

SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA

**CONFERENCIA INTERAMERICANA
SOBRE REDUCCIÓN DE LOS DESASTRES NATURALES**
CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
MARZO 21-24, 1994

Un Proyecto OEA de Resultados Exitosos
Caso: El Terremoto de Chile de 1985

G. Rodolfo Saragoni *
Febrero 1994

* Profesor Titular Departamento de
Ingeniería Civil Universidad de Chile.
Miembro del Comité de Chile de ICSU para el
Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales.

PROSISAN

"PROTECCION SISMICA ANDINA"

**Un Proyecto OEA de Resultados Exitosos
Caso: El Terremoto de Chile de 1985.**

G. Rodolfo Saragoni ⁽¹⁾

1. Introducción.

Con motivo de la realización del Primer Seminario de Riesgos Sísmicos y Vulcanológicos de Latinoamérica, celebrado en San José, Costa Rica en 1975 con el patrocinio del Instituto Panamericano de Geografía e Historia y la Organización de Estados Americanos (OEA), el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS) convocó a una reunión para la elaboración del Proyecto Multinacional, "Protección Sísmica Andina: Prosisan ", para ser financiado con fondos de la OEA.

El proyecto se elaboró en conjunto con asistentes de Venezuela, Colombia, Perú, Ecuador y Chile. Como base del Proyecto se consideró un proyecto que se encontraba desarrollando el Departamento de Obras Cíviles de la Universidad de Chile.

Posteriormente en la reunión general de CERESIS adhirieron al proyecto los delegados de Argentina y Trinidad y Tobago. Sin embargo, durante el proceso de presentación a los respectivos organismos de enlace nacionales, sólo Argentina y Chile le dieron la prioridad suficiente para ser financiado por la OEA.

En consecuencia el Proyecto Prosisan fue desarrollado por ambos países del Cono Sur entre los años 1979 y 1983.

En este trabajo sólo se describirá el resultado exitoso obtenido en Chile por el proyecto durante el terremoto de Chile de 1985.

La lección de este proyecto, es que esfuerzos regionales conjuntos orientados al estudio de la reducción de desastres naturales, es este caso particular sísmicos, pueden ser exitosos, e incluso sus resultados pueden tener proyección mundial en el mejoramiento de la protección.

(1) Profesor Titular Sección Ingeniería Estructural. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Chile/Casilla 228/3, Santiago, Chile.

Director World Seismic Safety Initiative. International Association of Earthquake Engineering.

Miembro del Comité de Chile de ICSU para el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales.

2. Antecedentes del Proyecto Protección Sísmica Andina.

- i. La región Andina es una área de cierto riesgo sísmico y es de fundamental importancia desarrollar programas de investigación aplicada y de divulgación que permitan reducir las pérdidas de vida y destrucción material de los países de la región.
- ii. Las pérdidas anuales promedio en la región, imputadas a desastres sísmicos, representan actualmente porcentajes demasiado elevados de los presupuestos nacionales anuales, los cuales son altos aún para países desarrollados.

Como ejemplo, se citan las pérdidas que ha sufrido Chile en el período 1939-1975, por concepto de daños directos ocasionados por terremotos.

Pérdida Neta	U\$ 1.146.330.000
Muertos	32.069
Heridos	63.506
Viviendas Destruídas	241 252
Viviendas Dañadas	353.329

Esto representa un promedio anual de 1000 muertos, 1700 heridos, 6000 viviendas destruidas y 10 000 dañadas. El promedio anual de casas dañadas y destruidas equivale a más del 50% de las casas construidas en el mismo período.

En el caso de Perú, sólo el terremoto de Ancash de 1970 produjo.

Muertos	70 000
Pérdida Neta	U\$ 3.000.000.000

- iii. Los países del área andina se caracterizan por un elevado crecimiento demográfico y bajas tasas de ingreso per cápita, que hacen indispensable iniciar y/o reforzar programas de investigación que presten protección sísmica a las obras civiles de la infraestructura de salud, educación y vivienda, así como a la incipiente infraestructura industrial.

Las obras de gran envergadura por lo general tienen sus propios estudios sobre seguridad sísmica, por lo tanto se requieren investigaciones que den énfasis más bien a obras de mediano y pequeño alcance

iv. El conocimiento de las características regionales de la actividad sísmica en relación con los estudios de sismicidad y riesgo sísmico puede considerarse que alcanzarán niveles adecuados con los actuales y futuros programas de investigación en desarrollo de la región. Sin embargo es necesario considerar las correlaciones que existen entre los parámetros que caracterizan la sismicidad con los que caracterizan los movimientos del suelo.

v. Se ha podido comprobar con ocasión de sismos destructores recientes que los procedimientos de análisis de acelerogramas y el cálculo de la respuesta de obras civiles no son satisfactorios ya que no consideran algunas de las variables que permitirán reducir los actuales niveles de daño. Por lo tanto, es importante, integrar esfuerzos y profundizar el estudio de variables representativas del movimiento del suelo como de la respuesta estructural que permitan obtener una estimación más realista del comportamiento de las construcciones frente a sismos severos.

vi. Los acelerogramas útiles obtenidos en la región hasta la fecha son muy pocos. El análisis de estos indica que son bastante diferentes a los obtenidos en otras regiones del mundo.

Por esta razón, es de primera importancia obtener a la brevedad una mayor información relativa a las características de sismos de la región, empleando para ello las actuales redes nacionales de acelerógrafos, disponiendo instrumentos en zonas que se estimen como epicentros potenciales en el futuro, a objeto de obtener registros correspondientes a las condiciones más severas y que puedan ser incorporados rápidamente en las prácticas del diseño antisísmico.

vii. La influencia local del suelo en las características del movimiento sísmico se traduce a veces en niveles de mayor severidad en ciertas zonas de una misma ciudad. La macrozonificación, o detección de estas zonas ha tenido un desarrollo aislado y limitado en la región. Es por lo tanto fundamental considerar estudios de microzonificación de las principales ciudades para incorporarlos a los procedimientos de diseño nacionales.

viii. La ocurrencia de sismos destructores en la región ha dado lugar a que la ingeniería antisísmica empiece a contar con profesionales que estén desarrollando e implementando técnicas para la construcción de estructuras, con un buen grado de seguridad sísmica, dentro de las limitaciones económicas existentes. Sin embargo, el progreso alcanzado en algunos países de Latinoamérica no es del nivel deseado.

ix. El gran número de pérdidas de vidas que ocurren se debe a la ignorancia de las conductas más elementales de seguridad sísmica, que debe tomar la población.

Es necesario dar una mayor difusión de medidas de protección que deban observarse antes, durante y después de un sismo destructor.

3. Objetivos del Proyecto.

3.1 El objetivo principal del proyecto es dar mayor protección sísmica al patrimonio de los países, mediante el desarrollo de procedimientos de diseño sísmico que consideren la importancia de las obras, las características regionales de la actividad, sísmica, la influencia local del suelo de fundación en

el movimiento sísmico, el comportamiento de las obras civiles y los procedimientos constructivos empleados.

3.2 Mejorar nuestro conocimiento de los registros de aceleraciones del suelo en áreas epicentrales y en áreas densamente pobladas, a objeto de incorporar en los procedimientos de diseño antisísmico su mayor o menor grado de destructividad. El logro de este objetivo implica:

- i. Ampliar las actuales redes nacionales de acelerógrafos a niveles que permitan alcanzar el objetivo planteado, en un plazo relativamente breve.
- ii. Desarrollar e implementar centros nacionales o regionales de procesamiento de acelerógramas que permitan obtener la información registrada de manera accesible a la comunidad científica y técnica.

3.3 Mejorar nuestro conocimiento de la influencia local del suelo en la severidad de los movimientos sísmicos. El cumplimiento de este objetivo requiere la implementación y refuerzo de programas de microzonificación sísmica de las principales ciudades de la región.

3.4 Llevar a cabo estudios dinámicos de materiales y métodos de construcción de viviendas, en base a modelos y análisis teóricos, para mejorar los actuales procedimientos de diseño antisísmico.

3.5 Hacer una evaluación de los materiales y técnicas de construcción usados más comunmente en cada país y realizar una zonificación en base a esta evaluación.

3.6 Colaborar en la formación de una conciencia nacional sobre la importancia que tienen en estos países el adoptar normas de protección sísmica.

3.7 Fomentar la actualización en conocimientos y técnicas mediante el intercambio de profesores y especialistas de fuera de la región. Propiciar el entrenamiento de profesionales del proyecto otorgando becas de estudio dentro y fuera de la región. Facilitar las visitas de reconocimiento a áreas afectadas por eventos sísmicos y las presentaciones técnicas, por parte de investigadores principales, fuera de la región, de trabajos relativos al proyecto.

3.8 Hacer un inventario homogéneo en las diferentes instituciones participantes de la documentación técnica sobre protección y seguridad sísmica existente en cada país. Apoyar los empeños divulgativos generales en el campo de la protección sísmica

Hacer esfuerzos para implementar una biblioteca especializada en cada país

Debido a ajustes presupuestarios de los fondos de la OEA debieron eliminarse de la versión final del proyecto los puntos 3.4, 3.5 y 3.8.

4. Objetivos del Proyecto PROSISAN en Chile.

La historia señala que la zona central de Chile es afectada con notable regularidad por un terremoto destructivo con epicentro costa afuera frente a Valparaíso. La secuencia 1575, 1647, 1730, 1822, y 1906, mantiene un período de recurrencia extremadamente regular de 72, 83, 92, y 84 años con un retorno medio de 82 +/- 6 años.

De esta simple interpretación histórica de la frecuencia sísmica de la zona (5 primeros terremotos), y del conocimiento del avance de la placa de Nazca en subducción a razón de 9 cm/año, se estimó que la zona de Valparaíso constituía un hueco sísmico. Vale decir una zona geográficamente activa en el pasado que se encuentra en calma por un largo período en el presente, en este caso, sin terremotos de magnitud de Richter superior a 8 en los últimos 75 años (Pereira, Crempien y Saragoni (1)).

Por otra parte al estudiar la actividad sísmica de la zona comprendida entre las latitudes 32° y 34° Sur, se aprecia que es la zona más activa sísmicamente del país. Esta zona alberga más del 50% de la población urbana de Chile. Concentrado en las ciudades de Santiago, Valparaíso, Viña del Mar y sus ciudades satélites los principales edificios altos, colegios, hospitales, importantes instalaciones industriales, las más importantes infraestructuras portuarias y viales.

Este cuadro de concentración urbana tenderá a acelerarse como consecuencia de que todas las estrategias de desarrollo económico que se han propuesto para el país tienden a maximizar las tasas de crecimiento económico (Martínez e Israel (2)).

Estos hechos motivaron el estudio en mayor profundidad del riesgo sísmico de esta zona, a objeto de emplear en forma más adecuada los recursos nacionales destinados a la protección sísmica en esa zona y tratar en lo posible de reducir sus costos en plazos relativamente cortos.

Estos antecedentes sumados a la carencia a nivel mundial de registros de aceleraciones en la zona epicentral para sismos de magnitud de Richter superior a 7.0, condujeron a la Sección Ingeniería Estructural del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile a impulsar un proyecto de investigación consistente en el estudio detallado de las características de los terremotos que afectan a la zona central y a la instalación de una red de acelerógrafos de alta densidad dentro de los alcances del Proyecto PROSISAN (Saragoni (3)).

Simultáneamente se inició el estudio del "escenario sísmico" del próximo terremoto de Valparaíso, que se estimó ocurriría, de acuerdo a la recurrencia señalada entre 1982 y 1994. Para ello se inició el estudio de daños que se produjeron en Valparaíso en el terremoto de Valparaíso de 1906 así como su distribución de intensidades de Mercalli Modificada en la zona afectada, con especial atención en la ciudades de Santiago y Valparaíso.

5. Antecedentes y Objetivos de la Red de Acelerógrafos de Alta Densidad de la Zona Central de Chile.

En sus comienzos ($\approx$ 1968) la red de nacional de acelerógrafos (Kausel y Saragoni (4)), contaba con 20 instrumentos, distribuidos entre Arica y Puerto Montt. Por la ubicación de los acelerógrafos, prácticamente uno por ciudad, se podía esperar que cuando ocurriera un evento importante por lo menos uno o dos de ellos quedara en una región de niveles de aceleración que den lugar a registros. Sin embargo ello no implicaba necesariamente que se registre el evento o que se obtenga un registro importante para los objetivos de la ingeniería sísmica. Ello se debe a que por una parte era altamente probable que el acelerógrafo no se activara, ya que las redes nacionales más eficientes del mundo acusan una activación

sólo del 70 al 80% de los acelerógrafos instalados en una región afectada por un sismo, y por otra, a que las estaciones que se activasen quedaran tan alejadas del epicentro que se obtuviesen registros cuyos niveles de aceleraciones máximas no fuesen de interés para la ingeniería sísmica.

En 1981, con el apoyo del proyecto PROSISAN se amplió la red de acelerógrafos de la zona central, llegando a contar con las siguientes estaciones: Illapel, La Ligua, Papudo, Ventanas, San Felipe, Llay-Llay, Viña del Mar, Valparaíso: El Almendral y en la Universidad Federico Santa María, Llole, Peldehue y Santiago.

Por otra parte, el análisis de la configuración de isosistas de terremotos ocurridos en la zona central (Pereira, Crempien y Saragoni (1)), se observa una clara diferencia en la orientación de las isosistas de los eventos con epicentro marítimo y aquellos sismos con epicentro continental.

Las isosistas de los eventos marítimos, de configuración elípticas, tienen su eje mayor orientado paralelo a la costa pasando entre Papudo y La Ligua, lo que muestra que estos sismos estarían asociados con una zona de interacción entre la placa de Nazca y la placa Americana, con sismos de magnitud de Richter hasta 8.75. En tanto que las isosistas de eventos continentales, también de configuración elíptica, tienen su eje mayor casi perpendicular a la costa. Esto hace suponer que estos sismos estarían asociados o afectados por un fracturamiento transversal de la placa de Nazca, produciendo sismos de magnitud de Richter hasta 7.5 (Saragoni y Crempien (5)). Esta hipótesis es reforzada en parte por Barazangi and Isacks (6), quienes sugieren que este fracturamiento sigue el rumbo de la recta que pasa por las islas del arco de Juan Fernández. Esta línea pasaría entre Viña del Mar y Concón, y ligeramente al Sur de San Felipe.

A la luz de estos antecedentes se estudió la instalación de una red piloto de modo que la distribución geográfica de los instrumentos resultara lo más eficiente posible. Para este efecto, se hizo un análisis de intensidades reportadas principalmente por el Instituto de Sismología de la Universidad de Chile. El cual se explica en el trabajo de Pereira, Crempien y Saragoni (1).

La red de acelerógrafos fue instalada con la colaboración del proyecto PROSISAN de la Organización de Estados Americanos y mantenida con fondos de distintos proyectos de investigación financiados con aportes del Departamento de Investigación y Bibliotecas de la Universidad de Chile (Fresard y Saragoni (7)).

Los principales objetivos de esta red eran:

- I. Registrar en el epicentro el terremoto que afecta a la zona central cada 85 años aproximadamente, estableciendo con ello las condiciones supremas de diseño para la ingeniería antisísmica chilena de la zona.
- ii. Establecer las leyes de atenuación de los movimientos sísmicos en la zona central de Chile. Especialmente la atenuación de estos de costa a cordillera.
- iii. Estudiar la variación espacial de los grandes terremotos subductivos que afectan a esta zona, con especial énfasis en los efectos azimutales y de direccionalidad.
- iv. Obtener registros de aceleraciones en las principales ciudades actuales y futuras de la zona central de Chile, que permitan relacionarlos con el daño observado, y con el comportamiento de los edificios, colegios, hospitales, puertos, puentes, embalses, tranques, instalaciones industriales, etc.

- v. Obtener registros en la zona de suelo de relleno del barrio El Almendral en Valparaíso y en suelo rocoso, para establecer las características del movimiento que produjo el mayor daño en el terremoto de 1906.
- vi. Obtener registros con una adecuada distribución espacial y enlazados en tiempo real de tal manera que permitan estudiar el mecanismo de estos terremotos y favorecer el desarrollo de la Ingeniería nacional de las próximas décadas.
- vii. Obtener al menos un registro de aceleraciones para cada nivel de intensidad de Mercalli Modificada para el gran terremoto que afecta a la zona central.

6. El Escenario Sísmico de los Terremotos de Valparaíso.

Los terremotos de gran magnitud con epicentros costa afuera frente a Valparaíso que afectan con frecuencia extremadamente regular, 82 ± 6 años, por lo menos desde 1575 tienen características similares (Compte et al. (8)), las que pueden resumirse en:

- i. Todos tienen su epicentro costa afuera.
- ii. Las zonas de ruptura abarcan más de 150 Km de longitud.
- iii. Los maremotos o tsunamis que los acompañan son relativamente pequeños, con la sola excepción del terremoto de 1730.
- iv. Los movimientos verticales permanentes a lo largo de la costa son sistemáticamente de signo positivo (Solevamiento).
- v. El período de recurrencia de estos terremotos es del orden de 80 a 90 años.

El último terremoto de Valparaíso ocurrido en 1906, antes de la elaboración del proyecto, produjo las siguientes pérdidas (9).

Localidad	Pérdidas (*)	Nº de Víctimas
Dpto. de Valparaíso	\$ 300.000.000	3.000
Dpto. de Viña del Mar	\$ 10.000.000	127
Dpto. de Casablanca	\$ 1.000.000	87
Dpto. de Quillota	\$ 3.525.000	334
Dpto. de Limache	\$ 6.300.000	216
TOTAL	\$ 320 525.000	3.764

(*) \$ de 1906.

El terremoto afectó fundamentalmente el barrio El Almendral de Valparaíso, correspondiente a una zona de suelos de relleno ganados al mar. Con posterioridad al terremoto este barrio fue afectado por un incendio que lo destruyó completamente (Saragoni y Carvajal (10)).

7. El terremoto de Chile Central del 3 de Marzo de 1985.

El 3 de Marzo de 1985 ocurrió un terremoto en la zona central de Chile de magnitud de Richter 7.8. Este terremoto con epicentro en el mar frente a Algarrobo es el más destructivo que ha afectado a esta zona en este siglo, con la excepción del terremoto de Valparaíso de 1906. Ello confirmó por sexta vez la ocurrencia de los terremotos de Valparaíso con regularidad ya indicada de 82 ± 6 años.

La red de acelerógrafos de alta densidad del proyecto PROSISAN registró exitosamente por primera vez a nivel mundial un terremoto de magnitud de Richter 7.8 en su zona epicentral. (Saragoni et al. (11), Saragoni et al. (12) y Wakabashi y Martínez (13)).

El terremoto fue medido por 35 acelerógrafos, la mayoría de ellos localizados a nivel del suelo.

En la Fig. 1 se muestra la dirección y los valores de las aceleraciones máximas horizontales registradas en 24 estaciones acelerográficas.

En la Fig. 2 se muestran las isosistas correspondientes al terremoto del 3 de Marzo de 1985. La intensidad máxima alcanzó a VIII en algunos lugares de San Antonio, Valparaíso, Llole y $8 \frac{3}{4}$ en la zona del relleno del barrio El Almendral de Valparaíso (Astroza, Monge et al. (14)). La configuración general de las isosistas es aproximadamente elíptica con su eje mayor paralelo a la costa, confirmando lo indicado para las isosistas reportadas de sismos de epicentro marítimo en la zona central de Chile (Pereira, Crempien y Saragoni (1)).

El número de víctimas del terremoto fueron de 180, un 0.003% de la población del país, muy inferior a los del terremoto de Valparaíso de 1906. El número de heridos alcanzó a 2575 (0.039%) de la población. El número de viviendas destruidas alcanzó a 83.451 (5.61%) y 182.157 sufrieron daños de consideración. La pérdida total fue estimada por ODEPLAN en 1.286 millones de dólares.

Las pérdidas de vidas humanas fue notablemente reducida en comparación con el terremoto de Valparaíso de 1906 y especialmente con el de Chillan de 1939 en que las casi 40.000 víctimas representaron un 0,8% de la población del país.

8. Las Lecciones del Terremoto de 1985 y su Efecto en la Reducción Futura de los Daños de los Terremotos.

El estudio del terremoto de Chile de 1985 ha permitido hacer grandes aportes a la reducción del daño futuro en la zona central de Chile, a la evaluación del riesgo sísmico y al conocimiento mundial de las características de los grandes terremotos.

Las principales contribuciones pueden resumirse en las siguientes:

- i. Los grandes terremotos de la zona central de Chile tienen su epicentro en el mar y ocurren con una regularidad cronológica de 82 ± 6 años debido a la presencia de una aspereza predominante en la placa (Kausel (15))

En consecuencia el próximo gran terremoto de la zona central de Chile se puede pronosticar para el año 2067 ± 6 años (En la zona ocurren también terremotos de magnitud hasta 7.5 con un período de retorno de 20 años aproximadamente en la zona de La Ligua).

- ii. Para grandes terremotos como los de Valparaíso no son aplicables los estudios probabilísticos de evaluación del riesgo sísmico. Estos terremotos siguen leyes más bien determinísticas. No son aplicables los modelos de Poisson de amplio uso en la evaluación de riesgo sísmico.
- iii. La presencia de efectos precursoros, como el cambio de nivel de pozos de agua en Quintay, detectado con un día de anticipación, probablemente puedan reducir el tiempo de pronóstico del año 2067 ± 6 años a un día o algunas horas, convirtiéndolo en una predicción, reduciendo con ello los efectos de pérdidas de vidas humanas y haciendo más manejable la mitigación del desastre por focalización de los recursos humanos y materiales.
- iv. Se obtuvieron registros de aceleraciones en zonas epicentrales de terremotos de gran magnitud. Antecedentes de que no se disponía a nivel mundial. Los acelerogramas de Llole y Viña del Mar son ampliamente usados en todos los estudios de diseño sísmico que se hacen en todo el mundo. Su comparación con los resultados obtenidos para los acelerogramas del terremoto de México de 1985 son habituales

Este resultado se refleja en la comparación que se hace en la Fig 3 entre los acelerogramas obtenidos en estaciones epicentrales para el terremoto en Chile de 1985 con algunos registros mundiales "clásicos" obtenidos hasta esa fecha.

- v. Se obtuvieron registros de aceleración en ciudades altamente pobladas Viña del Mar y próximas a instalaciones portuarias que fallaron, San Antonio.
- vi. Se obtuvieron acelerogramas en la zona del gran desastre del terremoto de 1906, barrio El Almendral en Valparaíso.
- vii. Se obtuvieron acelerogramas en Valparaíso en suelo de relleno (El Almendral) y en roca, que permitirán hacer estudios de los efectos de amplificación dinámica del suelo.
- viii. Se determinaron las intensidades de daño observadas en la zona en que se instalaron los acelerógrafos y se relacionaron con el potencial destructivo de los acelerogramas, lográndose buenas correlaciones

Estos resultados indican que no obstante las grandes aceleraciones máximas y duraciones registradas, no se observaron los grandes daños esperados, lo que concuerda con predicciones teóricas de la definición del potencial destructivo.

- ix. Este resultado anterior tiene gran importancia mundial, pues ha significado revisar radicalmente los criterios de diseño sísmico actualmente en uso. Esto hará posible en algunos casos de Latinoamérica el diseño de estructuras más económicas o el uso de sistemas estructurales no aceptados en la actualidad
- x. Los resultados de las medidas acelerográficas así como las isosistas determinadas para el terremoto sirvieron de base para que a través de fórmulas de atenuación, introducen en el nuevo código de diseño antisísmico de Chile la zonificación sísmica del país.

- xi. Una de las lecciones más importantes de este sismo fue la alta vulnerabilidad que demostraron las líneas vitales de las ciudades, especialmente los casos de San Antonio y Valparaíso (Saragoni (16)). Se conoce como líneas vitales de una ciudad al conjunto de líneas que dan vida a la comunidad, en este caso se encuentran las matrices de agua potable, los servicios de alcantarillado, las líneas de suministro eléctrico, las líneas telefónicas, los polductos, las líneas viales, etc.

Las fallas de estas líneas vitales así como de los establecimientos hospitalarios, hace suponer que el número de víctimas indirectas a consecuencia de ellas sea superior al número de víctimas directas reportadas por el terremoto.

Este problema no se encuentra resuelto a la fecha debiendo ser considerado en forma explícita en el diseño futuro de las líneas vitales de las ciudades de Chile.

- xii. Una lección negativa adicional fue el mal comportamiento de los edificios de albañilería cerámica armada de 3 y 4 pisos. El resultado fué que un número importante de ellos tuvieron fallas de cuasi colapso en la ciudad de Santiago, dado la intensidad de Mercalli Modificada sólo alcanzó el grado VII-VIII.

Ello ha sido resuelto por el lado de la seguridad de acuerdo a la especificación Nch 1928.C85 Albañilería Armada. Requisitos para el Diseño y Cálculo Sin embargo esta norma ha introducido un innecesario encarecimiento de las viviendas que se ha traducido en prácticamente el no uso de este material en viviendas económicas. Elle requiere de mayores estudios en el futuro.

- xiii. El reducido número de víctimas que dejó el terremoto, se debe entre otras cosas, a que ocurrió a las 8 de la noche y a la actividad premonitoria que acompañó al terremoto en los días previos a su ocurrencia, que permitió que los medios de comunicación, dieran instrucciones a la población sobre como comportarse durante un terremoto.

9. El Estudio de Nuevos Escenarios Sísmicos en Chile.

Aprovechando la valiosa experiencia ganada en el terremoto de 1985 se ha iniciado, en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, en forma similar el estudio del escenario correspondiente al hueco sísmico del Sur del Perú y Norte de Chile, que en el caso de Chile corresponde a la zona comprendida entre las ciudades de Arica, Iquique y Antofagasta.

En Arica se registró un terremoto de magnitud de Richter 8,5 el 13 de Agosto de 1968, y en Iquique un terremoto de magnitud Richter 8,5 en 1877, habiendo transcurrido a la fecha 126 años desde el último gran terremoto que afectó al norte grande de Chile.

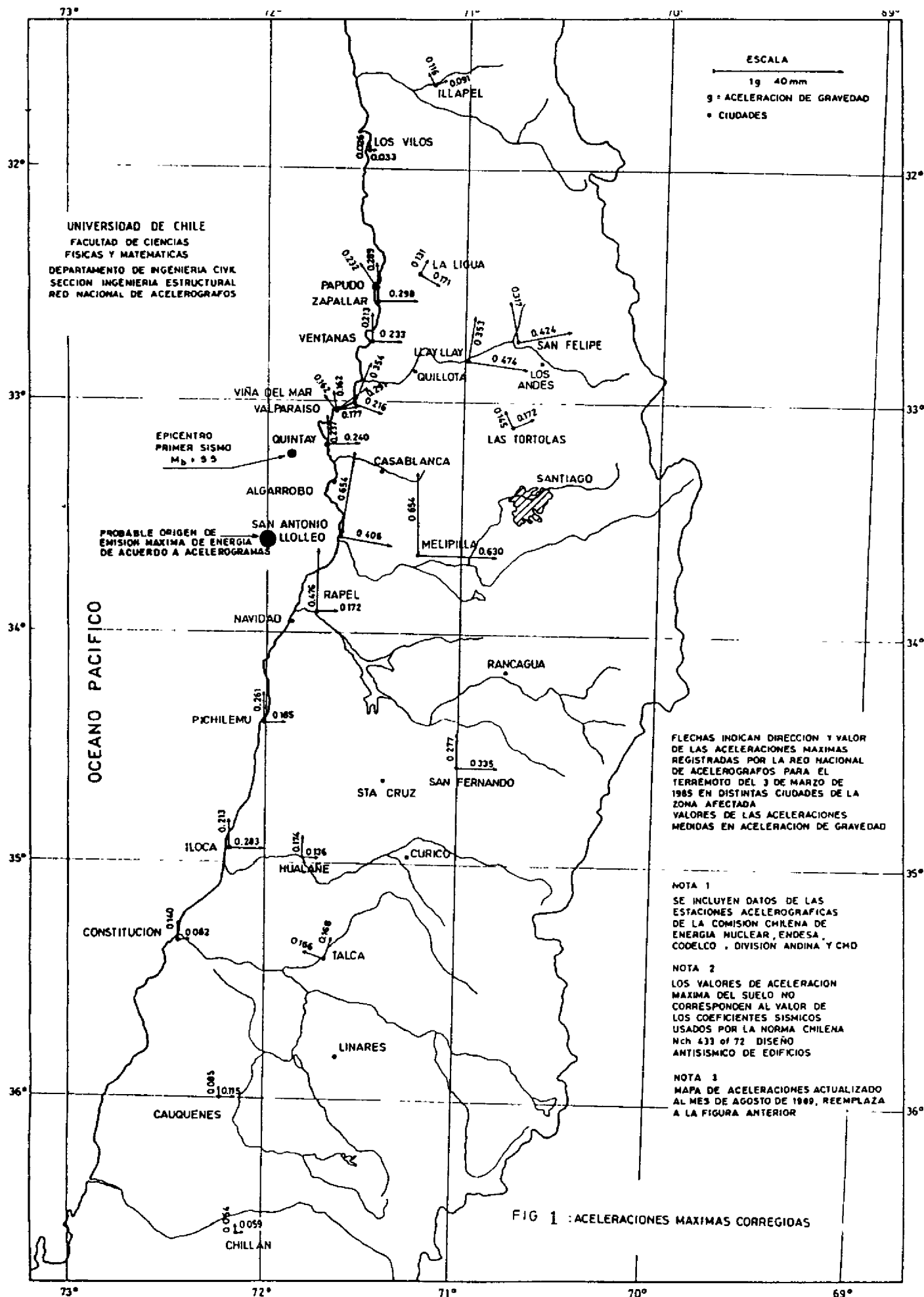
No obstante que en este caso, no hay una regularidad cronológica de ocurrencia de estos grandes terremotos tan evidente, este se estima en torno a los 120 años, por lo que se considera que existe una alta probabilidad de que ocurra un terremoto

A la fecha ya se logró obtener registros de aceleraciones en Arica e Iquique por primera vez para el cuasiterremoto de Arica del 8 de Agosto de 1987 (González y Saragoni (17)), Se ha hecho además una estimación de la zona de inundación del maremoto y de los potenciales daños en Arica e Iquique. (Monge (18)).

10. **Referencias.**

1. Pereira, M.L., J. Crempien, G.R., Saragoni, "Estudio e Instalación de una Red de Acelerógrafos de Alta Densidad en una Placa de Subducción Fracturada", XX Jornadas Sudamericanas de Estructuras y VI Simposio Panamericano de Ingeniería de Estructural, Córdoba, Argentina, Julio 1979
2. Martínez, R. y E. Israel. "Concentración de Población y Desarrollo Económico". (Urbanismo para el siglo XXI, cinco perspectivas sobre el tema), Departamento de Planificación Urbano-Regional, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, XV Convención de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros (UPADI), Santiago, Chile, Octubre 1978.
3. Saragoni, G.R., "Earthquake Engineering Research Program in Chile", Earthquake Information Bulletin, Geological Survey, U.S. Department of Interior January-February 1982.
4. Kausel, E. y G.R. Saragoni, "La Red Nacional de Acelerografos", 2das. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Julio 1976
5. Saragoni, G.R., y J. Crempien, "Medidas Experimentales de Movimientos Sísmicos Fuertes en Chile", III Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica. Concepción, Chile, Noviembre 1980.
6. Barazangi, M and B Isacks, "Spatial Distribution of Earthquake and Subduction of Nazca Plate Beneath South America", Geology, Vol. 4, p. 686-692, November 1976.
7. Fresard, M. y G.R. Saragoni, "Análisis de los Acelerogramas de los Sismos de 1981 en la Zona Central de Chile", Sección Ingeniería Estructural, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile, Publicación SES I 3/85(198), Diciembre 1985.
8. Comte, D., E. Lorca, A. Eisenberg, M. Prado, L. Ponce, R. Saragoni, S.K. Singh y G. Suárez. "The Central Chile Earthquake of 3 March 1985; a Repeat of the Great Valparaíso Earthquake of 1906?". Science, Vol 233, 449-453, 1986.
9. Rodríguez, A. y Gajardo, C. "La Catástrofe del 16 de Agosto de 1906 en la República de Chile", Imprenta Barcelona, Santiago de Chile, 1906.
10. Saragoni, R. y A. Carvajal, "Estudio Comparativo de los Terremotos de Valparaíso de 1906 y 1985", 5tas. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Agosto 1989, Santiago, Chile.
11. Saragoni, G.R., P. González y M. Fresard, "Análisis de los Acelerogramas del Terremoto del 3 de Marzo de 1985". En "El Sismo del 3 de Marzo de 1985, Chile", J. Monge (Editor). Acero Comercial S.A., Santiago, Chile, 1986.
12. Saragoni, R., A. Saez y A. Holmberg "Análisis de los Acelerogramas del Sismo de Marzo de 1985", Capítulo 4 del libro "Ingeniería Sísmica. El Caso del Sismo de Marzo de 1985". R. Flores (Editor) pp 65 - 101, Ediciones Dolmen (ex-Hachette), Santiago, Chile, 1986.
13. Wakabashi, M y E. Martínez Romero. "Diseño de Estructuras Sismorresistente", Mc. Graw Hill, México 1988.
14. Acevedo, P., M. Astroza, J. Canales, J. Monge y C. Perretta. "Relaciones entre las Unidades Geotécnicas y los Daños Producidos para el Sismo del 3 de Marzo de 1985 en la Ciudad de Valparaíso", 5as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Santiago, Chile 1989.

15. Kausel, E., "Proceso Sísmico, Parámetros Focales y Réplicas del Sismo del 3 de Marzo, 1985., Capítulo 2, Libro El Sismo del 3 de Marzo de 1985 - Chile (J. Monge Editor), Fac. Ciencias Físicas y Matemáticas, U. de Chile, Acero Comercial S.A. Ed. Universitaria, Santiago, 1986.
16. Saragoni, G.R., "Lecciones del Terremoto" Revista AUCA, Arquitectura Urbanismo Construcción Aete, Nº 49, 1985 Santiago, Chile.
17. González, E. y G R. Saragoni, "Análisis de los Acelerogramas del Sismo de Arica del 8 de Agosto de 1987". 5tas. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica.
18. Monge, J., "Tsunami Risk in the City of Arica, Chile", Proc. 10 WCEE, Madrid, Spain, July 1992, Vol. I pp. 461-466.



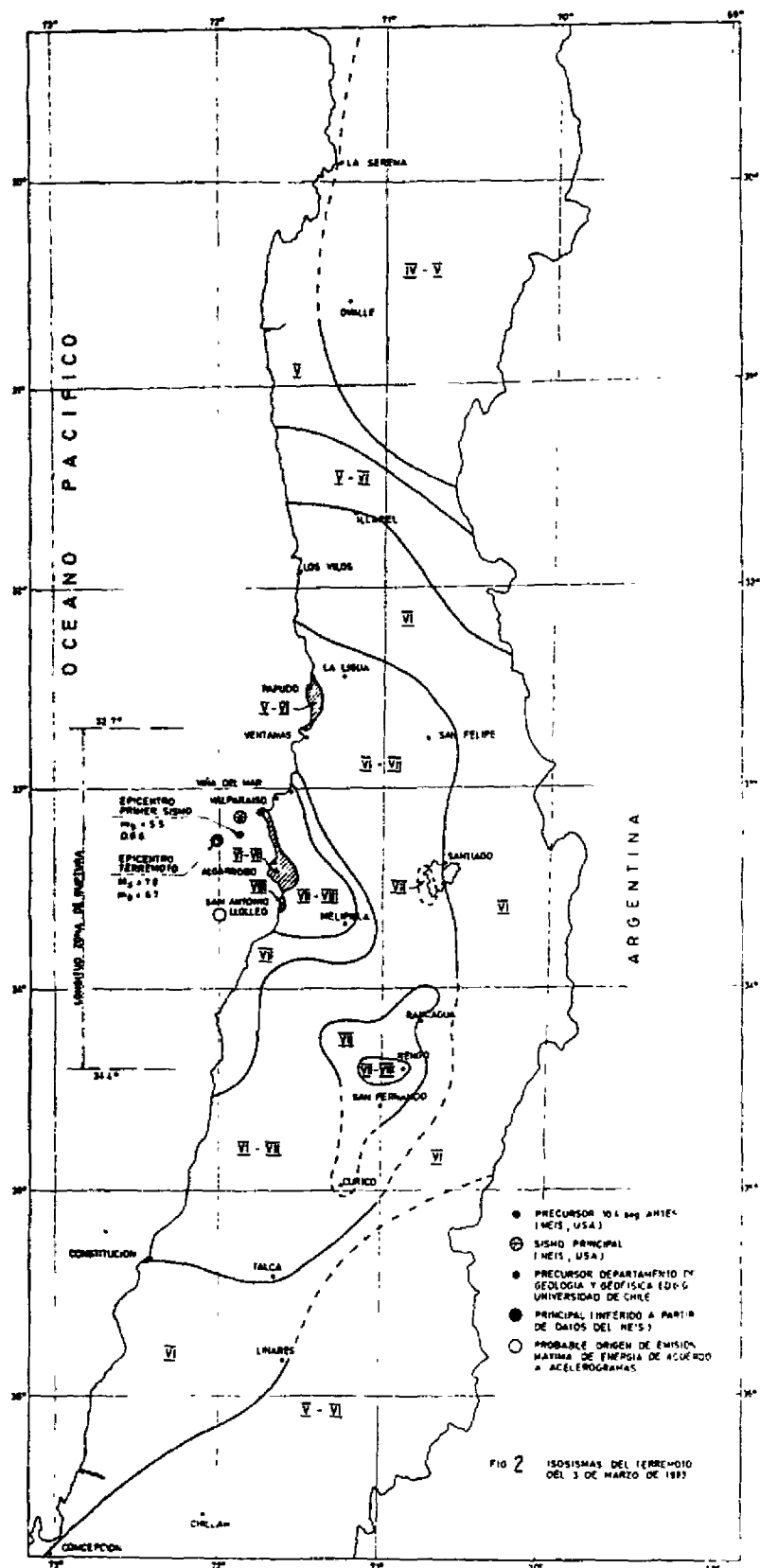


Figura 3 Comparación de los Acelerogramas Epicentrales del Terremoto de Chile de 1985 con otros obtenidos en el Mundo.

