

ANALES

DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

DE LA

UNIVERSIDAD DE CHILE

N.º 5

♦♦

Año 1949

Determinación del coeficiente de seguridad antisísmico para las diferentes zonas de Chile

POR FEDERICO GREVE

Director del Instituto Sismológico de la
Universidad de Chile.

«Los objetivos últimos de la Ciencia son conocer los mecanismos de la Naturaleza y llegar a controlar y dominar sus fuerzas. Podría decirse que el conocimiento es el fin de la Ciencia pura, mientras la Técnica, o Ciencia aplicada, pretende someter al dominio del Hombre las fuerzas que en el mundo se manifiestan.

Uno de los fenómenos naturales más extraordinarios y que más vivamente ha atraído siempre la atención de la Humanidad, es el de los temblores y su estudio constituye como todos saben la materia de la Ciencia llamada Sismología. En su aspecto teórico, desarrollado por los sismólogos, trata de conocer las causas, forma de propagación y efectos de los temblores en el globo terráqueo, mientras que el estudio de la manera de anular las desastrosas consecuencias de los terremotos en las construcciones, constituye el objetivo de los Ingenieros y especialmente de los Ingenieros de Estructuras.

Durante mucho tiempo no hubo la debida colaboración entre Sismólogos e Ingenieros y solo recientemente, después de los desastrosos cataclismos de 1906 en San Francisco y Valparaíso, de 1908 en Messina y sobre todo de 1923 en Tokio,—y en Chile podríamos agregar el terremoto de enero de 1939 en Chillán—, se hizo sentir en forma urgente la necesidad del trabajo conjunto de Ingenieros y Sismólogos, el que está consiguiendo actualmente hacer progresar con rapidez la Técnica de la Construcción Antisísmica.

Al estudio de don Federico Greve, quien ha reunido felizmente en su persona la doble calidad de Ingeniero y Director de nuestro Instituto Sismológico, es como debía esperarse, un aporte valiosísimo a nuestras tentativas de dominar los terremotos haciéndolos inofensivos.

La «*Determinación del Coeficiente de seguridad antisísmico para las diferentes zonas de Chile*» permitirá a los proyectistas llegar a formarse una idea suficientemente exacta del enemigo que tienen que enfrentar según donde sea que, en nuestro largo país, quieran levantar sus obras. Mediante un concienzudo análisis de los estudios de Montessus de Ballore, ha llegado el señor Greve a seleccionar más de ciento treinta terremotos, y semiterremotos, que han sacudido a Chile en los últimos cuatro siglos. Este material estudiado estadísticamente, le ha hecho constatar en forma cuantitativa, la existencia de zonas de mayor sismicidad que otras, en nuestro territorio, y permite así estimar de una manera fundada, los coeficientes sísmicos con que deben calcularse las construcciones. Es por esto que la presente publicación será de gran interés para los ingenieros y arquitectos y deberá traducirse en el futuro en una mayor seguridad de sus trabajos, junto con un mejor aprovechamiento de los recursos económicos de la Nación. Esto último se conseguirá cuando la «*Ordenanza General de Construcciones*» basándose en datos como los que hoy ven la luz, precise y amolde sus exigencias a la sismicidad de las diferentes zonas del país.

Creo interpretar el sentir de todos los Ingenieros Estructurales, que día a día estamos trabajando para hacer más seguras las construcciones, al agradecer a don Federico Greve su aporte a nuestra tarea y la comprensión que demuestra de nuestros puntos de vista, y solicitarle que no tarde en darnos a conocer los otros estudios que para más adelante nos promete.

Santiago, 25 de agosto de 1947.

CARLOS INFANTE O.,
Ingeniero Civil

Chile está ubicado en el llamado «Anillo de Fuego Circunpacífico», formado por la Cordillera de los Andes, las montañas ubicadas al poniente de Sud y Norte América Alaska, las islas Aleutianas, Japón e islas de Oceanía. Este anillo es de gran inestabilidad, por lo cual se producen en él frecuentes erupciones volcánicas y temblores.

La acumulación de presiones en el interior de la tierra tiene por resultado el escape de lava hacia la superficie, o el resbalamiento de las capas terrestres unas contra las otras, con lo cual se restablece el equilibrio. Ambos fenómenos producen trepidaciones en la tierra que llamamos terremotos.

Es de suma importancia conocer la sismicidad de Chile y fijar las zonas en que ocurren con frecuencia los terremotos para establecer el coeficiente de seguridad antisísmico, que debe aplicarse en el cálculo de las construcciones.

A falta de un método de cálculo de construcciones antisísmicas, en que se tome en cuenta el verdadero efecto de vibración, que produce un terremoto sobre los edificios, éstos se calculan como si tuvieran que resistir a una fuerza horizontal que se supone aplicada en los diferentes pisos y en todas las direcciones. La magnitud de esta fuerza debe ser igual a una fracción del peso propio y parte de la carga móvil que se encuentra sobre el piso considerado de la construcción y se expresa en forma de un tanto por ciento de la gravedad. A esta fracción de la gravedad se le puede lla-

mar coeficiente de seguridad antisísmico y su valor depende de la frecuencia e intensidad de los desastres sufridos por la ciudad y de la calidad del subsuelo, que trasmite la trepidación del terremoto al edificio.

Consideramos por ahora sólo el primer punto, o sea el período en que probablemente se pueden repetir los terremotos y su magnitud, dejando el estudio de la calidad del subsuelo para un trabajo posterior que comprenderá la determinación del período propio de vibración del terreno de fundación y el asentamiento producido por las trepidaciones. El estudio geológico es un problema que debe tratar el geólogo.

En un trabajo publicado por el Instituto Sismológico, titulado «Estudio de la periodicidad de los terremotos destructores de la Cordillera de los Andes al sur del paralelo 16» se ha demostrado que los desastres sufridos por las ciudades de Chile y sur del Perú, no se han repetido en períodos iguales, ni hay relación con la sismicidad del resto del «Anillo de Fuego», como por ejemplo con la parte sur-poniente de América del Norte y Japón. Pero, como es indispensable conocer las veces que una determinada región ha sufrido desastres causados por terremotos para poder establecer el sistema de construcción más adecuado, tendremos que valernos de la estadística de los terremotos que en parte encontramos en los Anales de la Universidad de Chile.

En esta publicación, el conde Montessus de Ballore, fundador del Servicio Sismológico de Chile, ha recolectado la descripción de las catástrofes acaecidas en el país que tomó de libros de viaje de turista, de periódicos antiguos y documentos históricos. Para el estudio de la sismicidad de los años posteriores, se tomaron los Boletines del Instituto Sismológico en que aparece la descripción de los efectos de los diferentes terremotos.

Ordenados ahora convenientemente los datos así recolectados y considerando para cada terremoto la zona damnificada y expresando el efecto destructor en una misma unidad de medida, se ha confeccionado la lista que publicamos más adelante.

Con respecto a la intensidad de un terremoto, tenemos que llamar la atención que esta se valoriza según el efecto que produce en nosotros, sobre los objetos y sobre las construcciones y que por lo tanto no es una medida exacta, pero es, por ahora, la única que tenemos. Mayores detalles se expondrán en un folleto que se publicará próximamente bajo el título «Elección del terremoto tipo».

La medida del grado de intensidad de los terremotos se ha hecho en la escala de seis grados del Instituto Sismológico y adoptada por el Instituto Nacional de Investigación Tecnológica y Normalización. Los tres grados que corresponden a los mismos destructores son los siguientes:

- GRADO IV Provoca pánico general; suenan las campanas, caen algunos objetos sueltos y muros mal construídos; se producen grietas en algunos edificios.

- GRADO V. Se destruyen parcial o totalmente algunas chimeneas, murallas y otras partes del edificio; caen algunas casas.

- GRADO VI Desastre general; cae la mayoría de las casas y se producen grietas en el terreno.

La reducción de las otras escalas de intensidad, que se empleó en algunas anotaciones, a la nuestra se hizo bajo la siguiente base:

Escala de Milne para terremotos:

- GRADO I Daños en las murallas y chimeneas (grado IV de la escala del I. S.).
- GRADO II Destrucción de algunas casas (grado V de la escala del I. S.).
- GRADO III Destrucción de varias poblaciones o desastre intenso. (grado VI de la escala del I. S.).

La escala de Rosse y Forel define los grados correspondientes a terremotos destructores de la manera siguiente:

- GRADO VIII Caída de las chimeneas, rasgaduras en los muros, (grado IV de la escala del I. S.).
- GRADO IX Ruina parcial o total de algunos edificios, (grado V de la escala del I. S.).
- GRADO X Desastres y ruinas: trastornos de las capas terrestres; quebraduras y fallas; hundimiento en las montañas, (grado VI de la escala del I. S.).

La hora que se anota en la lista de sismos es hora local de Chile, la intensidad se indica por un número romano y la ubicación del epicentro; o zona macrosísmica se da en grados de latitud geográfica. Estos últimos valores se han colocado entre paréntesis.

LISTA DE TERREMOTOS DESTRUCTORES OCURRIDOS EN CHILE

1520. (?) El autor del compendio de la Historia Geográfica, natural y civil del Reino de Chile, señor Molino, relata un terremoto que debió haberse producido en el año 1520 en las provincias australes de Chile. Se trata probablemente de una tradición indígena. Latitud probable del epicentro de 40° a 41° S. e intensidad V.
1543. J. T. Polo describe un fuerte temblor (grado V) que se sintió en la provincia de Tarapacá y alcanzó el sur del Perú. Latitud probable del epicentro 19° a 20° S.
1562. Octubre 28, al alba. La ciudad de La Imperial (37° a 38° S.), sufrió daños considerables por un fuerte terremoto (grado VI) y un maremoto ocasionó perjuicios en Arauco.

1570. Febrero 8, a las 9 horas. Un fuerte terremoto (grado VI) destruyó la ciudad de La Concepción ubicada en esos años donde hoy está el puerto de Penco (36° a 37° S.). La ola del maremoto, que le siguió, terminó con la ruina de la ciudad, arrasando los restos de edificios que el terremoto dejó semidestruidos.
1575. Marzo 17, a las 10 horas. Semi terremoto (grado IV), produjo grandes perjuicios en Santiago (33° a 34° S.).
1575. Diciembre 16; hora y media antes de la media noche. La ciudad de Valdivia fué semiestruida por un terremoto (grado V) que abarcó la amplia zona comprendida entre Villarrica y Castro. La ola que produjo el maremoto, subió por el río hasta Valdivia. Los derrumbes de los cerros obstruyeron el cauce del río Calle-Calle y al romperse la represa, así formada, el agua se desbordó sobre los poblados (39° a 40° S.).
1582. Agosto 7. Semi terremoto (grado IV) produjo gran alarma y rasgaduras en los edificios de Santiago (33° a 34° S.).
1604. Noviembre 24, de 12 a 13 horas. Un terremoto de intensidad VI desoló Arica (18° a 19° S.), y la ola pasó sobre el puerto, derribó el fuerte, llevándose los pertrechos de guerra y el azogue de los almacenes reales. Después del desastre, la ciudad de Arica se trasladó al pie del Morro, ubicación que tiene actualmente. Se destruyó también la ciudad de Arequipa.
1604. Diciembre. En diversos documentos se habla que en esta fecha diversos edificios en La Serena (29° a 30° S.), sufrieron desperfectos debido a un sismo. (grado V).
1615. Septiembre 16. En Arica y Tacna se sintió una fuerte sacudida que dañó los edificios y una gran ola, producida por el maremoto, inundó el fuerte de Arica, (18° a 19° S.), (intensidad del sismo probablemente Grado V).
1639. Diciembre. El puerto de Coquimbo (9° a 30° S.), sufrió los efectos de un terremoto (grado V).
- 1642 ó 1643. El Corregidor de Arica (18° a 19° S.), don Felipe de Beaumont y Navarra escribe que las Casas Reales se arruinaron y cayeron por la acción de los temblores. Intensidad probable IV.
1643. Septiembre 6, al amanecer. Un semi terremoto (grado IV) sembró el terror en los habitantes de Santiago (33° a 34° S.).
1647. Mayo 13 a las 22 horas 30 minutos. El terremoto, llamado del señor de Mayo (grado VI) arruinó Santiago (33° a 34° S.), y el área de destrucción abarcó desde el río Choapa al río Maule (31° al 36°). El sismo se sintió en Cuzco, Buenos Aires y Valdivia.

Alrededor de esta catástrofe existen leyendas relacionadas con el derrumbe de la Iglesia que albergaba la imagen del Señor de Mayo.

1648. El Obispo Villarroel escribe:
«... y en este, mi obispado, asoló un terremoto toda la ciudad de Coquimbo...»
(29° a 30° S.). Intensidad probable V.
1657. Marzo 15 a las 19 horas 30 minutos. Terremoto (grado VI) que arruinó la ciudad de La Concepción (36° a 37° S.). Le siguió un maremoto.
1681. Marzo 10. En los archivos de Arica se habla de un fuerte terremoto que destruyó muchas casas y el fuerte de esa ciudad. No hubo maremoto. (18° a 19° S.). Intensidad probable V.
1687. Julio 12, poco después de las 13 horas. Un terremoto (grado IV) destruyó el convento de la ciudad de San Felipe (32° a 33° S.).
1688. Julio 12, Semi terremoto (grado IV) se sintió en Santiago, (33° a 34° S.).
1690. Julio 9. La ciudad de Santiago (33° a 34° S.) sufrió los efectos de un semi terremoto (grado IV).
1715. Junio. Un terremoto (grado V) produjo estragos en el puerto de Arica (18° a 19° S.). Las montañas se derrumbaron.
1724. Mayo 24. Un semi terremoto (grado IV) derribó algunas casas y muros en Santiago, (33° a 34° S.).
1730. Julio 8 a las 4 horas. Un terremoto (grado VI) produjo grandes daños en Santiago y Valparaíso, extendiéndose el área damnificada, de Serena a Chillán (29° a 36° S.). Un maremoto se produjo de Coquimbo a Valdivia.
1737. Diciembre 24. La plaza de Valdivia (40° a 41°) fué asolada por un terremoto (grado V) razón por la cual se pensó trasladar los fuertes. La zona afectada llegó hasta Castro (40° a 42° S.).
1741. Agosto 25. Los náufragos de la fragata Wager relatan un fuerte temblor (grado IV) que se sintió cuando estaban en la isla Wager, (46° a 47° S.).
1742. Marzo 22. Jueves Santo, como a media noche se sintió un gran temblor (grado IV) en el Archipiélago de Los Chonos (45° a 46° S.), que produjo derrumbes en los cerros.
1743. Junio 25, a las 6 horas. A bordo de un buque que navegaba de la isla de Juan Fernández al Callao, se sintió en el segundo día de haber dejado la isla (32° a 33° S.), dos fuertes remezones (grado IV).

1751. Mayo 25, entre la una y dos horas. Un terremoto (grado VI) seguido de un maremoto arruinó la ciudad de La Concepción (36° a 37° S.), y los daños se produjeron de Curicó a Arauco (34° a 37° S.). El maremoto se extendió hasta la isla de Juan Fernández. La Ciudad de La Concepción se trasladó posteriormente a su actual ubicación.
1773. Julio 29. Fuerte temblor (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.).
1775. Marzo 17. Fuerte temblor (grado IV) en Valparaíso (33° a 34° S.).
1786. Octubre 4. Fray Francisco Menéndez, escribe haber visto cerca de Castro (42° a 43° S.) derrumbes de cerros ocasionados por temblores probablemente de intensidad IV.
1787. Febrero 11, a las 17 horas, Moraleda describe un terremoto (grado IV) que sintió en Castro en esa fecha. (42° a 43° S.).
1790. Mayo 19. El religioso Fray Francisco Pérez, dice que en esta fecha la misión de Tucapel (37° a 38° S.), fué destruída por un terremoto (grado V).
1792. Noviembre 30. De la Crónica de La Serena (29° a 30° S.), se deduce que en esta fecha, se sintió un terremoto fuerte (grado IV) pero menor que el que se produjo en 1604.
1792. Agosto 7. Fuerte temblor (grado IV) produjo desperfectos en los edificios en Arica (18° a 19° S.).
1796. Marzo 30 a las 6 horas 45 minutos. En la Historia de Copiapó 1874 se describe los estragos que produjo un terremoto (grado VI) en la villa de Copiapó (27° a 28° S.) y que arruinó la Iglesia Matriz de la Merced, la cárcel y gran número de casas. El área de destrucción llegó a Serena (27° a 30° S.).
1801. Enero 1.º Terremoto en Serena que destruyó muchas casas (29° a 30° S.). Intensidad.
1816. Enero 20 a las 13 horas. Un violento temblor (grado IV) causó trizaduras en los edificios en la ciudad de Concepción (36° a 37° S.).
1819. Abril 3, 4 y 11. Terremoto (grado V) que arruinó por cuarta vez la ciudad de Copiapó (27° a 28° S.) fundada en 1744. Don Diego Barros Arana, en su Historia General de Chile, habla de varias sacudidas fuertes entre el 3 y el 11 de abril. El día 3 a las 10 horas, se produjo la primera sacudida seguida de numerosas réplicas y el día 4, al amanecer, un terremoto mucho más fuerte destruyó la iglesia de la Merced, la Matriz y cerca de la mitad de las casas. El día 11, a las 11 de la mañana, un fuerte terremoto, completó la ruina de la ciudad. Se pensó trasladar la ciudad a suelo más firme, pero se volvió a reedificar en el mismo sitio. Se produjo maremoto.

1822. Noviembre 4 y 5. Terremoto en Copiapó y Coquimbo. El día 4 se sintió una recia sacudida (grado IV) y al día siguiente la ciudad de Copiapó (27° a 28° S.), fué casi totalmente destruída por un terremoto (grado V).
1822. Noviembre 19, 22 y 25. El puerto de Valparaíso (33° a 34° S.), sufrió destrozos por varios remezones, el primero, tuvo lugar día 19, a las 22 horas 15 minutos (grado VI), seguido por réplicas que duraron varios días y después le siguió otro el día 22 a las 2 horas 30 minutos (grado IV) y el día 25, a las 8 horas 15 minutos, una sacudida violenta (grado V) acabó por derribar edificios que aún quedaban en pie. La zona devastada abarcó Limache, Casablanca y Quillota.
1824. Agosto 29, a las 2 y a las 9 horas. Dos grandes temblores (grado IV) se sintieron en Santiago (33° a 34° S.).
1825. Diciembre 24, a las 16 horas y media. La zona de Santiago (33° a 34° S.) se estremeció por un pequeño terremoto (grado IV).
1829. Septiembre 26, a las 14 horas 30 minutos. Gran temblor (grado IV) en Valparaíso (33° a 34° S.).
1829. Octubre 1.° a las 12 horas 3 minutos. Temblor (grado IV) en Santiago, (33° a 34° S.) que produjo daños en las construcciones.
1831. Octubre 8, a las 21 horas y media. Se sintió un fuerte terremoto (grado V) en Arica (18° a 19° S.) que abarcó gran extensión del sur del Perú. A bordo de un barco anclado en la bahía se sintieron varios y fuertes sacudidas. Las réplicas duraron 15 días.
1831. Diciembre 24, a las 12 horas tres cuartos. Debido a fuerte temblor (grado IV) se agrietaron murallas en La Concepción (36° a 37° S.) y produjo gran pánico en la población.
1832. Enero 21, a las 11 horas. Fuerte temblor (grado IV) que acusó daños en edificios de piedra de Chiloé (42° a 43° S.).
1833. Abril 25, a las 10 horas y media. Se sintió una fuerte sacudida (grado V) en Arica (18° a 19° S.) que derrumbó gran parte de las casas y algún tiempo después otra que acabó por destruir la iglesia ya dañada.
1833. Septiembre 18, a las 5 horas tres cuartos. Terremoto (grado V) en Arica (18, a 19° S.) que abarcó hasta Arequipa. Sobre la intensidad hay discrepancia entre los escritores.
1835. Febrero 20, a las 11 horas 40 minutos. Ruina de Concepción y Talcahuano (36° a 37 S.) debido a un terremoto (grado VI). El área damnificada fué extensa llegando hasta Curicó (34° a 36° S.). El maremoto que se produjo por

una irrupción submarina en bahía de Cumberland de la Isla de Juan Fernández, produjo una ola que arrasó la población de la isla y se sintió en Valdivia y Castro.

1836. Abril 26, a las 18 horas y media. Gran temblor (grado IV) produjo desperfectos en Los Angeles (36° a 37° S.).
1836. Julio 3, a las 8 horas y media. En Cobija (22° a 23° S.), se sintió un temblor (grado IV) y maremoto. Una hora antes se notó fuerte marejada sin aumentar la brisa, lo cual hace pensar que fué debido al sismo.
1837. Noviembre 7, a las 8 horas y cinco minutos. Terremoto (grado V) en Valdivia, Osorno y Ancud (39° a 40° S.). La zona damnificada abarcó hasta Ancud (39° a 41° S.).
1843. Diciembre 17, a las 17 horas 10 minutos. Terremoto de notable fuerza en Serena (29° a 30° S.). Un acopio de fragmentos de piedras amontonados en la Plaza, queda esparramado, lo cual hace pensar que la intensidad fué de grado V.
1845. Junio 3, a las 22 horas y cuarto. Uno de los más fuertes temblores (grado V) que recuerdan los ancianos, tuvo lugar en Arica (18° a 19° S.). En la noche siguieron 14 réplicas.
1846. Marzo 13, a las 7 horas. Fuerte temblor (grado IV) a causa del cual cayeron tapias en Copiapó (27° a 28° S.).
1847. Enero 19, a las 10 horas 50 minutos. La ciudad de Copiapó (27° a 28° S.) es sacudida por el temblor más fuerte sentido desde 1822 (grado IV). Siguieron réplicas durante varios días.
1847. Marzo 8, a las 11 horas. Las ciudades de Ligua y Petorca (32° a 33° S.) sufrió fuerte terremoto (grado V).
1847. Octubre 8, a las 11 horas. La ciudad de Curquimbo (29° a 30° S.) sufrió un semi-terremoto (grado IV) que se sintió en Santiago y Mendoza. Le siguieron gran número de réplicas.
1849. Diciembre 17, a las 6 horas 10 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que causó daños en Serena (29° a 30° S.) y le siguió 10 minutos después una marejada, subiendo el agua hasta 5 metros sobre el nivel normal.
1850. Diciembre 6, a las 6 horas 40 minutos. Fuerte temblor (grado IV) en Santiago (33° a 34° S.).
1851. Abril 2, a las 6 horas 41 minutos. Semi terremoto (grado IV) causó daños en Santiago y Valparaíso (33° a 34° S.).

1851. Mayo 26, a las 13 horas 14 minutos. Terremoto (grado V) que destruyó algunas casas en Copiapó (27° a 28° S.) y ocasionó perjuicios en Vallenar y Freirina (latitud hasta 29°). Se produjo una marejada en Caldera y Huasco, donde el agua subió 2 a 3 metros.
1854. Enero 14, a las 19 horas 10 minutos. En las minas de Cruz Cañas (27° a 28° S.) se sintió gran ruido seguido de una larga sacudida (grado IV).
1857. Noviembre 7, a las 11 horas 21 minutos. Semi terremoto (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.) que produjo la caída de tapias y medias aguas de construcción ligera.
1858. Abril 10, a las 8 horas 30 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que en Serena (29° a 30° S.) agrietó las casas del Tribunal, Municipalidad, etc.
1858. Abril 24, a las 7 horas. Se sintió fuerte temblor (grado IV) en alta mar, a la altura de Serena (29° a 30° S.) y a 800 millas de la costa.
1859. Octubre 5, a las 8 horas. Fuerte terremoto (grado V) en Caldera y Copiapó (27° a 28° S.) habiendo los daños de consideración. 115 casas se derrumbaron y 224 quedaron inhabitables. El suelo se agrietó en la Plaza de Copiapó. En Caldera se produjo un maremoto, bajando 6 metros el nivel del agua.
1860. Septiembre 20, a las 19 horas 30 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que produjo daños en Tacna y Arica (18° a 19° S.). En el océano 19° S. 70° 24' W, se sintió un temblor.
1861. Agosto 29, a las 20 horas. Gran temblor (grado IV) en San Carlos (33° a 34° S.) donde hubo perjuicios que lamentar.
1862. Mayo 20, a la 1 hora. Se sintió en Tacna y Arica (17° a 18° S.) un fuerte temblor (grado IV) que dañó las casas. En los dos días siguientes se sintieron 42 réplicas. Se dice que en los valles de la Cordillera de los Andes el temblor fué más fuerte.
1862. Octubre 9, a las 4 horas 45 minutos. La ciudad de Nacimiento (36° a 37° S.) sufrió desperfectos a causa de un temblor (grado IV).
1864. Enero 12, a las 2 horas 19 minutos. Semi terremoto (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.) donde hubo daños pero en Tierra Amarilla se sintió más fuerte. En Caldera no se produjo maremoto.
1866. Junio 22. Fuerte temblor (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.).
1868. Agosto 13, a las 17 horas. Un terremoto (grado VI) asoló el norte de Chile y el sur de Perú (18° a 19° S.). El maremoto o tsunami que le siguió, abarcó

California, Nueva Zelandia. En Arica la ola barrió siete veces sobre la población y la altura que alcanzó se calcula en 13 metros. Las embarcaciones ancladas en la bahía de Arica se vararon en la playa.

1868. Octubre 12, a la 1 hora 20 minutos. Gran temblor (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.).
1869. Abril 29, a las 22 horas 56 minutos. Fuerte temblor (grado IV) en Talca (35° a 36° S.).
1869. Agosto 16, a las 4 horas y media. A bordo del vapor peruano, se sintió un fuerte temblor (grado IV) al entrar a Arica (18° a 19° S.).
1869. Agosto 24, a las 13 horas. Semi terremoto (grado IV) y maremoto en Perú meridional y Chile septentrional (18° a 19° S.). En los puertos de Arica e Iquique la ola producida por el maremoto, subió 2 metros repitiéndose 6 veces consecutivas.
1870. Abril 22, a las 9 horas 20 minutos. Un terremoto (grado V) arruinó Calama (23° a 24° S.).
1871. Marzo 25, a las 10 horas 56 minutos. Gran temblor (grado IV) en Santiago y Valparaíso (33° a 34° S.) que agrietó murallas. En Valparaíso se produjo una gran marejada. Los buques surtos en la bahía fueron sacudidos. La zona damnificada se extendió de Llay-Llay hasta Talca, donde las casas se agrietaron (33° a 35° S.).
1871. Octubre 5, a las 0 horas 50 minutos. Terremoto (grado V) que destruyó 100 casas en Tarapacá (19° a 20° S.). En el océano a 20° - 14' S. y 71° - 31' W. se sintió un temblor submarino. Sufrieron muchos daños Iquique, Pica y Matilla.
1873. Julio 7, a las 2 horas 26 minutos. Terremoto (grado V) en Chile central (33° a 34° S.). Valparaíso, Ligua y Putaendo (32° a 34° S.).
1874. Septiembre 26, a las 0 horas 11 minutos. Gran temblor (grado IV) con epicentro en Valparaíso (33° a 34° S.) que abarcó una considerable extensión de territorio. (32° a 34° S.).
1876. Febrero 11. Terremoto (grado IV) en Illapel y Salamanca (31° a 32° S.).
1876. Octubre 26, a las 10 horas. Se produjo un terremoto (grado IV) en Toco (22° a 23° S.) y destruyó casi por completo las habitaciones de las oficinas salitreras.
1877. Mayo 9, a las 22 horas y media. Un terremoto (grado VI) que se sintió hasta en Perú, Bolivia y Argentina y tuvo su fuerza máxima en Iquique (20° a

- 21° S.). El maremoto que le siguió produjo una ola que llegó a California y Nueva Zelandia. En Iquique el agua subió 5 metros sobre el nivel medio y barrió con la mitad de la población. Se notó un descenso de la costa.
1877. Julio 26, a las 23 horas 40 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que agrietó casas en Coquimbo, Chimbo y Tamayo (29° a 30° S.).
1878. Enero 10, a las 8 horas. Semi terremoto (grado IV) en Calama, Iquique y Arica (18° a 22° S.).
1878. Enero 23, a las 19 horas 55 minutos. Terremoto en la Provincia de Tarapacá, principalmente en las cercanías del Volcán Isluga que estaba en actividad.
1879. Febrero 2, a las 6 horas y media. Gran temblor (grado IV) en el territorio Magallánico y Tierra del Fuego. (53° a 54° S.).
1880. Agosto 15, a las 8 horas 45 minutos. Gran temblor (grado V) en Valparaíso (33° a 34° S.) que causó destrozos en las estaciones del Ferrocarril a Santiago y derribó casas en Illapel y Quillota. Zona damnificada (31° a 34° S.).
1890. Abril 24. Fuerte temblor (grado IV) en San Felipe (33° a 34° S.).
1890. Septiembre 19, a las 11 horas 22 minutos. Temblor (Grado IV) que produjo grandes deterioros en Copiapó (27° a 28° S.).
1892. Marzo 29, a las 14 horas 10 minutos. Fortísimo temblor (grado IV) en Arica (18° a 19° S.) al cual le siguieron varias sacudidas que produjeron deterioros en las casas.
1893. Febrero 22, a las 17 horas 25 minutos. Un fuerte temblor (grado IV) en Serena (29° a 30° S.) produjo caída de murallas. Siguió temblando.
1896. Marzo 13, a las 20 horas y media. Gran temblor (grado IV) en Valparaíso (33° a 34° S.). Dos recias sacudidas produjeron caída de murallas y rasgaduras en la torre de la Iglesia de la Merced.
1896. Junio 14, a las 10 horas 20 minutos. Temblor (grado IV) de gran duración produjo desperfectos en las casas de Arica (18° a 19° S.).
1898. Julio 23, a las 22 horas 27 minutos. Terremoto (grado IV) de Concepción (36° a 37° S.) con una zona damnificada que se extendió desde Chillán a Angol (36° a 38° S.).
1903. Diciembre 7, a las 10 horas. Temblor muy fuerte (grado IV) que produjo daños en Vallenar (28° a 29° S.) Freirina y Huasco.

1904. Marzo 19, a la 1 hora 40 minutos. En Vallenar (28° a 29° S.) se sintió gran sacudida (grado IV) que produjo muchos daños. Se registró en 34 estaciones sismológicas del mundo. Sufrieron perjuicios Serena y Freirina.
1905. Octubre 26, a las 21 horas. En Rancagua (34° a 35° S.) se sintió un fortísimo temblor (grado IV) al cual le siguieron una serie de fuertes sacudones durante 5 ó 6 días espaciados de hora en hora. El área en que se sintió es reducida.
1906. Junio 18, a las 7 horas 1 minuto. Un temblor (grado IV) agrietó muros en Valparaíso, Limache y Quilpué (33° a 34° S.).
1906. Agosto 16, a las 19 horas 58 minutos. Gran desastre en Chile Central (grado VI). El área epicentral está en Valparaíso, Puchuncaví, La Ligua y se produjo destrucciones desde Quilimarí, a Curicó (30° a 31°). Se sintió en Arica, Córdoba, Buenos Aires, Neuquén y Ancud.
1907. Junio 13, a las 4 horas 30 minutos. Se produjo un terremoto (grado V) en Valdivia (40° a 41°) extendiéndose la zona damnificada de Osorno a Gorbea (39° a 41° S.).
1908. Febrero 23, a las 23 horas 24 minutos. Sierra Gorda (17° a 18° S.) (Antofagasta) un temblor (grado IV) causó averías.
1908. Julio 16 a las 12 horas 50 minutos. Un temblor (grado IV) causó perjuicios en Tacna y Arica (17° a 18° S.).
1909. Abril 28, a las 2 horas 4 minutos. Temblor (grado IV) del Valle de Aconcagua (33° a 34° S.) se sintió de Tongoy a Traiguén.
1909. Junio 8, a las 1 hora. Terremoto (grado V) en Chañaral El Inca, Copiapó (27° a 28° S.) y se sintió de Antofagasta a Santiago.
1911. Septiembre 15, a las 8 horas 10 minutos. Temblor muy fuerte (grado V) en Pozo Almonte e Iquique (20° a 21° S.).
1914. Enero 29, a las 22 horas 26 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que agrietó edificios en Talca (35° a 36° S.).
1918. Mayo 20, a las 12 horas 57 minutos. Semi terremoto (grado IV) de Coquimbo (30° a 31° S.) y que se sintió de Chañaral a Maule.
1918. Diciembre, a las 7 horas 52 minutos. Semi terremoto (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.) que se sintió de Chañaral a Osorno.
1919. Marzo 1.º a las 23 horas 37 minutos. Semi terremoto (grado IV) que sacudió la isla de Chiloé. En Castro (42° a 43° S.) se cayeron armarios y estanterías.

1920. Agosto 20, a las 11 horas 34 minutos. Temblor fuerte (grado IV) se sintió en la isla Mocha donde cayeron varias casas viejas (38° a 39° S.).
1920. Octubre 28, a las 8 horas 10 minutos. Fuerte temblor (grado IV) sacudió Vallenar (28° a 29° S.) y se sintió de Copiapó a Hospital.
1922. Noviembre 10, a las 23 horas 53 minutos. Terremoto (grado VI) en Atacama con su epicentro en Vallenar (28° a 29° S.). Cayeron casas y tapias en la zona de Copiapó, Freirina (27° a 29° S.) etc. En los puertos se notó una salida de mar.
1922. Noviembre 26, a las 9 horas 26 minutos. Entre las réplicas del terremoto de día 10 se produjo el 26 uno de suficiente intensidad (grado IV) para destruir varias casas (28° a 29° S.).
1923. Mayo 4, a las 17 horas 47 minutos. Un fuerte temblor (grado IV) sacudió la zona afectada por el terremoto del 10 de noviembre de 1922 (28° a 29° S.).
1924. Enero 28, a las 21 horas 14 minutos. Temblor fuerte (grado IV) que produjo caídas de murallas en Copiapó y Vallenar (27° a 28° S.).
1924. Octubre 20, a las 3 horas 57 minutos. Temblor fuerte (grado IV) que produjo destrozos en Copiapó y Vallenar (27° a 28° S.) y se sintió de Taltal a Santiago.
1925. Mayo 15, a las 7 horas 18 minutos. Fuerte temblor (grado IV) que produjo caídas de murallas en Chañaral, Copiapó y Caldera (27° a 30° S.).
1927. Abril 14, a la 1 hora 41 minutos. Semi terremoto (grado V) que tuvo su epicentro en la Cordillera de los Andes a la altura de Aconcagua (32° a 33° S.) y produjo iguales destrozos tanto en Santiago y Mendoza. Zona damnificada (32° a 34° S.). Se sintió de Antofagasta a Valdivia.
1927. Noviembre 21, a las 19 horas 17 minutos. Semi terremoto (grado V) en la región de Aysen (45° a 46° S.). En el canal Moraleda se produjeron grandes derrumbes en los cerros. Como es región poco habitada, se tienen pocas noticias del sismo. Una ola producida por el maremoto arrasó árboles con los cuales se llenaron los canales.
1928. Diciembre 1.º, a las 0 horas 6 minutos. Terremoto (grado V) que produjo el derrumbe del tranque de relave del mineral El Teniente, descargandose sus aguas al río Cachapoal. La Zona más afectada fué Talca (35° a 36° S.). No hubo perturbaciones en el mar.
1929. Octubre 19, a las 16 horas 18 minutos. Terremoto (grado IV) de la Pampa Unión (22° a 23° S.) (Antofagasta) produjo derrumbe de casas en Antofagasta, Calama, Chuquicamata, San Pedro de Atacama. Zona damnificada (22° a 24° S.).

1930. Octubre 17, a las 4 horas 47 minutos. Semi terremoto (grado IV) que produjo estragos en Quillota y Llay-Llay (32° a 33° S.) y se sintió en una extensión de 1800 kilómetros.
1933. Febrero 23, a las 4 horas 11 minutos. Iquique (20° a 21° S.) sufrió con un temblor de bastante intensidad (grado IV).
1934. Marzo 1.º a las 17 horas 48 minutos. La ciudad de Osorno (39° a 40° S.) fué sacudida por un fuerte temblor.
1936. Julio 13, a las 7 horas 14 minutos. Temblor fuerte (grado IV) en Taltal (25° a 26° S.).
1937. Enero 29, a las 6 horas 32 minutos. La región del río Maule (36° a 37° S.) fué sacudida por un temblor (grado IV).
1937. Octubre 12, a las 16 horas 53 minutos. Fuerte temblor (grado IV) en Taltal (25° a 26° S.).
1939. Enero 24, a las 23 horas 34 minutos. Gran desastre (grado VI) llamado terremoto de Chillán (36° a 37° S.) que destruyó esta ciudad y las de su alrededor hasta Concepción. Su epicentro probablemente estuvo ubicado en la cordillera, pues hacia la costa los destrozos fueron menores. Zona damnificada de latitud (35° a 38° S.).
1939. Abril 18, a las 2 horas 23 minutos. Fuerte temblor (grado IV) en Copiapó (27° a 28° S.).
1940. Febrero 11, a las 20 horas 1 minuto. Al norte de Copiapó (27° a 28° S.) se sintió un fuerte temblor (grado IV).
1942. Junio 29, a la 1 hora 26 minutos. Un terremoto (grado IV) se sintió en los alrededores de San Felipe y Los Andes (32° a 33° S.) y produjo estragos. Se sintió desde Potrerillos a Valdivia.
1942. Septiembre 6, a las 11 horas 57 minutos. Se sintió un temblor (grado IV) en Copiapó, Caldera y Vallenar (27° a 29° S.). Sensible al hombre desde Potrerillos a Petorca.
1943. Abril 6, a las 12 horas 8 minutos. Terremoto (grado V) que destruyó Combarbalá e Illapel (31° a 32° S.). Se sintió de Iquique a Valdivia. Le siguió gran cantidad de réplicas.
1943. Septiembre 22, a las 8 horas 8 minutos. Fuerte temblor (grado IV) sacudió Chillán, San Carlos y Bulnes (36° a 37° S.) y se sintió de Santiago a Temuco.

1945. Febrero 12, a las 12 horas 36 minutos. Temblor (grado IV) en Combarbalá (31° a 32° S.) y se sintió de Freirina a Santiago.
1945. Junio 24, a las 16 horas. Fuerte temblor (grado IV) que tuvo su epicentro de San Fernando a la costa (33° a 34° S.) y que se sintió de Serena a Traiguén.
1945. Septiembre 13, a las 7 horas 17 minutos. Terremoto (grado IV) con epicentro en la Cordillera de los Andes, frente a Rancagua (34° a 35° S.) y que tuvo una zona de gran intensidad muy extendida que abarcó el faldeo de la cordillera, desde Juncal a Bulnes y la zona de la costa que comprende Putaendo a Quillota (32° a 36° S.). Fué sensible al hombre desde Copiapó a Osorno.
1946. Junio 25, a las 10 horas 15 minutos. Fuerte temblor (grado IV) produjo deterioros en Chillán, Bulnes (36° a 37° S.) y alrededores y fué sensible al hombre de Juncal a La Paz (Chile).
1946. Julio 26, a las 2 horas 45 minutos. Se produjo un temblor (grado IV) en Iquique y alrededores (20° a 21° S.) y fué sensible desde Perú hasta la latitud 25° S.
1946. Agosto 2, a las 15 horas 19 minutos. Un terremoto (grado IV a V) produjo destrozos en Copiapó (27° a 28° S.). fué sentido desde la latitud 18° a 33° S.

Tomando como base la lista anterior, se ha confeccionado un cuadro que se agrega al final y en el cual se puede ver con claridad la repartición de los terremotos a lo largo del país y durante las diferentes épocas. En éste, cada columna horizontal corresponde a un grado de latitud sur, y la columna vertical a un lapso de 20 años a contar desde 1520 hasta 1946. Estas últimas están subdivididas en tres para anotar en ellas el número de terremotos de grado IV, V, y VI respectivamente que se ha sentido durante los 20 años. Se ha dejado fuera del cuadro el temblor sentido en la Tierra del Fuego, en febrero 2 de 1879, por tratarse de uno de poca intensidad y del cual no se tienen noticias precisas.

Al formar el cuadro de repartición de los terremotos destructores, se ha anotado el grado de intensidad con que se ha sentido en cada zona de un grado, así que en un sismo de intensidad mayor, que produjo una zona damnificada de más de un grado de extensión aparece con dos, tres o más anotaciones. Como en los primeros años sólo se tiene noticias de la ciudad en que se sintió más fuerte, o sea que se tiene aproximadamente en el epicentro del temblor, se ha considerado que se sintió con grado IV en una extensión de un grado al norte y otro al sur. Este método es aceptable, puesto que todos los terremotos de intensidad V y VI se han sentido como destructores en una zona de más de tres grados.

Obtenemos de esta manera un cuadro en que se puede comparar la sismicidad de los primeros años con los últimos en los cuales se tiene observaciones más completas.

Al final del cuadro se agregan tres curvas suavizadas por el método.

$$1 a + 4 b + 6 c + 4 d : 16$$

que nos da una idea más clara de la sismicidad, pues, de este modo, se elimina, en parte, la falta de noticias en algunas zonas sin observadores.

La primera curva comprende el número total de terremotos y las dos siguientes estos se subdividen en semi terremotos y catastróficos. Al dibujar esta última curva, sumando los sismos de intensidad V y VI, se ha tomado en cuenta que es difícil apreciar el grado de intensidad de un terremoto catastrófico según las narraciones de personas de la época. Así por ejemplo, no se sabe claramente si los puertos de Arica y La Concepción fueron destruidos por el terremoto, o por la ola marina que le siguió. Además, como se ha dicho, la magnitud del terremoto se considera, observando la destrucción de los edificios y estos eran antiguamente de adobe y de poca resistencia.

Al observar el cuadro así formado con su resumen de sismos y gráficos correspondiente, podemos dejar en claro que entre una y otra catástrofe no hay espacios iguales ni para el total del país como tampoco para cada zona por separado. Así por ejemplo, la zona de Arica sufrió grandes desastres en el siglo XVII y durante los años comprendidos entre 1820 y 1879 y que desde esta última fecha la corteza terrestre en esta parte está tranquila, o sea en equilibrio.

Comparando la sismicidad de una y otra zona, vemos que en algunas de éstas, como por ejemplo Copiapó y Vallenar, puede observarse gran número de semi terremotos y relativamente pocos sismos catastróficos, mientras que en Chillán ocurre lo contrario. Probablemente la superficie de las fallas, que resbalan, son lisas en Copiapó y resbalan más fácilmente, mientras que en Chillán son ásperas, acumulándose la presión hasta descargarse de golpe.

La zona de Arica, sufrió grandes desastres, pero está en calma desde 1880.

De los terremotos que sufrió Copiapó tenemos sólo noticias desde 1760 y en este período relativamente corto, hubo 5 terremotos grandes y 20 chicos.

Las zonas en que ha habido mayor número de terremotos catastróficos son Arica, Copiapó y la zona de latitud 32° a 34° que comprende Santiago y Valparaíso y Chillán.

Zonas de tranquilidad tenemos en latitud 24° a 26° S. y de Valdivia al sur.

Espero que esta recopilación de terremotos destructores ordenados como están, pueda servir de base a los Ingenieros Estructurales para fijar los coeficientes de seguridad antisísmica para cada zona del país.