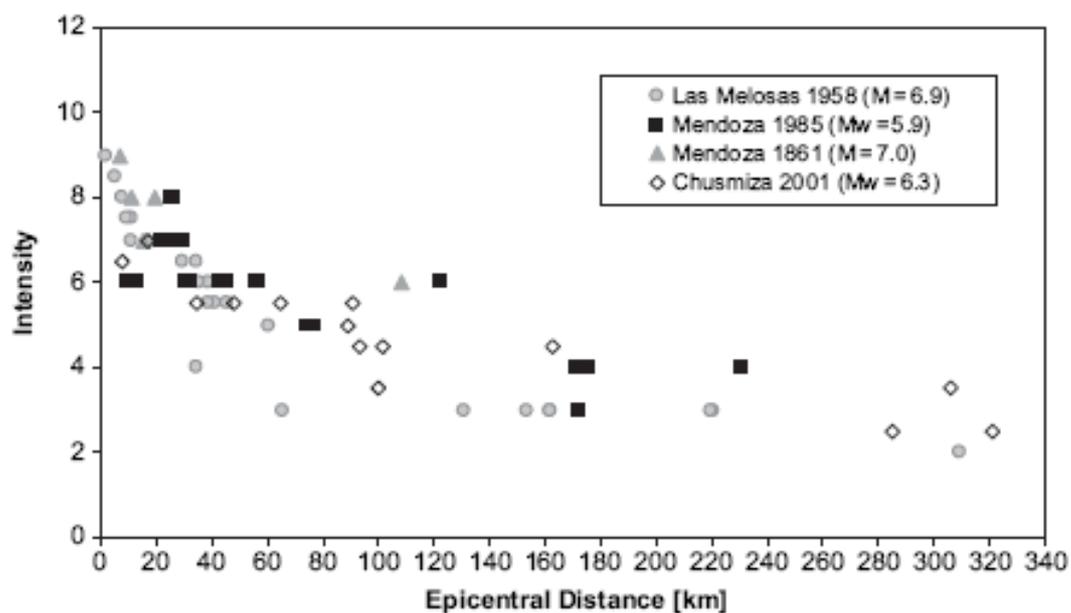


Figura 4. Relación intensidad-distancia para el sismo de Las Melosas de 1958 y comparación con sismos corticales en Mendoza y Chusmiza (Tarapacá) (Sepúlveda et al., 2008)

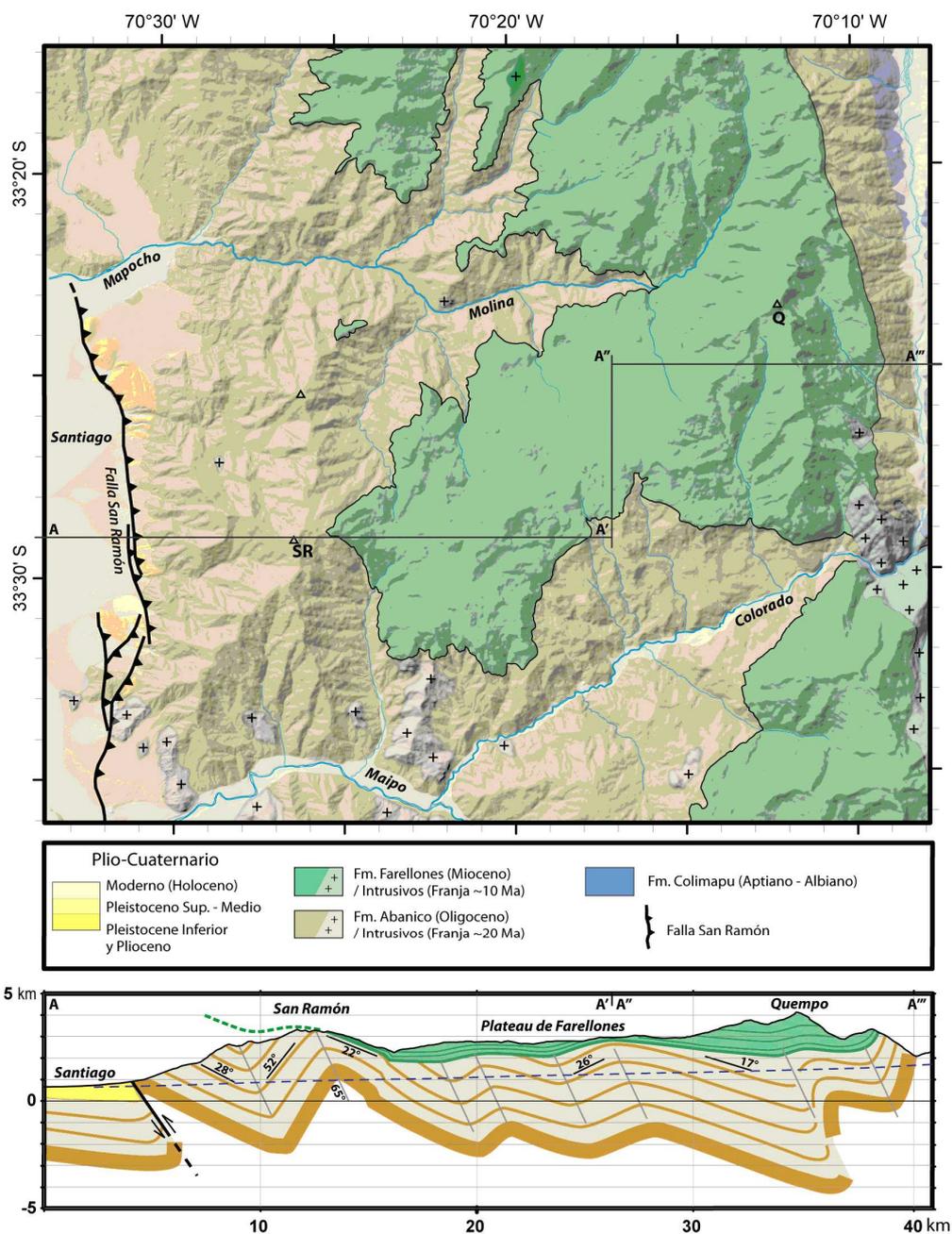


Figura 5. Trazo de la Falla San Ramón entre los ríos Maipo y Mapocho y perfiles geológico-estructurales esquemáticos del área. (Modificado de Armijo et al., 2010).

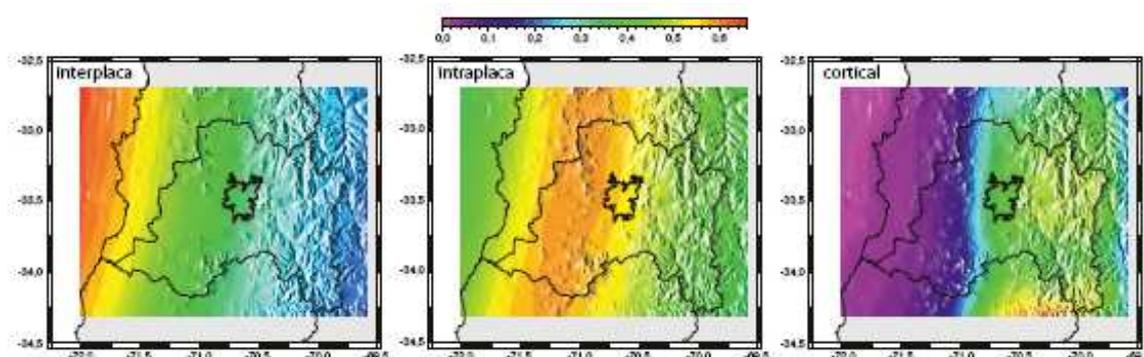


Figura 6. Aceleraciones máximas horizontales para un periodo de retorno de 475 años en Chile central para distintas fuentes sismogénicas (interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y cortical) (Leyton et al., 2010)

Estudios efectuados entre los años 2004 y 2010 por el Núcleo Milenio en Sismotectónica y Peligro Sísmico, a partir de análisis geocronológicos, geomorfológicos y morfoestructurales, han determinado que ésta es una falla de actividad moderada, caracterizada por tasas de deslizamiento promedio entre 0,13 y 0,40 mm/año (Armijo et al., 2010). Adicionalmente, análisis sismológicos recientes han evidenciado sismos cuyos focos podrían asociarse a la estructura profunda de esta falla, con estimaciones de magnitudes máximas posibles de 6,6 a 7,1. (Pérez et al., 2010). Armijo *et al.* (2010) definen una magnitud máxima esperable entre 6,8 y 7,4. En tanto Leyton et al. (2010), consideran una magnitud máxima de 7,5. Este último estudio presenta un análisis probabilístico de la sismicidad regional en la zona central a la latitud de Santiago para distintas fuentes sismogénicas, basado en datos instrumentales históricos entre 1973 y 2007. Para el caso de fuentes corticales, se obtienen aceleraciones máximas del orden de 0.4 a 0.5 g para un periodo de retorno de 475 años (Figura 6). Estos valores son muy inferiores a las estimaciones hechas para el sismo de Las Melosas, lo cual se puede explicar por la baja cantidad de datos, la ausencia de sismos de gran magnitud en el análisis probabilístico de Leyton et al. (2010) y por el periodo de retorno utilizado. Además, este tipo de análisis utiliza leyes de atenuación que no capturan de manera precisa la intensidad del movimiento en zonas muy cercanas al epicentro, lo que puede derivar en valores menores de aceleración, y son más apropiadas para distancias epicentrales sobre los 10 o 20 km.

El corto periodo de tiempo en que se han realizado estudios específicos asociados a la Falla San Ramón implica que no haya sido aún considerada en los mapas de riesgo sísmico publicados por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Fernández et al., 2003).

2.1.2 Conclusiones

La Falla San Ramón es una falla de mecanismo inverso que, en términos morfológicos, sobrepone las rocas del frente cordillerano a los sedimentos de la Depresión Central y que corresponde a una falla geológica y sísmicamente activa. Esto implica un potencial de generar terremotos de tipo cortical que por su ubicación y características afectarían de manera importante la zona oriente de Santiago. En la última década diversos estudios han reconocido la traza de la falla en superficie y sus principales características geológicas, su importancia desde el punto de vista tectónico para la región y se han estimado tasas promedio de movimiento.

Además de la cartografía de los segmentos de falla y de los datos de deslizamiento promedio ya descritos, la determinación de intervalos de recurrencia así como del tiempo transcurrido desde el último terremoto con ruptura superficial asociado a la estructura (Wells y Coppersmith, 1994; Slemmons y Depolo, 1996; Mouslopoulou et al., 2009), junto con un adecuado monitoreo de la microsismicidad en torno a la misma, son fundamentales para la evaluación de la amenaza sísmica asociada a esta falla. Es decir, la determinación del peligro sísmico asociado a esta estructura tectónica requiere de estudios paleosismológicos que permitan estudiar en detalle las estructuras recientes y determinar la ocurrencia de las últimas rupturas asociadas a la Falla San Ramón, o también descartar la ocurrencia de estructuras que afecten a sedimentos o superficies recientes en un determinado lugar, junto con estudios geofísicos a partir de datos sismológicos.

2.1.3 Referencias citadas en el texto

Alvarado. P, Barrientos. S, Saez. M, Beck. S. 2009. Source study and tectonic implications of the historic 1958 Las Melosas crustal earthquake, Chile, compared to earthquake damage. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 175.

Araneda, M., Avendaño, M y C. Merlo. 2000. Modelo gravimétrico de la cuenca de Santiago, Etapa III Final. IX Congreso Geológico Chileno, Vol.2. p.404-408.

Armijo, R., Rauld R., Thiele R., Vargas G., Campos J., Lacassin R., Kausse E. The West Andean Thrust (WAT), the San Ramón Fault and the seismic hazard for Santiago (Chile). *Tectonics*, Vol. 29, doi: 10.1029/2008TC002427.

Astroza, M.; Moya, A.; Sanhueza, S. 2002. Estudio comparativo de los efectos de los terremotos de Chillán de 1939 y de Talca de 1928. In Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, No.8. Valparaíso.

Astroza, M.; Sandoval, M.; Kausel, E. 2005. Estudio comparativo de los efectos de los sismos chilenos de subducción del tipo intraplaca de profundidad intermedia. In Jornadas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, No. 9. Concepción.

Borde, J., 1966. Les Andes de Santiago et leur avant-pays. Etude de Géomorphologie. Tesis de Doctorado. Bordeaux, Francia. 599 p.

Bruggen, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Inst. Geogr. Militar (Chile), 374 p. Santiago.

Campos, J., and Kausel, E., 1990. The large 1939 Intraplate Earthquake of Southern Chile, Seis. Res. Lett., 61, 1, p.43.

Carter W. y Aguirre, L. 1965. Structural Geology of Aconcagua Province and its Relationship to the Central Valley Graben. Chile. Bull. G.S.A. V. 76. N°5. p 657-664.

Charrier, R. y F. Munizaga. 1979. Edades K-Ar de volcanitas cenozoicas del sector cordillerano del río Cachapoal, Chile (34°15' Lat. Sur). Revista Geológica de Chile N°17, p.41-51.

Fernández, J.C., 2003 Respuesta sísmica de la cuenca de Santiago, Servicio Nacional de Geología y Minería. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Ambiental N°1.

Kausel, E., and Campos, J., 1992. The Ms=8 Tensional earthquake of december 9, 1950 of northern Chile and its relation to the seismic potential of the region, Phys. Earth. Planet. Int., Vol 72, 220-235.

Leyton, F., Ruiz, S., Sepúlveda, S.A., 2010. Reevaluación del peligro sísmico probabilístico en Chile central. Andean Geology 37 (2): 455-472.

Mouslopoulou, V., Walsh, J.J., Nicol, A., 2009. Fault displacement rates on a range of timescales. Earth and Planetary Science Letters, 278, 186-197.

Pérez., A., Leyton. F., Campos., J., Barrientos., S., 2009. Determinación de un modelo de estructura de velocidad 1D para sismos corticales en Chile Central entre los 32.5S-34.5S y los 69.5W-71.5W. Actas XII Congreso Geológico Chileno, Santiago, Chile.

Pérez A., Leyton F., Rauld R., Campos J., Barrientos S., Vargas G., Thiele R., 2010. Peligro sísmico en la Región Metropolitana: Nuevas perspectivas en un contexto tectónico andino: caso Santiago de Chile. X Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, ACHISINA, Mayo de 2010, Santiago, Chile.

Rauld, R. A., 2002. Análisis morfoestructural del frente cordillerano: Santiago oriente entre el río Mapocho y Quebrada de Macul, Memoria para optar al título de Geólogo, Tesis, 57 pp., Departamento de Geología, Universidad de Chile, Santiago.

Rauld R., Vargas G., Armijo R., Ormeño A., Valderas C. & Campos J., 2006. Cuantificación de escarpes de falla y deformación reciente en el frente cordillerano de Santiago. Actas XI Cong. Geol. Chileno, vol. 1, pp: 447-450, Antofagasta, Chile.

Ruiz, S.; Saragoni, G.R. 2005. Fórmulas de atenuación para la subducción de Chile considerando los dos mecanismos principales de sismogénesis y los efectos del suelo. In Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, No. 9. Concepción.

Saragoni, G.R.; Astroza, M.; Ruiz, S. 2004. Comparative study of subduction earthquake ground motion of north, central and south America. In Proceedings of the thirteenth World Conference on Earthquake Engineering, Paper 104. Vancouver.

Sepúlveda, S.A.; Astroza, M.; Kausel, E.; Campos, J.; Casas, E.A.; Rebolledo, S.; Verdugo, R. 2008. New findings on the 1958 Las Melosas earthquake sequence, central Chile: implications for seismic hazard related to shallow crustal earthquakes in subduction zones. Journal of Earthquake Engineering 12 (3): 432-455.

Slemmons, B. D. and Depolo, C., 1996. Evaluation of Active Faulting and Associated Hazards. Active Tectonics: Studies in Geophysics. Wallace, R. panel chairman, Natl. Acad. Sci., Washington, DC. Chapter 3, p-45-62.

Thiele, 1980. Hoja Santiago. Carta Geológica de Chile, Instituto de Investigaciones Geológicas, No.39.

Tricart, J. y M. Michel.1963. Informe sobre la geomorfología de la cuenca de Santiago y sus relaciones con el agua subterránea. Instituto de Investigaciones Geológicas. 25p.

Wells, D.L., Coppersmith, K.J., 1994. New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bulletin of the Seismological Society of America 84(4), 974-1002.

2.2 EN EL DESARROLLO TERRITORIAL-NORMATIVO

El fin último de esta línea de desarrollo en el Estudio es una propuesta normativa frente al riesgo sísmico de la falla San Ramón (FSR), el que estará determinado por los niveles de peligrosidad detectados, la vulnerabilidad actual de los territorios afectos y la demanda potencial de uso que éstos tendrán en la aplicación de las políticas de desarrollo metropolitano y local. Ello en el entendido que las restricciones por riesgo deben considerar tanto la prevención de la ocupación territorial, como la regulación o control restrictivo de los actuales emplazamientos.

2.2.1 Revisión de Antecedentes Normativos

La selección de antecedentes normativos persigue en el estudio dos objetivos: primero, establecer el marco normativo nacional que regirá la consideración de áreas de riesgo sísmico en el territorio de aplicación del PRMS afecto a la FSR y, complementariamente, recabar antecedentes de otras experiencias que orienten una visión más amplia del tema y eventualmente concluir en una propuesta de implementación normativa o del marco institucional.

2.2.1.1 Marco Normativo Nacional:

Se analizarán las disposiciones vigentes de nuestra legislación, relativas a la consideración de los fenómenos sísmicos en la planificación territorial y las edificaciones, las que se disponen en tres niveles, Normas Legales, Instrumentos de Planificación Territorial (IPT) y Normas Técnicas.

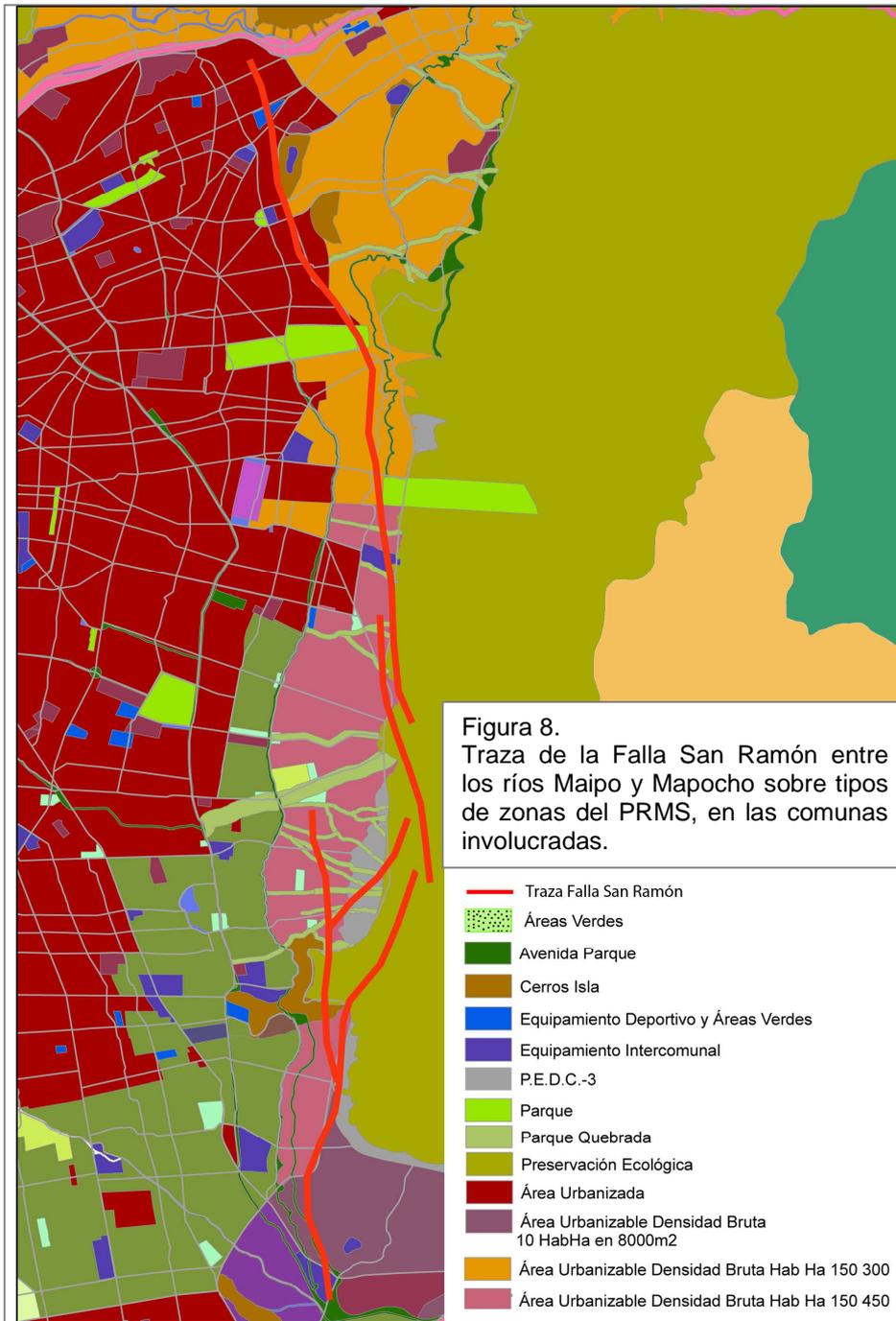
a. Normas Legales de base:

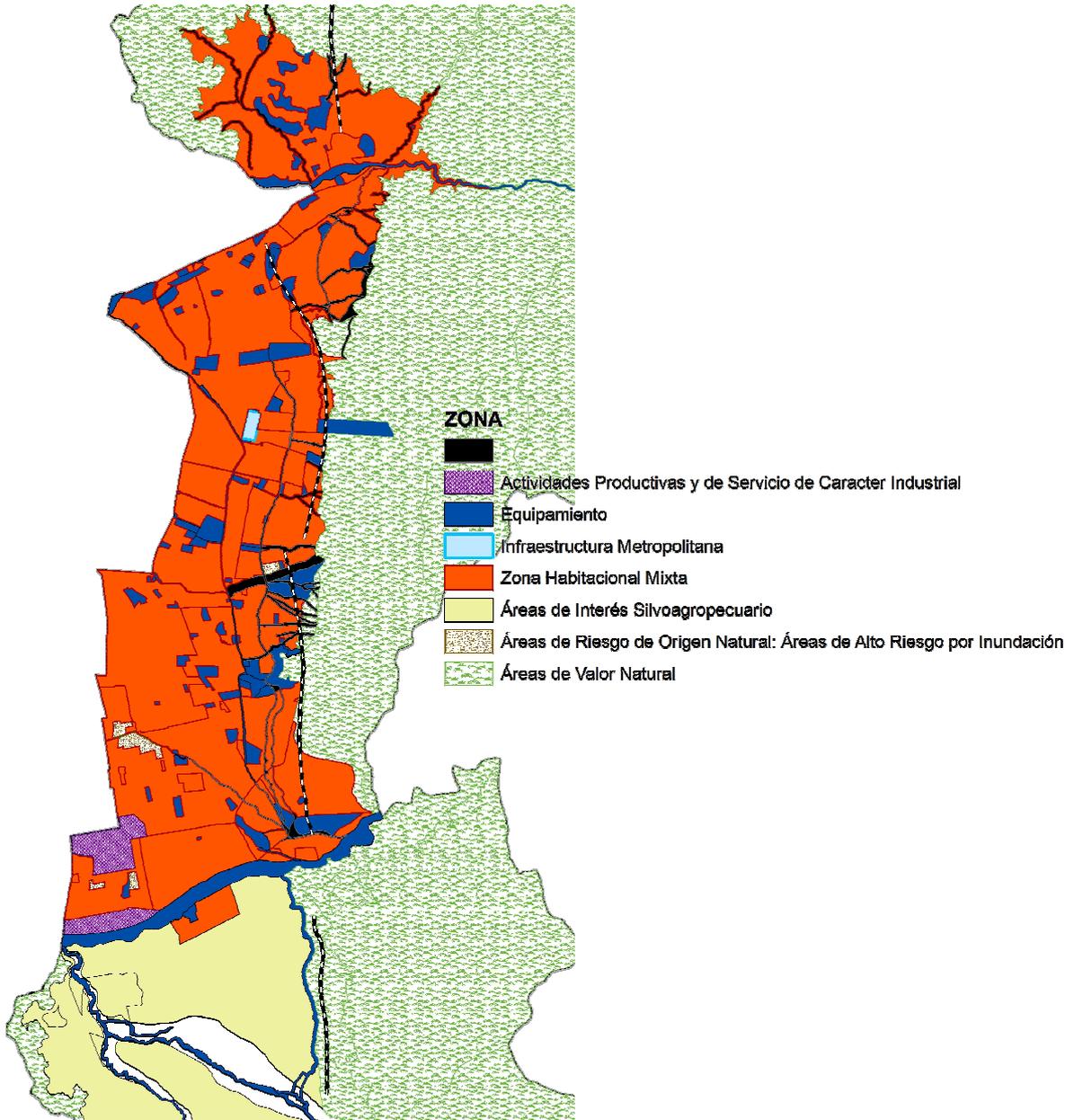
- Ley General de Urbanismo y Construcciones, DFL 458, y modificaciones.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y modificaciones.
- Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y sus modificaciones.
- Ley 16.282 de Sismos y Catástrofes.

b. Instrumentos de Planificación Territorial

- Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS): sus modificaciones vigentes y la modificación M-100 en proceso de aprobación.

Figura 7. Traza de la Falla San Ramón entre los ríos Maipo y Mapocho sobre zonificación PRMS





..... Traza de Falla San Ramón

- Planes Reguladores Comunales y sus modificaciones, de las siguientes comunas:

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

VITACURA: DO 30/12/1999 RES 59 1999 del GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO.
Este PRC tiene diversas actualizaciones.

LAS CONDES: DO 3/02/2005, plan aprobado por RES 8/95 del GOBIERNO REGIONAL METROPOLITANO con fecha 30/05/1995.
Este PRC tiene diversas actualizaciones, algunas de las cuales se encuentran en curso.

LA REINA: DO 09/09/2010 DCTO 1.516 2010 MUNICIPALIDAD DE LA REINA, promulgación modificación PRC La Reina.
Este PRC tiene diversas actualizaciones y una modificación general en proceso de aprobación.

PEÑALOLÉN: DECRETO N° 55, Aprobación PRC Peñalolén 20/06/1989 MINVU
Este PRC tiene diversas actualizaciones y su modificación general se encuentra en proceso de aprobación.

LA FLORIDA: DO 17/08/2001. MUNICIPALIDAD DE LA FLORIDA Modificación PRC
Este PRC tiene diversas actualizaciones.

PUENTE ALTO: DO 25/04/2003, MUNICIPALIDAD DE PUENTE ALTO, Aprobación PRC

Figura 9. Trazo de la Falla San Ramón sobre las comunas involucradas y áreas consolidadas.

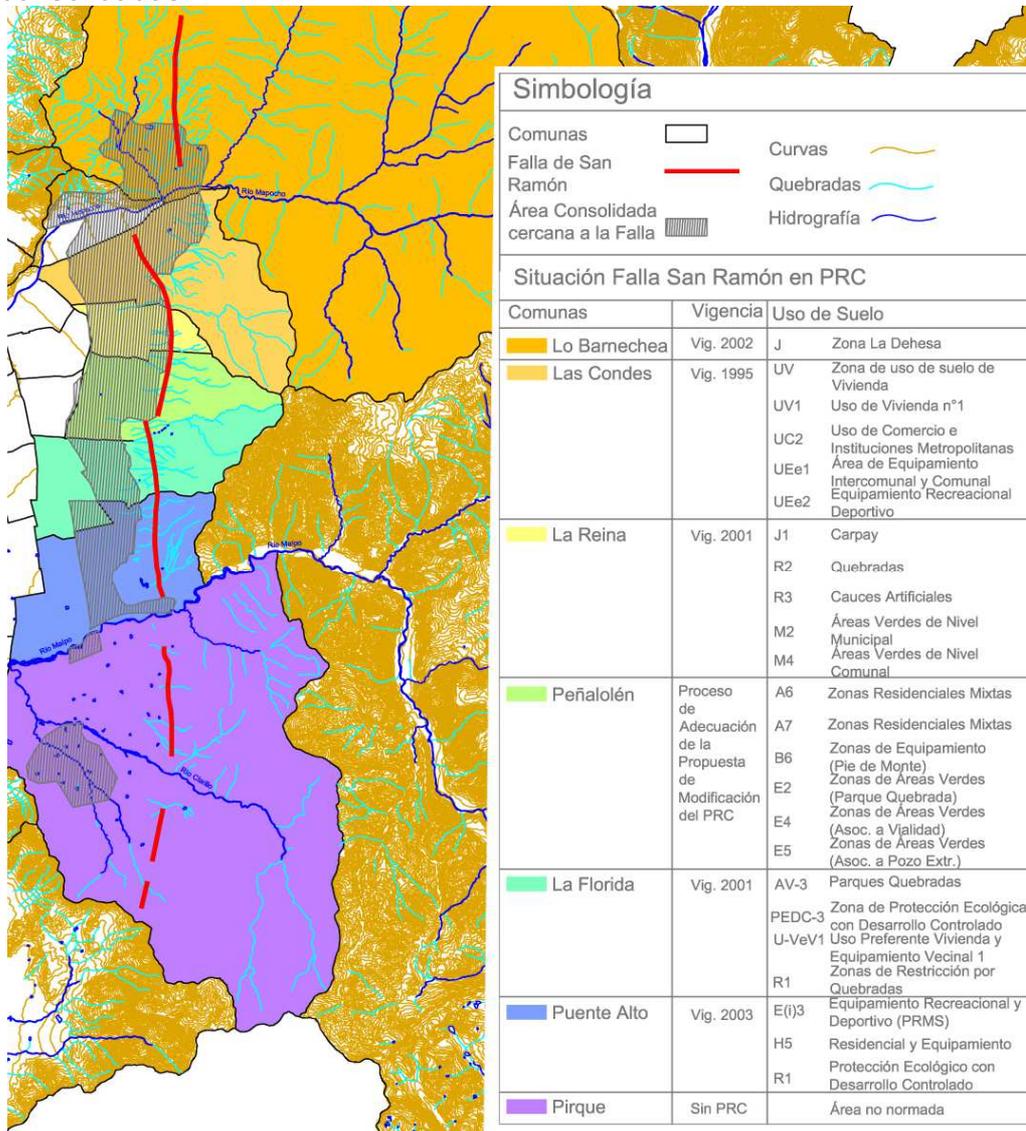


Tabla 1 Información Marco Normativo Nacional

INFORMACIÓN	FUENTE	FORMATO DE INFORMACIÓN	METODOLOGÍA
Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	MINVU Biblioteca Congreso Nacional	PDF Texto	
PRMS	SEREMI MINVU	Shapes PRMS Texto	Identificar los tipos de zona por los que pasa la falla, tomando un radio de acción, según Tipos de Zona: <ul style="list-style-type: none"> - Habitacional Mixta (según densidades) - Infraestructura Metropolitana - Equipamiento - Áreas de Valor Natural - Áreas de Riesgo - Áreas de Interés Silvoagropecuario - Actividades Productivas
PRC: VITACURA LAS CONDES LA REINA PEÑALOLÉN LA FLORIDA PUENTE ALTO	Observatorio Urbano y Municipali- dades en caso de PRC en proceso de aprobación o SEIA	Imagen pdf o jpg Texto	Identificar Las comunas por la que pasa la falla y luego los uso de suelo permitidos por los PRC respectivos, según Tipos de uso: <ul style="list-style-type: none"> - Residencial (según densidades) - Equipamiento - Actividades Productivas - Infraestructura - Espacio Público - Áreas Verdes - Áreas de Riesgo - Áreas de Proyección
SNASPE	CONAF Ministerio de Medio Ambiente	Imagen pdf o jpg Texto	Verificación de la existencia de sitios prioritarios o áreas protegidas en el sector.

c. Normas Técnicas

Norma NCh 433: La actual versión corresponde a una revisión del documento oficializado en 1993 y actualizado por última vez en 1996. Está orientada a lograr estructuras que resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada, limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad y, aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad severa. Establece requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios de acuerdo al área en que serán construidos y al uso que se dará a la estructura.

- Zonificación sísmica. Antes de esta norma, era lo mismo construir en cualquier parte de Chile. Ahora, la zona costera, con suelos más blandos y riesgosos, obliga a una mayor rigidez en sus cimientos. Esta área incluye toda la costa, desde el Norte Grande hasta Puerto Montt. Para la zona central, basta una rigidez intermedia y contempla hasta la isla de Chiloé. Para la zona cordillerana (desde el altiplano hasta Tierra del Fuego), con suelos de roca firme, una menor rigidez.
- Clasificación de edificios y estructuras. En caso de catástrofe, los edificios que puedan albergar grandes cantidades de personas deben resistir más con el fin de preservar y proteger la mayor cantidad de vidas. En virtud de esto, establece una clasificación de los edificios y sus prioridades en la calidad de su construcción.
 - Categoría A: edificios gubernamentales, municipales, de servicio o utilidad pública (cuartel de policía, central eléctrica, telefónicas, correo, canales de televisión, radios, hospitales).
 - Categoría B: edificios cuyo contenido es de gran valor cultural (bibliotecas, museos) y aquellos donde existe frecuente aglomeración de personas (salas, asambleas, estadios, escuelas, universidades, cárceles, locales comerciales).
 - Categoría C: edificios destinados a la habitación privada o uso público que no pertenezcan a las categorías A o B y construcciones de cualquier tipo cuya falla pueda poner en peligro las construcciones de categoría A o B.
 - Categoría D: construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables.

Respecto a esta norma, cabe señalar que a raíz del terremoto 8,8 de 27.02.2010 (27F), se ha dictado el Decreto 117 MINVU, terminado de tramitar el 9 de febrero de 2011, que le incorpora adecuaciones y complementaciones, mientras el Instituto

Nacional de Normalización confecciona la norma técnica que será la nueva Norma Oficial de diseño sísmico.

Se incorporan nuevos espectros de diseño sísmico, a partir de los registros del 27F, además de especificar de mejor manera la clasificación del suelo, aunque manteniendo la misma macrozonificación de referencia anterior.

Estos contenidos serán analizados para el presente Estudio, particularmente en lo que se refiere a la nueva clasificación de suelo, a fin de incorporarla en la Microzonificación del área de estudio.

Norma NCh 430: Esta Norma tuvo su última modificación en el año 2008 y abarca las exigencias para el uso del hormigón armado, sus requisitos de diseño y cálculo

Mediante Decreto 118 MINVU, terminado de tramitar el 10 de febrero, se introdujeron cambios en el diseño de hormigón armado orientados a entregar mayor ductilidad a las estructuras. Estas disposiciones se aplicarán hasta que se dicte la correspondiente Norma Oficial.

Otras Normas Técnicas Chilenas a considerar:

- NCh 2369.Of2003 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales
- NCh 2745.Of2003 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica
- NCh3.Of1961 Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos
- NCh427.cR1977 Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios.

2.2.1.2 Experiencias Normativas Externas:

Se han revisado experiencias y cuerpos normativos que se encuentran como información secundaria disponible (acceso público), que puedan orientar consideraciones normativas que se han abordado o están en estudio en otros países, así como convenios o acuerdos internacionales relacionados al tema.

El esfuerzo desarrollado en esta etapa, de breve duración, estuvo dirigido a encontrar antecedentes que fueran útiles a los objetivos del presente estudio, es decir, “ ... las disposiciones atinentes a los instrumentos normativos y de regulación urbana en otros países que se hayan enfrentado a la problemática de establecer normas y restricciones respecto del uso de suelo y otros aspectos normativos **en el entorno de las fallas activas**”.

Para ello se recurrió a las fuentes documentales disponibles, es decir, dado que son fuentes internacionales, a aquellos documentos que se encuentran recopilados en organismos e instituciones preocupados del tema y a aquellas publicaciones que están disponibles en internet. Esto no podía ser de otra manera, ya que los recursos del contrato no permiten que se viaje para obtener información directa, ni que se contrate a expertos de otros países.

Aún así, se pudo contar con la colaboración de algunos profesionales en el extranjero que orientaron la búsqueda.

En este marco, se recopiló una gran cantidad de información documental, de la cual se seleccionó aquella relevante. En todo caso, dada la dispersión y volumen de información, es necesario aclarar que la recopilación no está terminada, por cuanto cada caso que se ha revisado abre la posibilidad de profundizar en su conocimiento y en el de otros similares.

Si bien el tratamiento de los efectos de las fallas activas en la superficie se viene tratando desde hace más de una década, las discusiones y aplicaciones más directamente relacionadas son recientes, como lo demuestra la literatura consultada. En un anexo se adjunta la bibliografía que se ha revisado someramente hasta la fecha.

Durante la realización propiamente del estudio se procederá a su análisis en profundidad y su clasificación, ya que si bien son muy pocos los casos en que se han detectado experiencias relevantes al objetivo final del estudio, sí se han considerado muchas experiencias de aplicación metodológica, que apoyarán firmemente las decisiones técnico -científicas para la incorporación de las áreas de riesgo al PRMS y la aplicación de normas urbanísticas.

La revisión del material consultado hasta la fecha abre un campo que requiere su análisis y consideración conjunta con la Comisión Asesora del Estudio, ya que lo que se ha recogido obliga a su interpretación y validación en cuanto a opciones referenciales. Para ello, se considera altamente conveniente la realización de un programa de trabajo a desarrollar durante la ejecución de la siguiente etapa del estudio, mientras se obtiene la base territorial de amenaza sísmica de la falla. Se trataría de reuniones de trabajo (aproximadamente cada 20 días) para analizar el marco internacional por país, sobre la base de una presentación de antecedentes por parte de la Consultora y su debate, con el fin de seleccionar los aspectos relevantes y definir la posibilidad de realizar posteriormente un seguimiento más profundo de la experiencia de ese país.

Inicialmente, se propone analizar las experiencias de California (específicamente la Bahía de San Francisco), Japón, Colombia, Perú. Durante el desarrollo de la etapa podrían ser consideradas otras.

El objetivo es que al final del estudio se tenga un cuerpo de referencias internacionales que orienten y validen las propuestas normativas para el PRMS, en cuanto al tratamiento de la Falla San Ramón.

En todo caso, de los antecedentes revisados a la fecha, se puede anticipar que en general, lo primordial es lograr una microzonificación sísmica debidamente fundada, sobre la cual se apliquen exigencias específicas a la edificación y se controle la ocupación de los predios con mayor nivel de riesgo, tanto en lo que se refiere a los usos de suelo a permitir, como a las prevenciones de mitigación en caso de actividad de la falla.

Hasta hace pocos años no era común que las áreas de fallas activas fueran específicamente reguladas. La experiencia más difundida es la del Estado de California, aunque en otros países se aplican disposiciones similares, ya que constituyó un modelo a replicar en el mundo.

Países con experiencias de mayor interés

a. Experiencias destacadas:

California

A raíz del destructivo terremoto de 1971 en San Fernando, y sobre la base de los avances en el conocimiento geológico del área, el Estado de California dictó una ley, que se denominó el Alquist-Priolo Zonificación de Fallas Sísmicas (AP). La Ley de AP proporciona un mecanismo para reducir las pérdidas por rotura superficial de falla a nivel estatal. La intención de la Ley de AP es asegurar la seguridad pública al prohibir el emplazamiento de la mayoría de las estructuras de ocupación humana a través de las huellas de las fallas activas que constituyen un peligro potencial para las estructuras de la superficie de falla.

Esta ley fue aprobada en 1972 para mitigar el peligro de la superficie de fallas en las estructuras de ocupación humana, ya que el terremoto de San Fernando, se asoció con una amplia superficie de rupturas de fallas, que dañó numerosas viviendas, edificios comerciales y otras estructuras, evidenciándose que la ruptura de la superficie es uno de los peligros sísmicos más fáciles de evitar.

El principal objetivo de la ley Alquist-Priolo es evitar la construcción de edificios destinados a la ocupación humana en la superficie de la huella de las fallas activas. La ley sólo se refiere a la amenaza de ruptura superficial de una falla y no está dirigida hacia los peligros de otros terremotos.

En 1990 se aprobó la ley de Mapeo de Riesgos Sísmicos, teniendo el año 2010 su última actualización. Los mapas han sido puestos a disposición general en enero de 2011.

A continuación se ilustran casos de Mapas de Fallas.

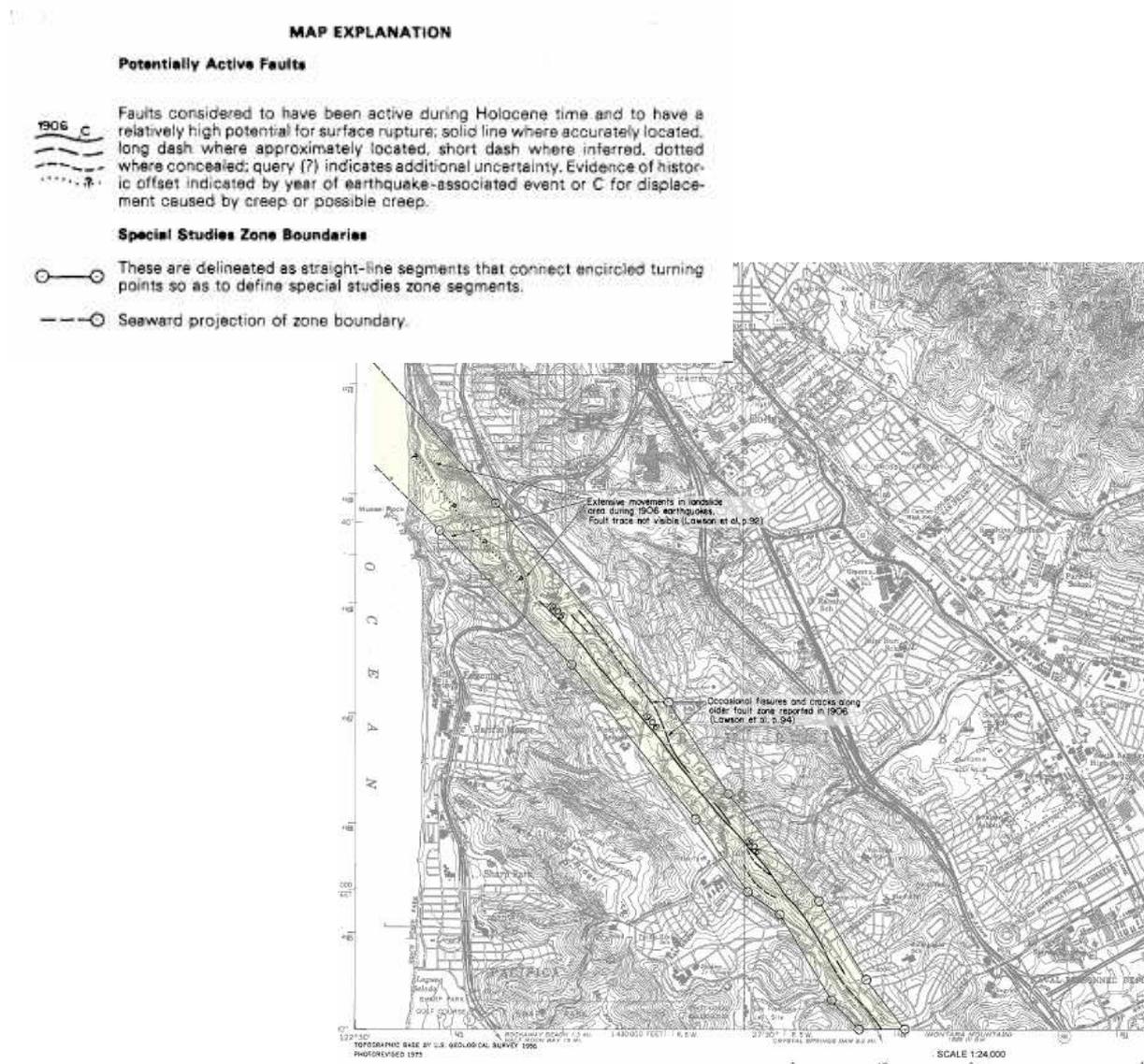


Figura 10. Mapa de Fallas Activas de San Francisco (sección)

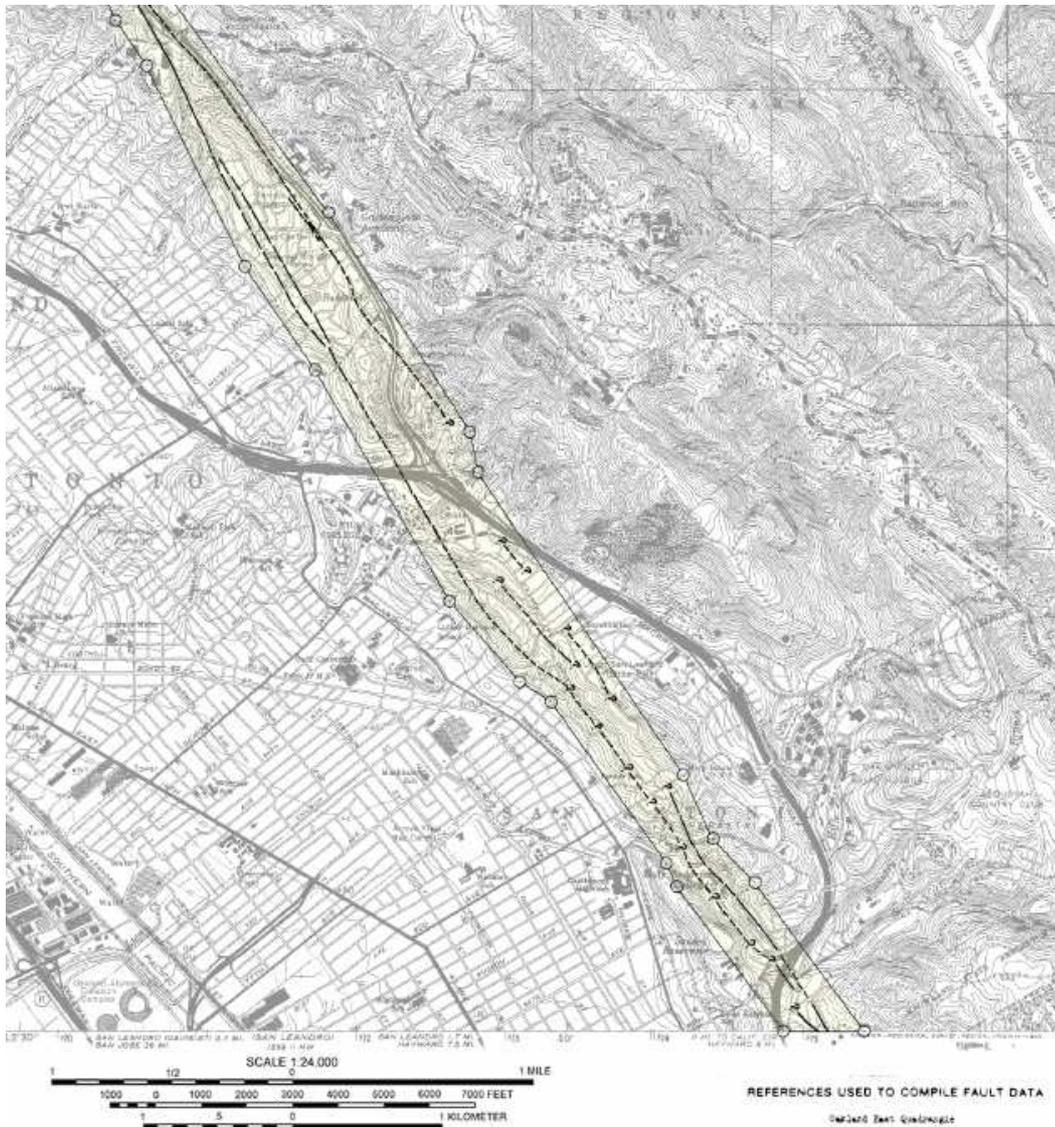


Figura 11. Mapa de Fallas Activas de Oakland (sección)

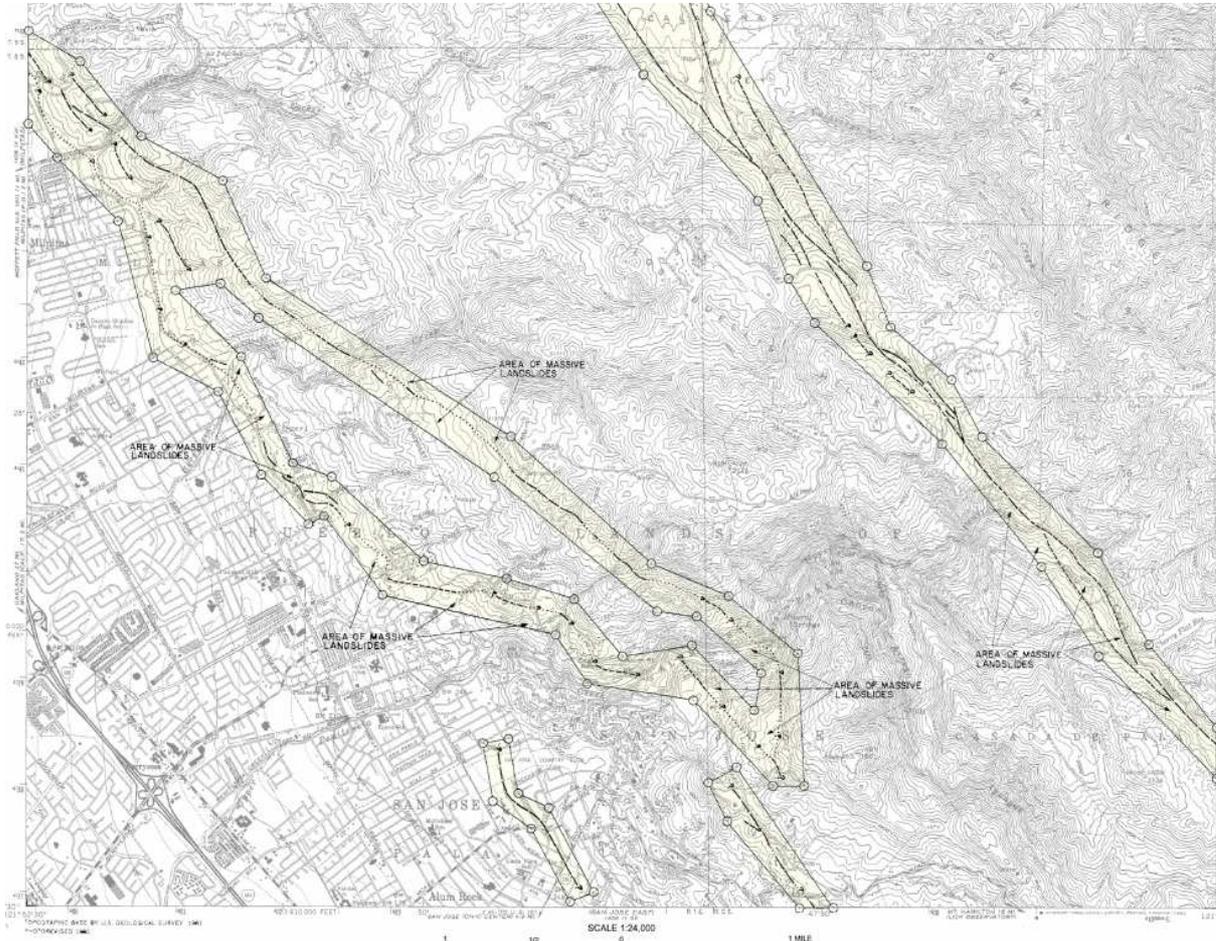


Figura 12. Mapa de Fallas Activas de Calavera (sección)

La ley requiere que el geólogo del Estado establezca zonas de reglamentación alrededor de las huellas superficiales de fallas activas y la expedición de los mapas correspondientes. Los mapas se distribuyen a todas las ciudades afectadas, condados y agencias estatales para su uso en la planificación y el control o la renovación de nueva construcción. Los proyectos incluyen las divisiones de la tierra y la mayoría de las estructuras de ocupación humana. Las construcciones de madera de un solo piso y las viviendas con estructura de acero de hasta dos pisos que no forman parte de un desarrollo de cuatro unidades o más están exentas. Sin embargo, las agencias locales pueden ser más restrictivas que la ley del estado requiere.

Antes de que un proyecto se pueda permitir, las ciudades y los condados deben exigir una investigación geológica para demostrar que los edificios propuestos no se

construirán sobre fallas activas. Un informe de evaluación y por escrito de un emplazamiento específico deberá ser elaborado por un geólogo licenciado. Una estructura para la ocupación humana no puede ser colocado sobre la traza de la falla y debe ser retirado de la zona (generalmente 50 pies, es decir, unos 150m).

Zonas de Fallas son las zonas de regulación en torno a las fallas activas. Las zonas se definen por los puntos de inflexión conectados por líneas rectas. La mayoría de los puntos de inflexión se identifican por las carreteras, drenajes, y otras características sobre el terreno. Se trazan en los mapas topográficos a una escala detallada. Las zonas varían en ancho, pero su ancho promedio de un cuarto de milla (150m).

El hecho de que una propiedad se encuentra en una zona de falla debe ser divulgado a un comprador potencial antes de que el proceso de venta se haya completado. El agente de bienes raíces está obligado legalmente a presentar esta información al comprador. Cuando no hay un agente de bienes raíces involucrado, el vendedor debe informar al comprador directamente. Esto se hace generalmente en el momento que se haga una oferta o sea aceptada.

A partir de junio de 1998, la Ley de Revelación de Peligros Naturales requiere que los vendedores de bienes inmuebles y sus agentes ofrezcan a los posibles compradores con una "Declaración de Revelación de Peligros Naturales" cuando la propiedad que se vende se encuentre dentro de uno o más esferas de riesgo asignada por el Estado, incluyendo Zonas de Falla.

Como se advierte, el propósito de "Alquist - Priolo Earthquake Fault Zoning Act" es regular el desarrollo cerca de fallas activas y mitigar el riesgo generado por la ruptura de la falla en la superficie.

Japón

El gobierno de Tokio optimizó el hábitat de los distritos para hacerlos más seguros usando la planeación como herramienta para la prevención de desastres.

En el tema de la planeación urbana como herramienta para la respuesta a emergencias, el plan contempló dentro del programa de renovación urbana la creación de áreas denominadas "zonas a prueba de desastres". El trabajo en estas áreas consistía en el establecimiento, diseño y equipamiento de sitios de evacuación, reacondicionamiento de vías y mejoras de infraestructura.

Los sitios de evacuación en Tokio constituyen en total 650.000 m² de áreas libres, concebidas como puntos de reunión seguros para las personas; estas zonas son

espacios abiertos rodeados de edificios de cierta altura que en el momento de un incendio como efecto secundario del sismo funcionan a manera de cortafuegos. Sin embargo, la labor del gobierno de Tokio en este aspecto, empezó mucho antes, en julio de 1972 cuando este diseñó 121 sitios de evacuación de acuerdo a lo formulado en el artículo 37 de la Ordenanza Metropolitana para la Prevención de Desastres Relativos a Terremoto.

El Plan incluyó la construcción de un Centro de Prevención de Desastres en el cual se administraría la red de radio y se dispondría vivienda para el personal de emergencias. Como tarea a largo plazo estaría el establecimiento de bases satélites de prevención de desastres que se encargarían de recolectar la información de daños en cada Distrito y ser un soporte para los barrios que los componen.

Las fallas activas en Japón son de diferente naturaleza geológica, por lo que en general, se aplica una franja de 300m en total. En estos años han estado abocados al reconocimiento del comportamiento diverso de las fallas, con el fin de establecer regulaciones diferenciadas.

En todo caso, la discusión reciente en ese país se orienta a proveer mejor información a los ocupantes de estas franjas y aplicar medidas de prevención y manejo de los desastres, como vías alternativas, redes seguras, etc. más que impedir su ocupación. Discuten el caso de California, por considerar que fajas tan angostas pueden generar una sensación de seguridad fuera de ella, que no se sustenta científicamente.

Colombia

Bogotá se encuentra ubicada en una zona de amenaza sísmica intermedia, con zonas de amenaza por deslizamientos, inundaciones, incendios forestales, emergencias por incendios estructurales, accidentes de tránsito y en algunos casos acciones terroristas. El Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. (Decreto 619 de 2000) buscó frenar los procesos que fomentan la segregación urbana, priorizar la inversión pública para atender las zonas más necesitadas, mejorar la competitividad de la ciudad, recuperar el espacio público, extender y regular los servicios comunitarios, establecer un sistema de transporte masivo eficiente y ordenado, además de ofrecer suelo urbano apto y suficiente para atender la edificación de vivienda de interés social y definitivamente ordenar el territorio de una manera sostenible, atendiendo los conflictos que se presentan entre el desarrollo físico, económico, social y la preservación del medio ambiente

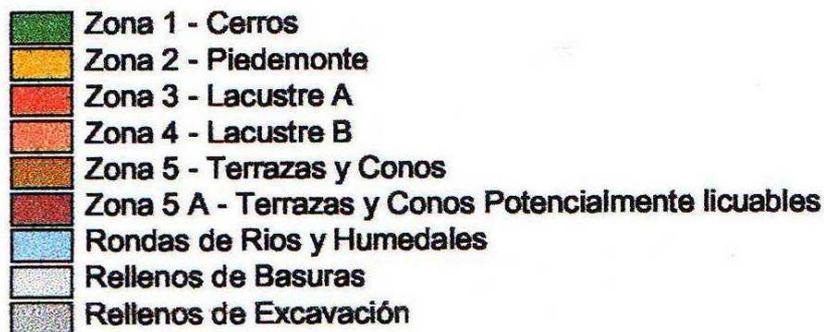
Estos planes tienen un componente general, un componente urbano, un componente rural, proyectos de corto, mediano y largo plazo e instrumentos de gestión urbana. En

el componente urbano se destina un especial aparte a las zonas sujetas a amenazas y riesgos, señalando las áreas bajo amenaza y las posibles medidas de mitigación, así como las zonas prioritarias sujetas al análisis de riesgos, la implementación del monitoreo de amenazas, los condicionamientos para futuros desarrollos urbanísticos y la obligatoriedad del análisis de riesgos.

Se ha avanzado en las tareas de microzonificación sísmica, mediante metodologías de amplia validación en otros países y organismos internacionales, logrando focalizar la aplicación de las normas técnicas de nivel nacional en forma diferenciada a nivel local.

Aquí se ha considerado como experiencia relevante, la aplicación pormenorizada de normas de diseño sísmico, más allá de la situación misma.

Un detalle de la aplicación se muestra a continuación:



COEFICIENTES ESPECTRALES PARA DISEÑO

	ZONA 1 CERROS	ZONA 2 PIEDEMONTE	ZONA 3 LACUSTRE A	ZONA 4 LACUSTRE B	ZONA 5 TERRAZAS
To	0.20	0.20	0.50	0.50	0.50
Tc	1.00	1.20	3.00	3.00	3.00
TL	5.00	6.00	5.71	5.71	5.71
Am	0.24	0.30	0.25	0.16	0.20
An	0.30	0.40	0.30	0.20	0.30
Fa	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Fv	2.00	2.25	32.48	31.18	25.98

PARAMETROS
 To : Período Inicial
 Tc : Período Corto
 TL : Período Largo
 Sa : Aceleración Espectral
 Am : Aceleración Máxima
 An : Aceleración Nominal
 Fa : Factor de Amplificación de la Aceleración
 Fv : Factor de Amplificación de la Aceleración en el rango de velocidades constantes

Figura 13. Zonas y Coeficientes aplicados a la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

b. Sin descartar otros casos, se reconocen otras experiencias de interés:

Turquía; Perú; Ecuador; España, Malasia, México y otros.

2.2.1.3 Institucionalidad asociada al tema

a. Organismos internacionales relevantes

En los últimos años se han fortalecido los organismos internacionales y regionales que abordan los temas de riesgos, ante el evidente cambio que está sufriendo el planeta, trayendo asociado un incremento en los desastres potenciales, que afectarían a un número creciente de población.

Uno de los énfasis principales que se advierten, se relaciona con los riesgos en áreas urbanas, dada la mayor concentración de población en dichas áreas y la paulatina ocupación de áreas expuestas a la ocurrencia de fenómenos naturales o antrópicos capaces de generar daño a sus vidas, viviendas, redes y actividades. A ello, se han agregado consideraciones ambientales, que han dado un enfoque más integral al análisis e interpretación de los fenómenos, bajo un prisma holístico.

Entre estos organismos destacan los dos que se señalan a continuación, ya que lideran la organización de las preocupaciones sobre la materia a nivel mundial y regional: América Latina.

Han generado innumerables estudios, documentos de registro de experiencias y recomendaciones, las que se tendrán en cuenta para la realización de este estudio, entendiendo que contienen el marco de referencia internacional.

a.1 ORGANISMO: ESTRATEGIA INTERNACIONAL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (UNISDR)

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR) es una secretaría interagencial de las Naciones Unidas, cuyo mandato es coordinar, promover y fortalecer la Reducción de Riesgos de Desastres a nivel global, regional, nacional y local. La UNISDR secretaría trabaja para lograr un mundo sin pérdidas innecesarias por los desastres – persiguiendo una misión guía para catalizar, facilitar y abogar por

acciones que protegerán vidas y los medios de existencia ante el impacto de las amenazas naturales.

Tiene su oficina principal en Ginebra, Suiza con oficinas regionales en las Américas, África, Asia y Europa.

Conforme con el mandato de la UNISDR secretaría, la **Unidad Regional para las Américas** aspira a apoyar a los actores en toda la región, incluyendo a América del Norte, América Latina y el Caribe, fomentando una cultura de prevención de desastres y contribuyendo a construir naciones y comunidades resilientes ante los desastres. La oficina está en la Ciudad de Panamá, Panamá.

La Secretaría de la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), presentó en octubre de 2010 al Gobierno de Chile, un diagnóstico sobre la situación de la reducción del riesgo de desastres, el que será analizado en profundidad, ya que en general, la evaluación no es satisfactoria.

El informe se basa en lo estipulado en el Marco de Acción de Hyogo², que establece cinco prioridades de acción:

Prioridad 1: Velar por que la reducción del riesgo de desastres constituya una prioridad nacional y local con sólida base institucional de aplicación.

Prioridad 2: Identificar, evaluar y seguir de cerca el riesgo de desastres y potenciar la alerta temprana.

Prioridad 3: Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para establecer una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel.

Prioridad 4: Reducir los factores subyacentes del riesgo.

Indicador 4.4: La planificación y la gestión de los asentamientos humanos incorporan elementos de la reducción del riesgo de desastres, incluyendo el cumplimiento de los códigos de construcción.

² El denominado "Marco de Hyogo" está contenido en el Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres, realizada en Kobe, Hyogo (Japón), entre el 18 y el 22 de enero de 2005. La Resolución 2 de esta Conferencia es "Marco de Acción de Hyogo para 2005 - 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres."

Prioridad 5: Fortalecer la preparación ante los desastres para lograr una respuesta eficaz a todo nivel.

El Marco de Acción de Hyogo (MAH) es el instrumento más importante para la implementación de la reducción del riesgo de desastres que adoptaron los Estados miembros de las Naciones Unidas. Su objetivo general es aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres al lograr, para el año 2015, una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países.

El MAH ofrece cinco áreas prioritarias para la toma de acciones, al igual que principios rectores y medios prácticos para aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables a los desastres, en el contexto del desarrollo sostenible.

Desde la adopción del MAH, diversos esfuerzos realizados en los ámbitos mundial, regional, nacional y local han abordado la reducción del riesgo de desastres de una forma más sistemática. Sin embargo, todavía queda mucho por hacer. La Asamblea General de las Naciones Unidas ha hecho un llamado a la implementación del MAH y ha reafirmado la importancia del Sistema multisectorial de la EIRD, al igual que de la Plataforma Global para la Reducción del Riesgo de Desastres para apoyar y promover el Marco de Hyogo.

Asimismo, la Asamblea General ha instado a los Estados miembros a establecer plataformas nacionales multisectoriales para coordinar la reducción del riesgo de desastre en los respectivos países. También, diversos entes regionales han formulado estrategias a ese nivel para la reducción del riesgo de desastres en la región andina, Centroamérica, El Caribe, Asia, el Pacífico, África y Europa, de conformidad con el MAH.

Más de 100 gobiernos ya han designado puntos oficiales de enlace para el seguimiento y la implementación del MAH. Algunos han tomado acciones para movilizar el compromiso político y para establecer centros de promoción de la cooperación regional para la reducción del riesgo de desastres.

El UNISDR ha elaborado un glosario con la terminología sobre la disminución del riesgo de desastres, que se utilizará en el presente estudio.

a.2 ORGANISMO: CENTRO REGIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE DESASTRES

El Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID) es una iniciativa patrocinada por seis organizaciones que decidieron mancomunar esfuerzos para

asegurar la recopilación y disseminación de información disponible sobre el tema de desastres en América Latina y el Caribe.

1. Organización Panamericana de la Salud - Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).
2. Naciones Unidas, secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. (ONU/EIRD).
3. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias de Costa Rica (CNE).
4. Federación Internacional de Sociedades Nacionales de la Cruz Roja y Media Luna Roja (FICR).
5. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC).
6. Oficina Regional de Emergencias de Médicos sin Fronteras (MSF).

Servicios y productos del CRID

Asistencia a una gran variedad de usuarios en la búsqueda y localización de información sobre desastres, a través de medios físicos y electrónicos

Publicación y distribución de bibliografías especializadas en temas relacionados con desastres.

Acceso electrónico a una amplia colección de documentos y otras fuentes de información.

Asesoría técnica y capacitación en gestión de información sobre desastres para centros de información.

Elaboración, edición y distribución de material de capacitación.

Distribución masiva de información pública e información técnica (boletines, bibliografías, etc.)

Organización de puestos informativos (stands) y participación en actividades específicas.

Coordinación con otras instituciones interesadas en las áreas de gestión de información sobre desastres.

Formulación y gestión de proyectos para la implementación, fortalecimiento y manejo de información sobre desastres.

Elaboración de CDROMs especializados en temas relacionados con desastres, conteniendo diferentes tipos de información (información bibliográfica, textos completos, fuentes de información existentes en Internet, contactos instituciones, entre otros)

b. Organismos nacionales relevantes

b.1 Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI)

Disposiciones sobre la inclusión de zonificaciones en los IPT (reas de riesgo y áreas seguras)

b.2 Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (Ministerio del Interior), SUBDERE

Convenio SUBDERE - JICA, organismo japonés de cooperación internacional que en otros países, como Perú, ha desarrollado, en conjunto con los organismos de esa nación, importantes investigaciones y aplicaciones en el campo de la prevención de riesgos sísmicos.

b.3 Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

b.4 UNIVERSIDADES

En especial, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, que ha hecho la mayor parte de las investigaciones relacionadas con la Falla San Ramón.

2.2.2 Revisión Antecedentes Territoriales

La visión territorial en este caso recabará información tendiente a establecer la **vulnerabilidad** actual de los territorios afectos riesgo sísmico de la FSR y la tendencia potencial de ser utilizados o demandado producto de las políticas de desarrollo urbano metropolitano y local.

En este sentido los aspectos a considerar en el análisis territorial son los relativos a población, configuración espacial y usos de suelo o actividades.

- **Población:** Tamaño, densidad, caracterización socio-económica.
- **Configuración Espacial:** Infraestructura, densidad predial, ocupación de suelo, constructibilidad, calidad constructiva.
- **Actividades:** Uso preferente de suelo, actividades especiales o estratégicas.

La selección de antecedentes -que tiene directa relación con los aspectos que aportan a configurar la vulnerabilidad existente en el territorio y los aspectos regulables por el IPT en conformidad a la OGUC- se hace desde fuentes que logren una cobertura

territorial amplia en el área de estudio y que permitan comparaciones entre un sector y otro, diferenciación territorial, así como una verificación expedita de la fuente.

En el siguiente cuadro se señala la información que se ha considerado recoger, su fuente, estado de registro y la forma en que metodológicamente será incorporada al Estudio.

Tabla 2. ANTECEDENTES TERRITORIALES A INCORPORAR

ÁREA	INFO.	FUENTE	FORMATO DE INFORMACIÓN	METODOLOGÍA
CONFIGURACIÓN ESPACIAL	Infraestructura	-Mosaico aerofotogramétrico SECTRA 2007.	Imagen jpg	Las redes subterráneas o tendidos superficiales se referencian a los ejes de vías existentes. La edificación se registra como áreas construidas y diferenciadas por tipologías de agrupamiento, densidad (ocupación de suelo), alturas predominantes y clase (calidad según clasificación SERVIU). Verificación de Terreno.
		-Estudio Actualización Título 8 del PRMS. Restricciones y Exclusiones al Desarrollo Urbano SEREMI MINVU 2008	Dwg pdf	
		- Restituciones aerofotogramétricas de los respectivos PRC de cada Municipalidad	CAD- Shapes	
	Edificación	Trazados de redes primarias de servicios considerados Líneas Vitales ³	Registro cartográfico Empresas Sanitarias, Eléctricas y de Gas. (formato y disponibilidad desconocida).	
		Catastros Comunales de edificación de las 6 comunas involucradas: Vitacura, Las Condes, La Reina, Providencia, Peñalolén, Puente Alto.	Registros digitales shapes o transformables.	

³ Redes primarias de agua potable, gas y alcantarillado. Tendedos de distribución eléctrica.

POBLACIÓN	Tamaño	-Información INE 2002 por manzana o distrito. (Actualización precenso 2011 si está disponible) -Imagen SECTRA - Registro de permisos de edificación DOM de las 6 comunas (2002-2010).	Shapes Imagen jpg	Se revisará la cobertura de información por manzana o se tomará la población por distrito, y se hará una actualización estimativa del crecimiento de la población a 2007, contabilizando las unidades de vivienda recientes, a través de la Imagen Sectra en el área de Estudio (respaldado por los registros DOM) y se multiplicará por promedio de Habitantes (4).
	Nivel socioeconómico	Información INE 2002 por manzana o distrito.	Shapes	Se asociará la información INE a manzana o distrito según cobertura.
	Densidad	-Información INE 2002 por manzana o distrito. -Imagen SECTRA	Shapes Imagen jpg	Con el dato actualizado de la población y el área de influencia de la falla, se calculará la densidad.
USO DE SUELO ACTUAL	Residencial	Encuesta de Edificación INE por manzana o distrito. (INE-SII)	Shapes sobre base metropolitana.	Se Identificará la actividad económica predominante y los usos especiales. Se registrarán los edificios indispensables o esenciales ⁴ .
	Equipamiento			
	Actividades Productivas			
	Infraestructura	Planos Base PRC Imagen SECTRA Actualización Del Título 8 PRMS.	Imagen jpg o pdf dwg	
	Espacio Público	PRC y PRMS	Imagen jpg o pdf	
	Área Verde	PRC Área verde normada	Imagen jpg o pdf	

2.2.3 Área Preliminar de Estudio

En tanto los resultados del análisis científico-técnico no arrojen un Mapa de Peligrosidad de la FSR que permita definir con mayor precisión el Espacio Geográfico del Estudio, el enfoque territorial configurará un área preliminar que le permita acotar la recopilación inicial de información.

⁴ Edificios cuya operatividad resulta indispensables frente a una catástrofe, como los colegios (albergues), hospitales y bomberos.

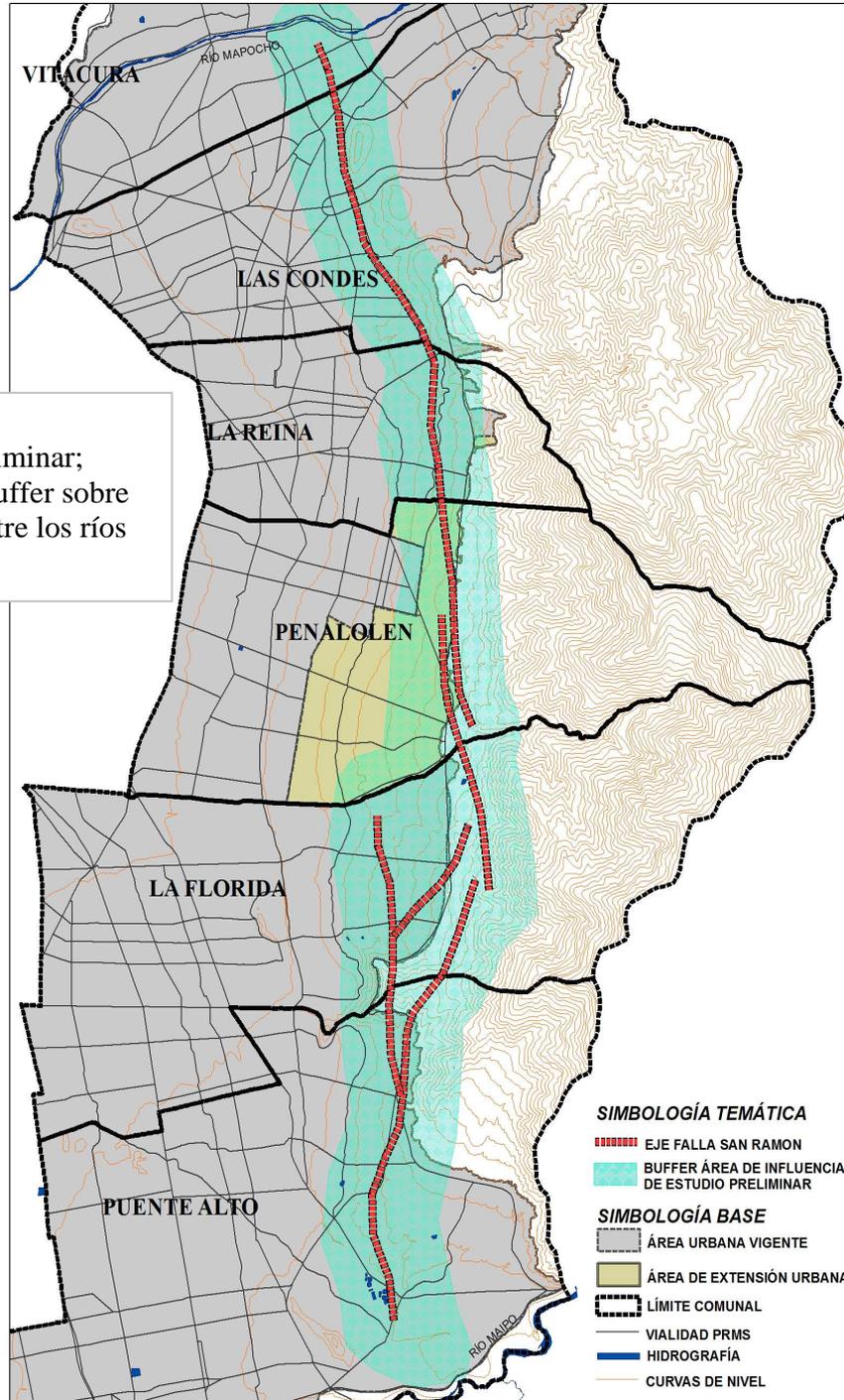
TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

Longitudinalmente el área está dada por los 25 km aproximadamente que tiene el trayecto de la FSR entre Río Mapocho y Río Maipo, sin excluir segmentos discontinuos. En el sentido transversal se ha considerado un *buffer* de 1km hacia cada lado de los ejes o segmentos identificados en el Plano de Traza de la FSR, configurándose un área preliminar sobre la cual se levantará la primera información.

El área preliminar resultante, que se grafica en la figura 5, cruza las comunas de Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto. Mayoritariamente se trata de áreas urbanas reguladas por los respectivos PRC; algunas zonas de extensión Urbana consignadas en el PRMS y zonas excluidas del desarrollo urbano.

La cobertura normativa de los IPT resulta relevante por cuanto indica que gran parte del área afecta a la FSR se encuentra actualmente habilitada por los IPT para su ocupación y muchas de éstas ya se encuentran consolidadas, como lo es el caso de Vitacura, Las Condes y La Reina. De allí entonces que el enfoque territorial-normativo se hace hacia una propuesta de regulación de las áreas vulnerables y una visión precautoria de las áreas aun no ocupadas.

Figura 15:
 Área de Estudio Preliminar;
 levantada como un buffer sobre
 los ejes de la FSR entre los ríos
 Mapocho y Maipo.



2.2.4 Plano Base de Estudio

Los aspectos territoriales y normativos se desarrollarán sobre la base cartográfica del Estudio Actualización Título 7 Catastro Franjas Vías Etapa 2 de la SEREMI Metropolitana de Vivienda y Urbanismo 2010, cuya especificación es la siguiente:

Cartografía IGM
Aerofotografía 2001
Restitución aerofotogramétrica 2007, escala 1:50.000
Georreferenciación: Elipsoide de referencia internacional 1924,
Datum PSAD 1956, Proyección UTM, Huso 19.

La información será integrada como archivos *shapes* en un Sistema de Información Geográfica (SIG) operable desde ArcView.

3 AJUSTE METODOLÓGICO

3.1 AJUSTES DESARROLLO CIENTÍFICO-TÉCNICO

3.1.1 Paleosismología y Geotecnia

Se propone estudiar 2 trincheras excavadas de forma transversal a la traza de la falla. Las dos trincheras serán excavadas y estudiadas en el sector de la quebrada Macul, transversal al escarpe más joven expuesto asociado a esta falla (Figura 1). Cada una tendrá unas dimensiones generales de 25-75 m de largo, 4-10 m de ancho y 2-5 m de profundidad. Estas serán excavadas y mapeadas en detalle, enfatizando el análisis de la estructura y de los depósitos asociados a la actividad reciente de la falla. Las Figuras 2 y 3 muestran la ubicación de las trincheras propuestas. Se tomarán muestras para dataciones que permitan determinar la cronología de los eventos interpretados a partir del mapeo detallado de la falla (entre 12 y 20 dataciones).

Los resultados del análisis de una tercera trinchera podrían obtenerse a partir de un estudio en curso realizado por el Departamento de Geología de la Universidad de Chile para la Comisión Chilena de Energía Nuclear en el sector de La Reina. Para ello, se solicita a la SEREMI Metropolitana del Ministerio de Vivienda y Urbanismo realizar las gestiones necesarias con la CCHEN para poder contar formalmente con dichos antecedentes (contacto Sr. Cristián Sepúlveda, csepulve@cchen.cl, fono 3646212).

Se propone además realizar el sondaje geotécnico considerado en la propuesta en el mismo predio que las dos trincheras.

Se solicita a la SEREMI Metropolitana del Ministerio de Vivienda y Urbanismo realizar las gestiones pertinentes para tener los permisos necesarios para la excavación de las trincheras y perforación del sondaje geotécnico en el sector de quebrada Macul. Todas estas prospecciones serían realizadas en Av. Las Pircas S/N, Peñalolén, Lote 3B del ex Fundo Lo Abarca (Fig.6), propiedad de CMB Prime Administradora de Fondos de Inversión S.A. (Sr. José Cox, Av. Apoquindo 3000, of. 1602, Las Condes, Fono 3788188).

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

Figura 16:
Ubicación del área de interés para realizar las excavaciones.
Derecha: Mapa de la traza de la falla San Ramón, zona de
interés en rectángulo rojo.
Izquierda: Detalle con la ubicación del área de interés.

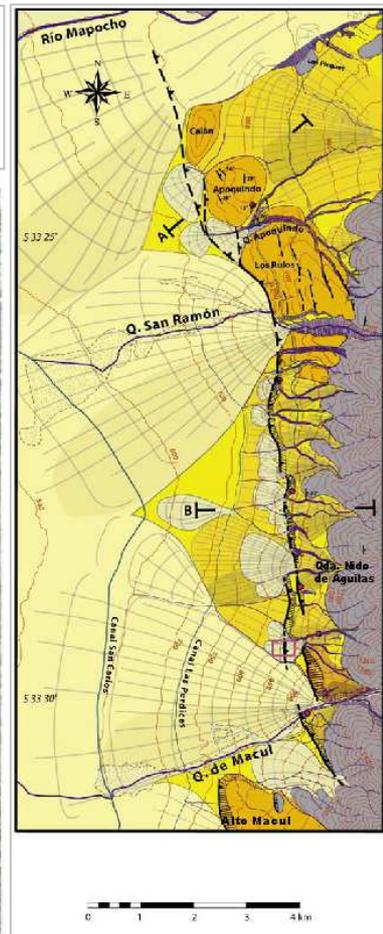
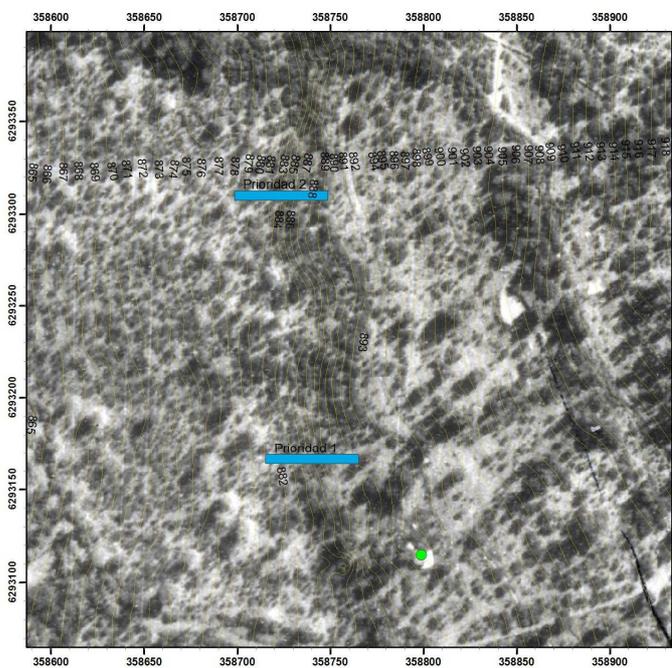
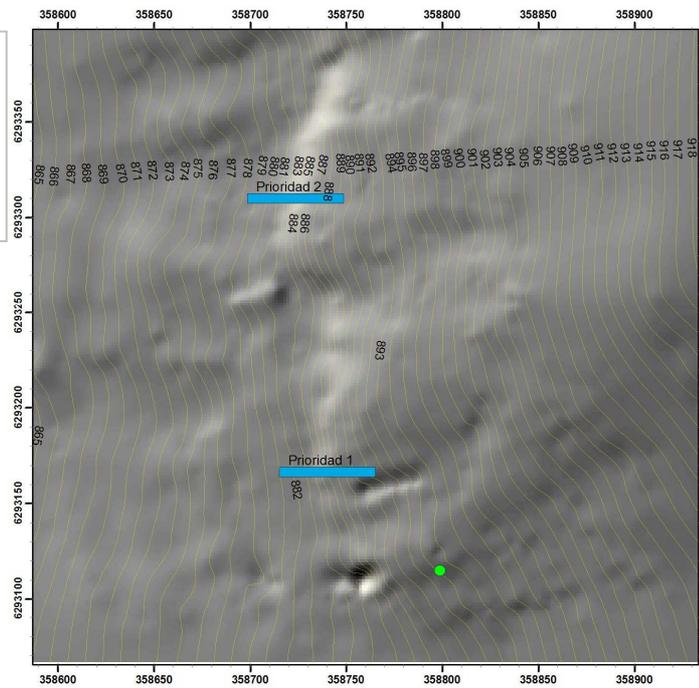


Figura 17:
Detalle de la ubicación de las
trincheras, en un modelo de
elevación digital, a estudiar en la
zona de la quebrada Macul (ver
ubicación en Figura 6).



N
Escala 1:2.000
Proyección UTM 19S
WGS 84

Figura 18:
Detalle de la ubicación de las
trincheras a estudiar en la zona de la
Quebrada Macul, sobre fotografía
aérea (ver ubicación en Figura 6).

3.1.2 Monitoreo Sísmico

Con el fin de estimar la actividad de la Falla San Ramón (FSR) se revisarán y analizarán durante la Etapa 2 del proyecto los registros de la red de estaciones sismológicas de investigación y del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile existentes en la zona, con un menor umbral de detección al usual para realizar un análisis de las señales sísmicas de eventos de pequeña magnitud. Adicionalmente, se incorporará a la red una estación de última generación (STS-2 banda ancha de gran rango dinámico) en un sitio por determinar. Esto permitirá reforzar el dispositivo observacional en la región con el objeto de mejorar la calidad de los resultados y validar la posibilidad que la FSR sea una falla sísmicamente activa, es decir, detectar la existencia de un posible mecanismo de carga que ponga en evidencia la deformación frágil del sistema.

La actual configuración de estaciones difícilmente puede proporcionar un buen control de las profundidades de los hipocentros que ocurren en la zona cordillerana, lo que añade un grado de incertidumbre en la asociación de la posible sismicidad detectada y su relación con las estructuras tectónicas observadas (fallas). La nueva instrumentación de banda ancha aportará en parte a mejorar esta deficiencia.

Cabe señalar que el corto periodo de monitoreo y los recursos disponibles no permiten tener resultados concluyentes sobre la actividad sísmica actual de la falla. Para superar de manera significativa el problema de localización se requerirá en una etapa posterior la realización de un estudio sísmico específico que contemple el despliegue de al menos una docena de instrumentos en la región por un tiempo prolongado. Este proyecto aportará en las especificaciones técnicas básicas de configuración geométrica y número mínimo de equipos para futuros estudios destinados a resolver la caracterización de la amenaza sismotectónica en la zona cordillerana de Santiago.

Se construirá una base de datos sísmica paramétrica para este estudio y se implementarán las herramientas de procesos y adquisición de los datos para asegurar la continuidad del seguimiento de la sismicidad cerca de Santiago en coordinación con el Servicio Sismológico Nacional de la Universidad de Chile. Estos datos tendrán carácter público y abierto a la comunidad de especialistas para futuros estudios complementarios a este trabajo.

Este monitoreo debería quedar registrando sismicidad más allá de la duración del proyecto.

3.2 AJUSTES DESARROLLO TERRITORIAL NORMATIVO

3.2.1 Orientación del Estudio

La OGUC, que regula las disposiciones del PRMS, instrumento de planificación territorial cuya área normada es cruzada por la FSR, establece que son “*áreas de riesgo*” aquellos territorios en los cuales -previo **estudio fundado- se limite determinado tipo de construcciones** por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejantes, ...”(Art. 2.1.17). La misma Ordenanza señala en sus definiciones que el “**Estudio de riesgos**” es el documento técnico cuyo objetivo es definir peligros reales o potenciales para el emplazamiento de asentamientos humanos, señalándose entre otras acepciones de áreas de riesgo: “Zonas con peligro de ser afectadas por actividad volcánica, ríos de lava o **fallas geológicas**.”(Art. 2.1.17)

En función de ello el presente Estudio se orienta a **la identificación de zonas con peligro real o potencial para el emplazamiento de asentamientos humanos por actividad (sísmica) de la falla geológica San Ramón, pudiendo establecer áreas de riesgo donde se limite determinado tipo de construcciones, por seguridad contra desastres naturales.**

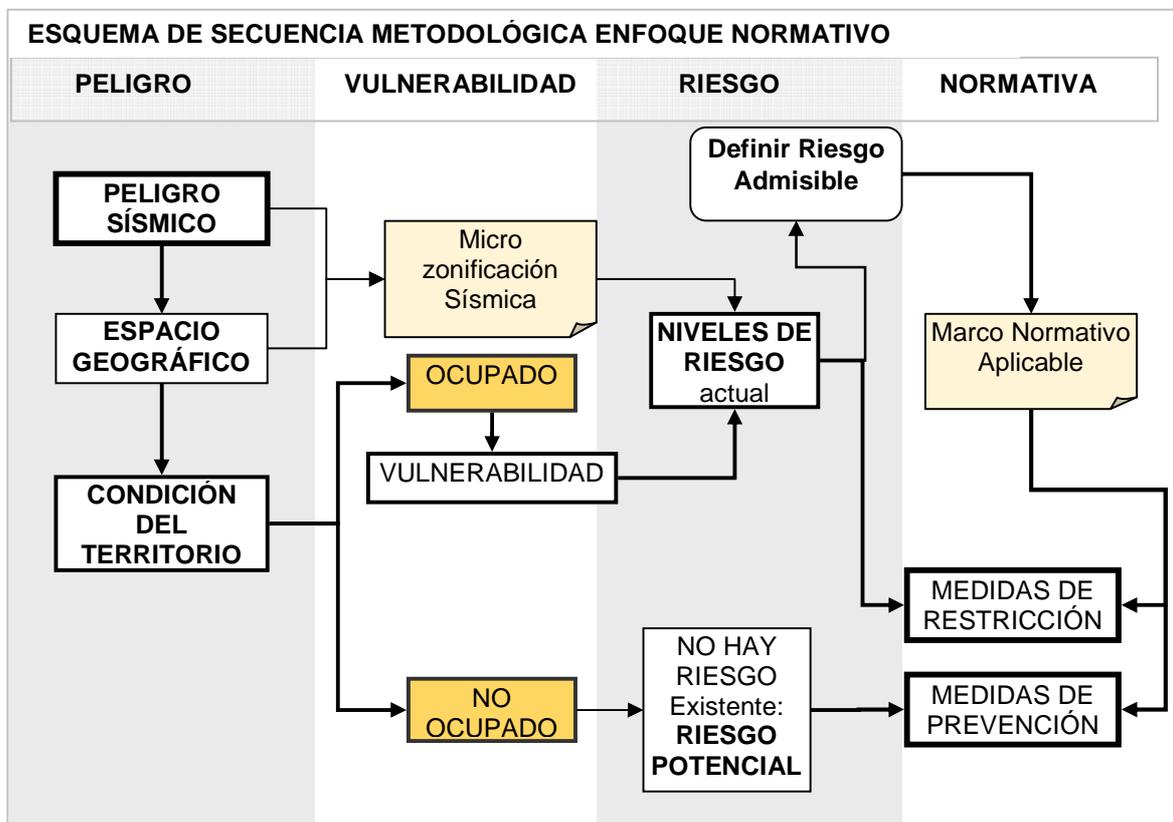


De la determinación del área de estudio preliminar levantada sobre el Plano de Traza de la FSR -referida en el presente informe- se puede inferir no sólo que la mayor parte del territorio potencialmente afecto por acción de la FSR está regulado como urbano y habitable, sino que éste se encuentra mayoritariamente ocupado. De allí que se haga especial énfasis en que la principal tarea de la propuesta resultante se orientará a la formulación de una propuesta normativa (probablemente restrictiva) a territorios ya ocupados y, secundariamente, a las medidas preventivas sobre territorios no ocupados o excluidos hoy del desarrollo urbano.

3.2.2 Enfoque Metodológico

Como se ha señalado, el análisis científico-técnico tiene por fin en este Estudio, la “evaluación del peligro sísmico”, mediante paleosismología y monitoreo sismológico, concluyendo en la determinación de “recurrencia” (probabilística), “máximo sismo capaz” y un Mapa de Amenaza que permita mediante el análisis sísmico la Micro zonificación Sísmica del territorio afecto. De esta microzonificación o diferenciación territorial de la amenaza sísmica, se presenta en la siguiente figura un ejemplo de la ciudad de Bogotá, Colombia.

El enfoque territorial-normativo por su parte, sobre la base de una identificación preliminar de Área de Estudio, analizará la “Condición del Territorio”, primero en cuanto a su **ocupación y condición normativa** (urbano-rural). Ello por cuanto los territorios no ocupados no constituyen hoy un riesgo y su regulación (en caso de ser áreas normadas) tendrá una orientación **preventiva**. En el caso de territorios ocupados, la orientación será **restrictiva** y ella operará en función de los **Niveles de Riesgo** que presenta particularmente cada territorio; lo que se basará en la **Vulnerabilidad** de éstos y la localización dentro de la **Microzonificación Sísmica**.



Sabemos entonces que el nivel de riesgo dependerá de la existencia de asentamientos humanos, infraestructura y edificaciones, a lo que se agregan conceptos de “permanencia”, intensidad de uso y tipo de actividad. Aspectos que están directamente relacionados con materias afectas a normativas de ordenamiento territorial y normas de edificación, calidad de materiales, entre otras.

$$\text{Riesgo (R)} = \text{Amenaza (A)} \times \text{Vulnerabilidad (V)}$$

Visto así el riesgo se puede potenciar cuando aumenta la peligrosidad (amenaza) o cuando aumenta la vulnerabilidad. En consecuencia, podemos decir que si bien la **peligrosidad** sísmica (potencial de la Falla de San Ramón) no es regulable o programable, sí lo es el manejo del **riesgo**, en la medida que se regule la **vulnerabilidad** del área potencialmente afecta, ya sea por acción directa sobre ésta o por la planificación normativa que ordene el desarrollo, ocupación o transformación del territorio.

El objetivo de la propuesta será entonces el control o disminución de la vulnerabilidad del sector donde la Falla San Ramón presenta peligro sísmico, mediante la zonificación o regulación normativa de competencia del PRMS, para el área normada. Será también materia del Estudio una propuesta sobre los territorios excluidos actualmente del desarrollo urbano y que se encuentran afectados a la amenaza sísmica de la FSR.

Este es el enfoque que ha orientado el análisis del marco normativo nacional y la revisión de experiencias extranjeras en la regulación normativa de áreas con riesgo sísmico.

3.2.3 Requerimiento Estratégico

Sin embargo, analizado el nivel de riesgo presente en cada unidad territorial afecta a los efectos sísmicos de la FSR, y concientes de que gran parte del área en peligro ya se encuentran ocupada, cabrá hacerse la pregunta de ¿cuál es el riesgo admisible para cada unidad territorial? o ¿cuánto se está dispuesto a perder frente un suceso extremo?; respuesta que deberá buscarse en las instancias políticas que pueden representar la toma de decisiones que orientará la normativa de restricción y prevención.

En ese sentido es que resulta necesario configurar en forma temprana cuál será el referente político-técnico que permitirá resolver la toma de decisiones requerida en el momento de discriminar umbrales de aceptación en la prevención o restricción normativa.

4 ANEXO

DOCUMENTOS CONSULTADOS SOBRE EXPERIENCIA INTERNACIONAL RELATIVA AL TRATAMIENTO PREVENTIVO Y NORMATIVO EN EL ENTORNO DE FALLAS ACTIVAS

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
1	Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos (Cap. 5_Paradigma del riesgo en la Ingeniería Sísmica, Cap. 7_estimación holística del riesgo sísmico de un centro urbano, Cap. 8_Gestión del riesgo como concepto de planificación, Cap.9_Conclusiones y trabajo futuro)	Omar Darío Cardona Arboleda	Universidad Politécnica de Cataluña	2001	España
2	Evaluación Holística Del Riesgo Sísmico En Centros Urbanos	M. L Carreño, O. D. Cardona, M. C. Marulanda, A. H. Barbat	Asociación española de Ingeniería Sísmica Girona	2007	España
3	Evaluación del riesgo sísmico en zonas urbanas (texto completo)	Ulises Mena Hernández	Universidad Politécnica de Cataluña	2002	España
4	IV. Environment Setting, Impacts and Mitigation Measures (F. Geology, Soils, and Seismicity)		Káiser Permanente Oakland medical Center	2006	
5	Seismic risk in linear source regions, with application to the San Andres Fault	Bruce M. Douglas y Alan Ryall	Boletín de la Sociedad Sismológica de América	1977	
6	Archivo Jpg (Earthquake Shaking potential for California)	Gray Davis, Gobernador	Estado de California	2003	Estados Unidos

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
7	Catálogo de las fallas regionales activas en el norte de baja California, México	Manuel Cruz-Castillo	GEOS, Unión geofísica Mexicana	2002	México
8	Archivo Gif (Defining Vulnerability Occupancy and Building Type)		San Francisco Planning+Urban Research Association		
9	Earthquake sciences and city planning are still disconnected	Aydin Germen			
10	2005 Pleasanton Plan 2025 (5. Public Safety Element)			1982	Yugoslavia
11	15 Sismos				
12	Archivo Jpg (Seismic Hazard maps further legislation to reduce earthquake losses)		www.wvdhsem.gov		
13	Expanding and Using Knowledge to Reduce Earthquake losses		The National Earthquake Hazards Reduction Program	2003	
14	Archivo Gif (Seismic Hazard Zonation of Northern California)		California Geological Survey	2006	
15	Archivo Gif (Target States of recovery for San Francisco's Buildings and Infrastructure)		San Francisco Planning+Urban Research Association		
16	Geologic and Tsunami Hazard, Urban Planing, and Reconstruction				
17	Art. Falla San Andrés, Un Gigante Dormido			2010	
18	California geological Survey-Prc Division2, Chapter 7.5		State of California, Departament of Conservation (www.conservation.ca.gov)		

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
19	California Geological Survey - Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act		State of California, Department of Conservation (www.conservation.ca.gov)		
20	Anteproyecto de norma: Geotecnia		Normas Chilenas, Minvu	2010	Chile
21	Anteproyecto de norma: Requisitos mínimos de diseño, instalación y operación para ascensores electromecánicos frente a sismos.		Normas Chilenas, Minvu	2010	Chile
22	Reglamento De Diseño Sísmico De Edificios		Normas Chilenas, Minvu	2010	Chile
23	La Ingeniería Antisísmica		Ingeniería Civil UC		Chile
24	Reglamento que fija los requisitos de diseño y cálculo para el Hormigón Armado		Normas Chilenas, Minvu	2010	Chile
25	Norma Chilena oficial: Diseño sísmico de edificios		Instituto Nacional de Normalización	1996	Chile
26	Valores Diseño Sísmico		Instituto Nacional de Normalización	2010	Chile
27	Propuesta de Modificación Espectro de Diseño NCH433	Rubén Boroscsek K., Víctor Contreras L.	Universidad de Chile	2010	Chile
28	Normas Chilenas De Construcción En Terremotos		www.angelfire.com		Chile
29	Art. Prensa (Normas de diseño sísmico y construcción de edificios)		El Mercurio	2010	Chile
30	Art. Prensa (Especialistas se reúnen para abordar en seminario el nuevo diseño sísmico y estructural)		El Mostrador	2010	Chile
31	Art. Prensa (Nuevas normas antisísmicas incluyen mayor espesor en los pisos inferiores)		La Tercera	2010	Chile

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
32	Norma Chilena oficial NCh 2369, Of2003: Diseño Sísmico de estructuras e instalaciones industriales		Instituto Nacional de Normalización	2003	Chile
33	Norma Chilena oficial NCh 433, Of96: Diseño Sísmico de edificios		Instituto Nacional de Normalización	2005	Chile
34	Problemas Urbano Geológico Con La Zona Agrietada De Mixco	S. W. Bilodeau			México
35	Código Sísmico de Costa Rica	Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica (2002)	Colegio federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica	2002	Costa Rica
36	Códigos De Construcción En La Región Centro Americana, Preventivas Para Mitigar Las Amenazas Naturales	José Grases		1996	Venezuela
37	Estudio Comparativo De La Norma Sismo Resistente Venezolana Actual Con Códigos Sísmicos De Otros Países	Freddy J. Lanza S., Scarlet H. Puentes M., Fernando Villalobos	Universidad de Carabobo, Ingeniería UC	2003	Venezuela
38	Art. Prensa (Experto en catástrofes de EE.UU. propone normas sísmicas más estrictas y un sistema de emergencia descentralizado)		La Segunda	2010	Chile
39	Aporte de la red Sismológica Nacional en la Evaluación de la Amenaza sísmica de Venezuela	Raquel Vásquez	Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Funvisis		Venezuela
40	Norma De Construcción Sismo Resistente Española (NCSE-02)		Ministerio de Fomento	2002	España
41	Art. Prensa (Faltan normas antisísmicas unificadas)	Enrique Garabetyan	Perfil.com	2010	Argentina
42	Art. Prensa (De Kobe a Northridge)	Jaime Arias Restrepo	Eltiempo.com	1995	Colombia

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
43	Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres: Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres		Naciones Unidas	2005	Japón
44	Día Internacional para la Reducción de Desastres		Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres	2009	
45	Marco De Acción De Hyogo 2005-2015: Aumento De La Resiliencia De Las Naciones Y Las Comunidades Ante Los Desastres		Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres		
46	Conferencia Mundial Sobre La Reducción De Los Desastres: Marco De Acción De Hyogo Para 2005-2015		Naciones Unidas, EIRD	2005	Japón
47	Diagnóstico De La Situación De La Reducción Del Riesgo De Desastres En Chile		Naciones Unidas, EIRD	2010	Chile
48	Investigación		FLACSO		
49	UNISDR, Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres		Naciones Unidas, EIRD	2009	
50	Seismic Hazard Map Using Contribution Factors of Seismic Sources	N. Nakajima, H. Kameda, Y. Ishikawa, T. Okumura		2010	Japón
51	State of California Multi-Hazard Mitigation Plan		California Emergency Management Agency	2010	Estados Unidos
52	Informe anual de coberturas urbanas de servicios sanitarios		Superintendencia de Servicios Sanitarios	2009	Chile
53	An assumed scenario for seismic fault zoning	Kazuo Konagai		2003	Japón
54	Multi-Hazard Mitigation Planning Guidance		FEMA	2006	Estados Unidos

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
55	Calaveras Reservoir Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1982	Estados Unidos
56	The Safety Element, Cap3 Geologic Hazard		City of Oakland general Plan	2004	Estados Unidos
57	The Safety Element, Cap7 hazards by Area		City of Oakland general Plan	2005	Estados Unidos
58	Pasos para protegerse de un terremoto				
59	Reurbanización de Oakland		Agencia de Desarrollo Económico y de la Comunidad	2009	Estados Unidos
60	National Seismic Hazard Maps of Japan	H. Fujiwara, S. Kawai, S. Aoi, N. Morikawa, S. Senna, K. Kobayashi, T. Ishij, T. Okumura, Y. Hayakawa	Universidad de Tokyo	2006	Japón
61	Lifelines: Upgrading Infrastructure to Enhance San Francisco's Earthquake Resilience		San Francisco Planning+Urban Research Association	2008	Estados Unidos
62	Livermore Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1982	Estados Unidos
63	Morgan Hill Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1982	Estados Unidos
64	Building it Right the First Time: Improving The Seismic Performance of New Building		San Francisco Planning+Urban Research Association	2008	Estados Unidos
65	Oakland East Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1982	Estados Unidos
66	Palo Alto Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1974	Estados Unidos

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
67	The Dilemma of Existing Buildings: Private Property, Public Risk		San Francisco Planning+Urban Research Association	2008	Estados Unidos
68	The Resilient City: Defining What San Francisco Needs From its Seismic Mitigation Policies		San Francisco Planning+Urban Research Association	2008	Estados Unidos
69	Safety Elements of the Oakland General Plan (Context Map, Public Safety)				Estados Unidos
70	San Francisco South Quadrangle		State of California, Special Studies Zones	1982	Estados Unidos
71	Seismic Hazard & Earthquake Fault Zones		Country of Ventura	2008	Estados Unidos
72	Fault-Rupture Hazard Zones in California	William A. Bryant and Earl W. Hart	California Geological Survey	2007	Estados Unidos
73	The Sumatran Fault Zone	D. H. Natawidjaja & W. Triyoso	World Scientific Publishing Company	2007	Indonesia
74	The Planning Process			2010	
75	Taming Natural Disasters		Association of Bay Area Governments	2010	Estados Unidos
76	Multi-Jurisdictional Local Hazard Mitigation (Apéndice E)			2010	
77	Multi-Jurisdictional Local Hazard Mitigation (Apéndice A)			2010	
78	Geological Provisions		The County of Santa Clara - SCC Public Portal	2006	Estados Unidos
79	Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazard	Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering			

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
80	Zonificación De Riesgos Y La Legislación De Ordenamiento Urbanos De Quito	Ing. María- Augusta Fernández	USAID/RHODO/SA		Perú
81	Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales Estrategia y Plan de Acción de Yokohama para un Mundo más Seguro		La Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales	1994	Yokohama
82	Estudio De Vulnerabilidad Y Evaluación Del Riesgo Sísmico Planificación Física Y Urbana En Áreas Propensas	Omar Darío Cardona Arboleda			España
83	Art. De prensa (<i>Vivienda sube exigencias a normas de diseño sísmico y construcción de edificios</i>)	Jenny del Río y Marco Gutiérrez	El Mercurio	2010	Chile
84	Art. De prensa (<i>Expertos se reúnen para debatir sobre las implicancias de las nuevas exigencias en diseño sísmico y estructural</i>)	Natalia Ugarte		2010	Chile
85	Art. De prensa (<i>Se deben revisar los impactos que tendrán las modificaciones de las normas para el diseño sísmico y estructural en Chile</i>)	Natalia Ugarte		2011	Chile
86	Art. De prensa (<i>Ministra de Vivienda y Urbanismo inauguraré seminario sobre nuevas exigencias en diseño sísmico y estructural en Chile</i>)	Natalia Ugarte		2010	Chile
87	Art. De prensa (<i>Seminario da a conocer los efectos del terremoto en el Nuevo Diseño Sísmico y Estructural en Chile</i>)	Natalia Ugarte		2011	Chile

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
88	Art. De prensa (6 Colegio de Ingenieros respalda normas constructivas anunciadas por el Ministerio de Vivienda)	Prensa		2010	Chile
89	Ciudades en Peligro - Ciudades más Seguras... antes de un Desastre		NU. Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN).	1996	Ginebra
90	Curso De Capacitación Sobre Técnicas Constructivas Para Viviendas De Bajo Costo Resistentes A Desastres Naturales.				
91	Capitulo 8: SIG: Prevención y Manejo de la Vulnerabilidad Urbana en Zonas de Alto Riesgo Sísmico	Dra. Nelly A. Gray de Cerdán		1998	Lima, Perú
92	EL uso del SIG. para la Planificación Urbana en Zonas de Alto Riesgo Sísmico	Dra. Nelly A. Gray de Cerdán; Arq. Laura Acquaviva de David; Arq. Rosa Ana Llena de Casagrande	Taller Latino Americano Sobre " Metodología de Riesgo a desastres mediante la Aplicación de SIG."	1994	Lima, Perú
93	Conocimiento de los Riesgo sísmicos en la Zona Urbana del Mundo: Estudio Comparativo de la Iniciativa Radius		GeoHazards Internacional (GHI)		E.U.A
94	Anexo: Guía Practica Para La Identificación De Áreas De Riesgo Y Vulnerabilidad En Centros Urbanos A Través De La Regulación Del Uso De Suelo		SEDESOL		
95	Sismicidad Regional, Estudios De Riesgo Y El Fallamiento Local	Carlos D. Frau	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza		Argentina, Mendoza

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
96	Riesgo Sísmico Isla Hispaniola	Ing. Osisris de León y Ing. Corominas Pepín			
97	Gestión Del Riesgo Urbano		Programa de las Naciones Unidad para el desarrollo	2010	E.U.A
98	Situación Sísmica del Distrito Federal		Macro Simulación 2010 (25 Años De Los Sismos De 1985	2010	México
99	Art. De prensa (Reducción de las Catástrofes en zonas Urbanas: Conceptos sencillos)	B. G. Deshpande			
100	Plataforma Temática En Riesgo Urbano Y Otros Entornos Municipales En América Latina	Compilación Fernando Martínez Cortes	Naciones Unidas, EIRD	2008	Bogotá, Colombia
101	Capítulo 9. La prevención y la mitigación de desastres urbanos: América latina	Allan Lavell	LA RED	2007	
102	Desarrollo Histórico Del Comienzo Y Evolución De La Ingeniería Sísmica Científica Basada En El Desempeño Y Discusión De Los Desafíos En Su Aplicación En Práctica	Bertero			
103	Planificación Urbana Herramienta para la Prevención y Atención Desastres	Diana María Contreras Mojica	Jornadas Iberoamericanas Sobre Hábitat, Vulnerabilidad Y Desastres		
104	Planificación Física En Regiones Sísmicas	Tiberije Kirijas		1982	Yugoslavia
105	Planificación Para Mitigación De Desastres En Zonas Urbanas	Arq. José M. Sato	Microzonificación Y Su Aplicación En La Mitigación De Desastres	2002	
106	Planeamiento Físico contra desastres Naturales en el Perú	Julio Koroiwa			Perú

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
107	Plan Territorial Especial de Ordenación Para la Prevención de riesgos		Cabildo de Tenerife		España
108	El Plan De Ordenamiento Territorial Como Herramienta Eficaz En La Gestión De Riesgo	Mirta Romero; Gustavo Martín	Universidad Nacional De San Juan, Facultad De Arquitectura, Urbanismo Y Diseño	2004	San Juan, Argentina
109	Peligro sísmico en áreas Urbanas Acciones de Mitigación	J. Grases. G	Centro Regional de Información sobre Desastres para América Latina y el Caribe		Venezuela
110	Reglamento De Zonificación Y Uso Del Suelo Para El Área Del Municipio De Mancagua		El Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (Nicaragua)	1982	Nicaragua
111	Microzonificación y su Aplicación al Planeamiento Urbano para la Mitigación de De desastres	Julio Koroiwa		1991	México
112	Microzonificación Sísmica y Ordenamiento Territorial	Jürg Hammer	III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, Ministerio de Ciencias y Tecnología, Caracas, Venezuela	2002	Caracas Venezuela
113	Microzonificación sísmica aplicada al Planeamiento Urbano Para la Prevención de desastres	Julio Koroiwa		1989	Quito, Ecuador
114	Mapa de Microzonificación Sísmica (pg.)				
115	Art. De prensa (Las 50 fallas geológicas que cruzan Chile)	Patricio Cofré/ Felipe Gómez	LUN	2010	Chile

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
116	La Ciudad: el Nuevo Escenario del Riesgo	Elizabeth Mansilla	OPAMSS	2002	San Salvador
117	La Sociedad de Riesgo y la Planificación "soft"	Jonathan Barton	Centro del Cambio Global UC	2010	
118	¿Ingeniería Solamente o también planificación Sísmica?	Esteban Fernández			
119	Geología para el Ordenamiento territorial de la región Metropolitana de Santiago		SERNAGEOMIN	2004	Chile
120	Índice de Riesgo Sísmico Urbano	Jorge Enrique Salazar	Universidad Tecnológica de Pereira		
121	Glosario de términos Comunes en Ingeniería sísmica		Ingeniería Civil UC Depto. de Estructuras y Geotécnica		Chile
122	Gestión de Riesgos y Planeamientos Preventivos en Mega ciudades: Aproximación Científica para la Acción	Philippe Masure	Asociación Internacional de Ingeniería Geológica		
123	Gestión de Riesgo y Ordenamiento Territorial a Nivel Local	Joan Mac Donald M; Francisco Olivar	Banco Interamericano De Desarrollo Agencia Sueca De Cooperación Para El Desarrollo Internacional	2001	San Salvador
124	¿Fortalecimiento de la Resiliencia o Reducción de la Vulnerabilidad?	Carmen Fernández Gibbs		2010	
125	Desastres Urbanos, Fenómenos No - Naturales	Alfredo Rodríguez			chile
126	Ingeniería Antisísmica, notas Introductorias	Ing. Rafael Salinas Basualdo	Universidad Nacional de Ingeniería		
127	Determinación de áreas con riesgo Natural, Caso de Estudio: Piedemont. Montaña - Comuna de La Reina	Walter Mariángel Candia	Instituto Geográfico Militar	1988	La Reina, Chile

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
128	Seguridad (sísmica) en las Construcciones	Ing. Javier Piqué del Pozo			Lima, Perú
129	La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos.		Plataforma Temática de Riesgo Urbano - UNISDR Las Américas	2007	
130	HÁBITAT Y SEGURIDAD URBANA Tendencias, prevención y gobernanza de la seguridad	Elkin Velásquez y Fabio Giraldo (Editores)	UN HABITAT	2009	
131	De las palabras a la acción: Guía para la implementación del Marco de Hyogo.		<i>Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres</i>	2004	
132	Disaster Risk Reduction in the United Nations Roles, mandates and areas of work of key United Nations entities			2009	
133	Constitución Política de Chile				Chile
134	Código Civil de Chile				Chile
135	Ley General de Urbanismo y Construcciones		MINVU		Chile
136	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones		MINVU		Chile
137	Dictámenes de la Contraloría General de la República, que se refieren a materias de riesgo en instrumentos de planificación urbana				Chile
138	Plan Regulador Metropolitano de Santiago		MINVU		Chile

TERRITORIO Y CIUDAD Consultores

N°	NOMBRE	AUTOR	ORGANISMO	AÑO	PAÍS
139	Estudio Título 8				Chile
140	Onemi, Documentos Técnicos				Chile
141	Análisis del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas Mediante Sistemas de Información Geográficas, Aplicación a la Ciudad de Granada	Sergio Iglesias Asejo; Clemente Irigaray Fernandez; José Chacon Montero	<i>Universidad de Granada</i>	2006	Granada, España