

# Informe de la Comisión Gubernativa sobre los efectos producidos por el Terremoto de Enero 1939

INGENIEROS: HERMÓGENES DEL CANTO  
PEDRO GODOY P.  
EDUARDO AGUIRRE S.  
JORGE MUÑOZ CRISTI.  
JULIO IBÁÑEZ V.

Santiago, Junio de 1939.

Tenemos el honor de elevar a conocimiento de U.S. el informe de la Comisión designada por Decretos N.º 322 de fecha 15 de febrero y 651 de fecha 11 de abril últimos para realizar el estudio de los efectos producidos por el terremoto en las obras públicas y edificios particulares de las ciudades afectadas por éste, de acuerdo con las condiciones geológicas y geofísicas del terreno en que se asientan dichas ciudades.

Este informe consta:

a) De una reseña de los terremotos que ha habido en Chile desde la llegada de los españoles, reseña que deja en claro la frecuencia y violencia de estos fenómenos y las gravísimas consecuencias que han tenido para nuestro país.

b) Una apreciación sobre las características del terremoto del 24 de enero. Se hace aquí la clasificación de la intensidad del temblor en las diversas localidades afectadas de acuerdo con la escala de Sieberg, recomendada por la Comisión informante del terremoto de Talca.

c) Una descripción de la constitución geológica de la zona que permite pesar la influencia que los terrenos ejercieron en el comportamiento sísmico de las construcciones.

d) Una descripción de los diferentes tipos de construcciones que había en la zona afectada clasificados según la nomenclatura corriente.

e) Un estudio del comportamiento de estas diferentes clases de construcción durante el temblor. Para hacer este estudio se hizo una estadística detallada visitando en algunas ciudades como Chillán, Penco, etc., casa por casa y calle por calle. Esta estadística fué hecha también en Concepción, Tomé, Talcahuano, San Carlos y Parral.

f) Un estudio de las disposiciones de la Ordenanza General de Construcciones a la luz de los fenómenos sísmicos. Se recomienda en este estudio modificaciones de carácter general tendientes a hacer que su aplicación se haga extensiva a los campos, a que se impida la edificación de adobes en la forma acostumbrada hasta ahora, a que los edificios de hormigón armado se calculen en forma más racional (esto es, tomando en cuenta no sólo la aceleración máxima de los temblores como lo establecía la Ordenanza sino que también la amplitud y el período), a que ninguna obra de importancia sea aprobada por personas no tituladas, etc.

g) Ideas sobre habitaciones baratas.

h) Conclusiones. Se indican en ellas las diversas medidas que, a juicio de la Comisión, se deberían tomar para reducir a un mínimo los efectos de futuros terremotos.

a) *Reseña de los terremotos más importantes que ha habido en Chile desde la llegada de los españoles*

Nuestra generación conoce, y no necesita que se le describan, los terremotos del 16 de agosto de 1906 (Valparaíso) 10 de noviembre de 1922 (Copiapó), 1.º de diciembre de 1928 (Talca) y 24 de enero de 1939 (Chillán),

Pero no puede pensarse que la frecuencia y magnitud de los terremotos que ha presenciado esta generación sea una excepción. Desde la llegada de los españoles a Chile la repetición de estos fenómenos a lo largo de todo el territorio ha sido constante, como puede verse a continuación.

El extremo meridional de nuestro país que es la parte menos sísmica de él (por lo menos en este último tiempo desde que hay datos históricos), no ha dejado de acusar temblores de gran intensidad, y un ejemplo de ellos es el terremoto del 3 de febrero de 1879, que fué de carácter regional y alcanzó a sentirse con violencia hasta en las islas de Diego Ramírez.

Guayanecos, Taitao y Chiloé han sufrido también numerosos e importantes terremotos, que si no han producido cuantiosos daños materiales ha sido sólo por la falta o escasez de pobladores y por la calidad de sus construcciones, todas de madera. Por otra parte, debemos decir que son muy pocos los datos que poseemos de los temblores de esas regiones ya que las relaciones de sus efectos provienen, por lo general de lugares algo apartados de sus epicentros.

Valdivia, Osorno, Villarrica, Gorbea mucho han sufrido también y especialmente el 6 de diciembre de 1575 cuando todas las construcciones que había en la región quedaron destruídas y cuando, a pesar de su escasísimo número, perecieron 25 hombres blancos en Valdivia. El mar levantó en esa ocasión grandes olas sísmicas que produjeron el naufragio de dos galeones que se encontraban en el río Calle-Calle; y los derrumbes ocurridos en el interior produjeron una represa en la salida de uno de los lagos de la región la cual, rompiéndose cuatro meses después y vaciándose en el río mencionado, provocó una enorme inundación en la que parecieron más de mil indios.

Temuco y Angol también han sufrido por temblores destructores aunque menos por sísmos locales que por los venidos de las regiones vecinas.

Chillán y Concepción, además de los perjuicios ocasionados por temblores con epicentro en regiones algo distantes han sido assoladas por los desastres de la zona que van a continuación:

El primero de ellos ocurrió el 8 de febrero de 1570. a las 9 de la mañana y vino acompañado de maremoto destructor que completó la destrucción de Concepción (Penco). Se produjeron en esta ocasión grandes agrietamientos en el suelo y las réplicas del fenómeno se sucedieron por espacio de cinco meses y más, lo que indica la magnitud del terremoto cuyos datos son muy escasos.

El segundo de ellos se produjo el 15 de marzo de 1657 y tuvo las mismas características que el anterior. Los datos son también muy escasos y se puede decir, con respecto a los efectos en las poblaciones y a la desazón que produjo, que ha debido ser considerable pues todos los pobladores de esa zona, descontando los de la ciudad de Concepción, se replegaron al N. del río Maule y se ubicaron especialmente a sus orillas o sea en la población de Duao.

El tercero de estos fenómenos se produjo el 25 de mayo de 1751 y ha sido tal vez el terremoto más importante de los producidos en territorio chileno. Tuvo también las mismas características que los anteriores, pues vino acompañado por maremoto destructor.

La importancia de ambos fenómenos (terremoto y maremoto) puede apreciarse si se consideran sus áreas de grandes destrucciones. En efecto, en esta ocasión el área de máximas destrucciones alcanzó hasta un poco al N. de Curicó y derrumbó iglesias hasta en Santiago y Valparaíso produciendo también en ambas ciudades numerosas destrucciones de casas habitaciones y edificios públicos. El maremoto que lo acompañó tuvo intensidad suficiente para hundir un barco al ancla en las islas de Juan Fernández.

El cuarto de los grandes temblores allí ocurrido fué el del 20 de febrero de 1835 a las 11 hrs. 30 min., el que también tuvo las mismas características que los anteriores y alcanzó sólo un poco menor intensidad que el de 1751.

El quinto de estos fenómenos fué el día 23 de julio de 1898 a las 22 horas. Este terremoto tuvo un área de mayores daños restringida y no vino acompañado de maremoto como los anteriores.

El sexto terremoto de los ocurridos en las vecindades del paralelo 37° de Lat., S., fué el del 24 de enero del presente año 1939 a las 23 hrs. 32 min.; como el anterior, tampoco vino acompañado de maremoto destructor y el área de mayores daños fué mucho más restringida que en los cuatro primeros. Sin embargo, los perjuicios por él ocasionados y las víctimas que produjo, lo colocan como el más desastroso de los terremotos chilenos.

Talca ha sido también afectado por temblores con epicentro distante y además por los del 29 de enero de 1914 y 1.º de diciembre de 1928, este último de cuyas consecuencias aún no se reponía del todo cuando fué nuevamente afectada por el de este año de la región de Chillán.

Santiago, Valparaíso y Aconcagua, tienen sobre ellas la espada de Dámocles que representa el peligro sísmico proveniente de La Ligua; Valparaíso mucho más expuesto que la Capital como lo demuestra la forma en que han sido ambas ciudades afectadas por los mismos desastres.

Ejemplos de ellos son los de 13 de mayo de 1647 y 8 de julio de 1730. El primero ha sido tal vez el más calamitoso entre los ocurridos en Chile después de la llegada de los españoles ya que destruyendo toda la región comprendida entre el Maule y el Choapa incluyó la capital de Chile bajo cuyos escombros pereció un quinto de sus habitantes y otro tanto por las epidemias y miseria consiguientes. Además, fué tal la ruina, que quedó afectada por muchos años la economía del país.

El segundo fué mayor en magnitud que el anterior y entre La Serena y Chillán no dejó edificio en buen estado. En la ciudad de Santiago las destrucciones fueron aún mayores que en 1647 a pesar de que con la experiencia recibida anteriormente las construcciones eran de mucho mejor calidad. Este terremoto tuvo características especiales ya que no fué uno sino tres los que se produjeron en el espacio de pocas horas. Felizmente, la violencia progresiva del fenómeno evitó pérdidas de vidas pues los habitantes de la zona afectada pudieron salir fuera de los edificios y soportar a campo libre el segundo y tercer terremoto que fueron los más intensos. Esta vez, no sólo el movimiento de tierra produjo desastres, sino también el mar que levantando olas

sísmicas que alcanzaron a más de 15 mts. en Valparaíso, Concepción (Penco) y en una extensísima parte de nuestra costa, destruyó todas las construcciones que quedaron a su alcance.

En 1822 y 1906 se produjeron grandes terremotos con las mismas características, provenientes del mismo foco que los dos desastres anteriores. En estas dos ocasiones fué sólo la cordillera de la Costa la más afectada y esporádicamente uno que otro punto en el Valle Central. La magnitud de ambos fenómenos fué considerable, mucho mayor que la del 24 de enero del presente año en Chillán; sin embargo, la capital fué relativamente poco afectada en ambos fenómenos.

Fuera de los anteriores son muchísimos los terremotos originados en el foco de La Ligua pero siempre de menor magnitud y en muchos casos con áreas de destrucción más restringidas como es el caso del terremoto del 17 de octubre de 1930 circunscrito a algunos pueblos del valle de Aconcagua. Debemos llamar la atención también al caso extraordinario de un terremoto que se originó en La Ligua y afectó por igual a ambos lados de la Cordillera de Los Andes como fué el del 14 de abril de 1927 que produjo perjuicios de importancia en Santiago.

Más al N. Illapel, Combarbalá y Ovalle también han sido afectados por numerosos terremotos que felizmente nunca han alcanzado la magnitud de un desastre; siendo el más importante de ellos el que destruyó Illapel en 1880.

Elqui también ha tenido que sufrir intensamente por temblores destructores especialmente por los provenientes de focos situados 60 kms. más al N. y por los originados en el valle del Huasco.

Copiapó y Vallenar han tenido que soportar numerosos terremotos originados en focos situados en sus vecindades y también por otros provenientes de focos más alejados como es el de Taltal para la primera de las ciudades mencionadas.

La poca densidad de población y lo reciente de su fundación o aumento de importancia de los pueblos situados más al N. del paralelo 33 de Lat. S. hace que falten muchos datos históricos sobre temblores y que estos no permiten apreciar la importancia de los fenómenos allí producidos. Sin embargo, la frecuencia en temblores destructores en la región de Copiapó-Vallenar nos hace considerarla como tal vez la más afectada de nuestro territorio.

Los más importantes entre los terremotos sufridos por ésta región en poco más de un siglo han sido los de 1776, 1819, 1851, 1859 y 1922. Todos ellos han venido acompañados de maremotos más o menos importantes y cabe llamar especialmente la atención sobre el terremoto múltiple de 1819 cuando entre los días 3 y 11 de abril se produjeron 4 sacudidas eminentemente destructoras que produjeron un gran desastre y que vinieron acompañadas de un gran maremoto que afectó la costa hasta gran distancia del epicentro.

Más al N. de Copiapó se encuentran pueblos y asentos mineros de reciente data los cuales han sido fundados desde la mitad del siglo pasado hasta hoy. Su sismicidad es considerable ya que sólo el foco de Taltal ha producido 6 terremotos destructores en lo que va corrido de este siglo.

El más importante de los terremotos ocurridos en el Desierto de Atacama es el del día 9 de mayo de 1877 que destruyó la región comprendida entre los paralelos 19° y 24° de Lat. S. y vino acompañado de uno de los maremotos más grandes de nuestra Historia Sísmica el cual afectó en sus destrucciones toda la costa del Pacífico.

El extremo N. de Chile ha sufrido también intensamente por los desastres sísmicos originados tanto dentro del territorio como en Arequipa. Podemos así citar los de 1582, 1604, 1615, 1784, 1868, este último de iguales características que el de 1877. Todos estos terremotos han sido eminentemente destructores y han venido en su mayor parte acompañados de grandes maremotos.

Todo lo anterior nos muestra que la frecuencia en temblores destructores para un punto cualquiera de nuestro territorio, es considerable, y que si bien los desastres parecen no repetirse tan frecuentemente en un mismo punto, es indudable que la vida y propiedades de los habitantes de Chile se encuentran en constante peligro de perderse a consecuencia de algún fenómeno sísmico de importancia.

Después de conocer las consecuencias descritas anteriormente y apreciando como es debido las consecuencias del terremoto del 24 de enero último, cuya magnitud fué mucho menor que los tres desastres que sufrieron Chillán y Concepción en siglos pasados y que la de la mayoría de los citados en párrafos anteriores, cualquiera ha de pensar que es indispensable que siempre nos encontremos preparados para afrontar las consecuencias de los grandes terremotos y que sea posible la defensa contra los demás temblores destructores tan frecuentes en nuestro país.

#### *b) Apreciación sobre las características del terremoto del 24 de enero*

La clasificación de los terremotos se hizo en un comienzo ateniéndose a los efectos que producían en las construcciones. Las escalas más conocidas, como las de Mercalli, Rosi-Forel, etc. eran de esta clase. Después se introdujo el concepto de aceleración abandonando en general las largas descripciones de los efectos del temblor que contenían las anteriores. La Escala de Omori es un ejemplo de esta tendencia. Más tarde se ha visto sin embargo que la aceleración no define en forma completa un temblor. Se ha comprobado que las ondas sísmicas de mayor aceleración no son las más destructoras y que la amplitud y período juegan un papel importante. Por este motivo se pensó que las antiguas escalas basadas en la destrucción no debían ser abandonadas del todo. Las escalas de Cancani y Sieberg que modifican la de Mercalli obedecen a esta idea y se basan tanto en la aceleración como en los efectos del sismo sobre las construcciones. Es evidente que la ciencia sismológica habrá dado un paso más cuando establezca una clasificación basada en las características exactas del movimiento, sin atenerse al efecto sobre las construcciones; pero como por ahora no se emplean tales escalas ni tenemos en el país los elementos para las observaciones que exigiría, es preciso atenerse a escalas como la Sieberg que es susceptible de emplearse en nuestro caso. Hemos adoptado precisamente ésta porque además de las ventajas anotadas fué recomendada por la Comisión que estudió el terremoto de Talca.

#### *Escala Sieberg*

Grado I.—Imperceptible (aceleración 2,5 mm/seg<sup>2</sup>).  
Apreciable sólo mediante instrumentos.

Grado II.—Muy ligero (2,6-5 mm/seg<sup>2</sup>).

Sólo apreciable por personas muy nerviosas o muy sensibles, en completo reposo; principalmente en los pisos altos de las casas.

Grado III.—Ligero (6-10 mm/seg<sup>2</sup>).

Notado por muy pocas personas, aun en comarcas de gran densidad de población, como la trepidación que produce el paso de un carro. Alguna que otra persona ha podido apreciar la duración del temblor y señalar algo la dirección; muchas se dan cuenta después del cambio de las impresiones de que en efecto sintieron un temblor.

Grado IV.—Moderado (11-25 mm/seg<sup>2</sup>).

Las personas que se encuentran al aire libre no siempre atestiguan el paso del temblor; en el interior de las casas el fenómeno es más notado, pero no todos se han dado cuenta de él.

Los muebles tiemblan u oscilan ligeramente, y debido a estos breves movimientos los vasos y las vasijas que se hallan próximos chocan suavemente entre sí, como bajo el influjo de la trepidación de un carro que rueda sobre un adoquinado desigual. Las vidrieras vibran; las puertas, vigas y entarimados crujen; los plafones crepitan; los líquidos contenidos en vasijas abiertas se mueven pausadamente.

Esta clase de temblores no produce espantos en las gentes, a no ser que por el efecto de otros sismos se encuentren atemorizadas y nerviosas.

Alguna que otra persona que dormía es despertada por el temblor.

Grado V.—Algo fuerte (26-50 mm/seg<sup>2</sup>).

Aun en medio del tráfico y la agitación diurna, numerosas personas que se encuentran en la calle o al aire libre pueden atestiguar la ocurrencia del fenómeno.

La conmoción que experimentan los edificios hacen que sus moradores noten perfectamente el temblor; se recibe la impresión de que ha caído en la casa un objeto pesado (un saco, un mueble) y todo, sillas, cama, etc., parece oscilar como en día de marejada en un barco.

Las hierbas, así como el follaje y las ramas más pesadas de los arbustos y los árboles, se agitan visiblemente cual si soplara ligero viento.

Los objetos libremente suspendidos, como cortinas, lámparas, vasijas para flores, arañas no muy pesadas, etc. se mueven pendularmente; las campanillas suenan; los relojes de péndulo se paran o bien oscilan con amplitud mayor, según que la onda sísmica haya cruzado normalmente o se haya propagado en sentido de la oscilación, por lo que ocurre también que marchen relojes antes parados; los muelles de estos suenan; la luz eléctrica parpadea o se apaga por efecto del contacto de los hilos conductores; los cuadros tabletean contra la pared o se desligan; las vasijas muy llenas de líquido vierten porciones; las figurillas y cuadrillos situados encima de los muebles se caen, así como los objetos apoyados en las paredes; los utensilios no muy pesados cambian a veces de lugar; crujen los muebles; baten las puertas y ventanas y saltan los vidrios.

La inmensa mayoría de las personas que están durmiendo, se despiertan, y algunas se lanzan fuera de las viviendas.

Grado VI.—Fuerte (51-100 mm/seg<sup>2</sup>).

Todo el mundo nota con pavor el terremoto, y muchos procuran salir al aire libre; no pocos creen ser derribados.

Los líquidos se agitan fuertemente; los cuadros se desprenden de las paredes; los libros y otros objetos colocados sobre estantes, caen al suelo; en cambio continúan en sus sitios los que se encuentran en paredes recorridas longitudinalmente por la onda sísmica; rómpese bastante vajilla; diversos utensilios que sólidamente se mantenían en posición vertical, así como algunos muebles, salen de su lugar y hasta se tumban; las campanas pequeñas de las capillas y las iglesias, los relojes de las torres suenan.

En los edificios de sólida construcción se advierten finas grietas en el revoque, que tanto en el techo como en las paredes permiten arrancarlo en pequeños trocitos.

En las casas de no muy buena construcción los daños son más considerables; pero nunca llegan a tener graves consecuencias.

Grado VII.—Muy fuerte (101-250 mm/seg<sup>2</sup>).

Se ocasionan perjuicios de importancia por la caída y rotura de diversos objetos muy pesados del menaje de las casas. Suenan las campanas grandes de las torres.

Los ríos, estanques y lagos se encrespan con olas y vuélvense turbios por efecto de la remoción de cieno del fondo. En alguno que otro sitio hay desmoronamiento de las orillas poco consistentes.

En los pozos cambia el nivel de las aguas.

En las casas del tipo de construcción corriente en Europa central experimentan en buen número, y no obstante su sólida construcción, desperfectos notables: producción de ligeras grietas en las paredes, desmenuzamientos del revoque en grandes extensiones; fracturas de los adornos y ladrillos; las tejas se sueltan y deslizan. Las chimeneas se agrietan; caen piedras y placas de las techumbres; las chimeneas ya defectuosas se parten a ras del tejado y causan en éste grandes desperfectos. Caen de lo alto de las torres y de los edificios elevados los ornamentos que estaban mal sujetos.

En las casas de armazón de madera y relleno, los daños que causa el terremoto son más intensos.

Los edificios de mala construcción y los ya caducos experimentan en común serios trastornos. Entre los primeros deben citarse los construídos con adobes, muy frecuentes en América central, y las cabañas de piedras o césped de ciertas regiones sísmicas del norte, como Islandia. Las empalizadas, los cobertizos, las tapias viejas, sobre todo las construídas en seco, y hasta las torres de las iglesias y los minaretes, reciben daños de gran consideración.

En cambio quedan indemnes las construcciones de sólida trabazón ideadas para soportar los efectos de los terremotos como son la mayoría de las casas de piedra o de madera del Japón, y las de este material y de sistema de emparrillado que se edifican en la mayor parte de las regiones tropicales castigadas por los sismos.

Grado VIII.—Ruinoso (251-500 mm/seg<sup>2</sup>).

Los troncos de los árboles, principalmente de las palmeras, oscilan fuertemente y aún llegan a troncharse.

Los muebles más pesados son despedidos a considerable distancia de su posición habitual, o bien se desploman.

Las estatuas próximas al suelo, y esculturas análogas, de las iglesias, cementerios y lugares públicos, giran sobre sus basamentos o caen.

Se desgarran y caen los ornamentos de piedra y sólida construcción.

Las casas de mejor fábrica de tipo europeo sufren serios desperfectos: en sus muros se abren amplias hendiduras, y en las aisladas se cuartea por completo toda la edificación; la mayor parte de las chimeneas se abaten; las construídas de obra, así como las torres de las iglesias, quedan tan resentidas que su fácil derrumbamiento puede causar daños en las casas próximas mucho más intensos que los producidos por el propio terremoto. Las mejores chimeneas de las fábricas se agrietan y corren por la parte superior.

En los edificios de armazón de madera, sale casi todo el relleno.

Las casas ordinarias de madera, como son la mayor parte de las que se construyen en América del Norte, quedan desquiciadas o completamente caídas.

Los edificios de ladrillos construídos ya para resistir los terremotos (Japón, etc.) experimentan ligeros daños, como grietas, desmenuzamiento del revoque, etc. (véase efecto del grado VII en las casas de tipos europeo); los de madera se rompen y saltan por las juntas. Las cercas de empalizada se rompen.

En las pendientes muy fuertes se producen ligeras grietas, y en las zonas muy húmedas del suelo brota agua que contiene pequeñas cantidades de arena o de cieno.

Grado IX.—Destructor (501-1000 mm/seg<sup>2</sup>).

Muchas casas de tipo europeo, de sólida construcción de piedra, sufren daños de tanta consideración que son ya inhabitables; alguna que otra se desploma o derrumba en gran parte.

Las casas de armazón de madera se desprenden de su basamento de mampostería; se desquician, y muchas de las grapas de los bastidores se parten, con lo que casi siempre queda todo el edificio fuertemente resentido.

Las construcciones de piedras hechas ya con miras a los terremotos experimentan graves alteraciones, el basamento de las casas de madera se agrieta y salta por algunos sitios, y las viejas edificaciones de ese tipo se desploman por entero.

Grado X.—Muy destructor (1001-2500 mm/seg<sup>2</sup>).

La mayor parte de las casas de piedra y de armazón de madera son destruídas desde sus cimientos, y los muros más fuertes de ladrillo experimentan grave agrietamiento. Relativamente sufren más daños las casas de tipo europeo que las dispuestas para resistir los efectos de los terremotos.

Las mejores edificaciones y los puentes de madera sufren considerables desperfectos y algunos quedan totalmente destruídos.

Diques, muros de contención, etc., padecen averías en mayor o menor grado.

Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente curvados.

Los tubos de las canalizaciones subterráneas (gas, aguas) se rompen o quedan estirados y retorcidos.

El pavimento de adoquín o de asfalto de las calles se agrieta, y por efecto del empuje y amontonamiento lateral se forman pliegues ondulados.

En el suelo algo incoherente o húmedo se abren hendiduras de varios decímetros de amplitud; especialmente en la proximidad de las corrientes acuosas estas grietas

alcanzan hasta un metro de anchura. En las pendientes abruptas no solamente hay desprendimientos de tierras sueltas, sino que verdaderas masas rocosas caen como aludes hasta el valle. En las orillas de los ríos y en los acantilados marinos se hienden grandes trozos, y en las playas hay transporte y deslizamiento de considerables masas de arena, con lo que varía de modo notable el relieve del suelo.

En los pozos hay modificación del nivel del agua.

En los ríos, canales, lagos, etc., el agua es empujada violentamente contra las orillas.

Grado XI.—Catástrofe (2501-5000 mm/seg<sup>2</sup>).

De todas las edificaciones de mampostería, cualquiera que sea su construcción, nada queda en pie.

De los edificios de madera de mayor solidez, y de los barracones de entramado de gran flexibilidad, sobre todo en las líneas de falla, sólo alguno que otro pueda resistir el terremoto.

Los puentes, por grandes y de segura construcción que sean, quedan destruidos de tal modo, que las pilastras de piedra se parten y las de hierro se retuercen y acodan. Sin embargo de esto, algunos puentes muy flexibles de madera sufren poco por efecto de la conmoción sísmica.

Los diques y muros de contención se desgarran en largas extensiones.

Los rieles de la vía férrea se curvan y amontonan.

Los desperfectos que sufren las vías de comunicación dependen esencialmente de la naturaleza del subsuelo.

Los tubos de las conducciones subterráneas se parten y quedan completamente inservibles.

En el suelo se producen variadísimas e importantes modificaciones morfológicas, como son: anchas grietas, grandes hendiduras y en los suelos muy blandos o ricos en agua, dislocaciones intensas en sentido horizontal y vertical; a todo lo cual hay que añadir la salida de aguas cargadas de arena y cieno, en sus variadas manifestaciones. Son frecuentes los deslizamientos de tierras y aludes de peñascos.

Grado XII.—Gran catástrofe (> 5000 mm/seg<sup>2</sup>).

No queda en pie ni una sola de las obras efectuadas por el hombre.

Los efectos y trastornos del suelo llegan al grado máximo en intensidad y variación: en los suelos de naturaleza más rígida y pétreo se producen completas hendiduras de falla con enorme resalto, traslaciones horizontales y numerosas grietas de cortaduras. Los tornos y peñascos se fracturan; los derrumbamientos de tierras, aludes de piedras y desmoramientos en las orillas de los ríos, lagos, etc., son intensos y generales.

En las aguas subterráneas y superficiales se advierten los más variados efectos: aparición de cataratas, traslación de los lagos, desviación de los ríos, etc.

De acuerdo con esta escala la Comisión ha hecho la clasificación del terremoto en las diversas localidades afectadas; y para independizarse en lo posible de la impresión personal se han hecho estadísticas del grado de destrucción en los edificios

pues en todas las ciudades y pueblos devastados, la edificación es, en su gran mayoría de adobes o ladrillos sin refuerzos, lo que permite una comparación bien fundada.

La destrucción en la ciudad de Chillán se analizó inspeccionando casa por casa y su resultado está indicado en el cuadro I, que en resumen da los siguientes valores:

Casas derrumbadas (con el techo hundido o con murallas en el suelo) 1645, o sea un 47%.

Casas semi-destruidas (con murallas desplomadas o comienzo de derrumbe general) 325, o sea un 9%.

Casas deterioradas (murallas agrietadas u otros desperfectos pero sin comienzo de derrumbe general) 1463, o sea un 41%.

Casas en buen estado 93, o sea un 3%.

En Concepción, Tomé y Penco se estableció la proporción de casas destruidas enteramente llegándose a las siguientes cifras:

	N.º total de casas	Destruí- das	%
Concepción .....	7526	533	7
Penco .....	549	224	41
Tomé .....	823	88	27

En las ciudades de San Carlos y Parral se determinó esta proporción por las longitudes ocupadas en las calles por las casas destruidas, en relación con el total de su longitud. La destrucción se ha redondeado al 10%.

En el cuadro siguiente se anotan los porcentajes de destrucción completa y el grado de la escala de Sieberg que les hemos asignado.

Talcahuano .....	5%	VII
Concepción .....	10%	VII.5
.....	20%	VIII
San Carlos .....	30%	VIII.5
Tomé .....	30%	VIII.5
Penco .....	40%	IX
Parral .....	40%	IX
Cauquenes .....	50%	IX.5
Quirihue .....		.....
Chillán .....	60%	X

Los otros puntos estimados a la simple vista están indicados en el plano anexo.

Con relación a los % de destrucción que se indican más arriba debe tenerse presente que ellos no miden el daño material producido por el terremoto sino que están destinados a evaluar la energía del fenómeno. En efecto, aunque las casas derrumbadas y también las semidestruidas no dejan duda en cuanto a que se ha perdido el 100% de su valor, en cambio las casas deterioradas han experimentado pérdidas enteramente indeterminadas, que pueden variar desde la reparación de pequeños desperfectos como estucos, etc., hasta la pérdida total del edificio cuando las reparaciones sean de tal cuantía que no valga la pena ejecutarlas.

## DESTRUCCION EN LA CIUDAD DE CHILLAN

CUADRO I

	En buen estado		Deterioradas		Semi destruidas		Derrumbadas		Total
	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º
Casas de adobes .....	..	..	764	35	177	8	1,240	59	2,181
Casas de ladrillos .....	..	..	364	43	109	13	371	44	844
Casas de madera .....	4	4	92	88	8	8	..	..	104
Casas con cadena concreto ..	83	53	49	31	8	5	18	11	158
Ranchos de paja .....	..	..	12	80	3	20	..	..	15
Casas hormigón armado .....	4	80	..	..	1	20	..	..	5
Casas de tabique .....	..	..	163	86	16	8	11	6	190
Galpones de madera .....	..	..	3	100	..	..	..	..	3
Galpones de adobe techo liviano .....	..	..	3	100	..	..	..	..	3
Galpones de adobe techo pesado .....	..	..	3	100	..	..	..	..	3
Galpones de ladrillo .....	..	..	4	100	..	..	..	..	4
Iglesias de ladrillo .....	1	9	3	27	3	27	4	37	11
Iglesias de hormigón reforzado ..	1	34	2	66	..	..	..	..	3
Casas ladrillo techo liviano ..	..	..	1	100	..	..	..	..	1
Teatros .....	..	..	..	..	..	..	1	100	1
	93		1,465		325		1,645		3,526

La Comisión ha hecho esfuerzos por determinar indirectamente la aceleración, la amplitud y el período de la onda representativa del temblor, esto es, de aquella onda sinusoidal que habría producido un efecto destructor parecido al que produjeron las variadas ondas y trepidaciones en la zona más afectada por el fenómeno. Hasta ahora no ha sido posible llegar a resultados concluyentes, sin embargo, parece aceptable un valor de la aceleración  $a$  comprendido entre 1 y 2 metros por segundo, una amplitud ( $A$ ) de 4 a 6 cms. y un período ( $T$ ) comprendido entre 1 y 2 segundos.

Conducen a este resultado observaciones como las hechas en el puente Itata en el Roble por ejemplo, cuya estructura es de tal sencillez que permite determinar aproximadamente las características de algunas componentes. Así por ejemplo: la producción de grietas en los cabezales de las cepas debido a la tensión diagonal de acuerdo con el cálculo usual de resistencia indican que la aceleración horizontal en sentido transversal al puente ha sido a lo menos de  $1.72 \text{ m/seg}^2$ , para las ondas principales. Además, la excesiva amplitud que tuvieron las oscilaciones horizontales de esta parte de la obra, según su eje longitudinal, y que ocasionó la acción de ariete de la superestructura en el estribo poniente, indica la presencia de ondas principales de igual período de vibración que la estructura. Como este es de 1.70 segundos aproximadamente

según se determinó analíticamente se deduce que se debe contar con que hubo ondas principales del temblor que tuvieron 1,7 segundos de período. Es lo más probable que la máxima aceleración de las ondas principales no haya coincidido con éste período de 1.7 segundos sino que sea inferior, por cuyo motivo no pueden relacionarse ambos valores. Por otra parte, de los desplazamientos observados en las planchas de apoyo del puente Ñuble en Cocharcas no parece exagerado admitir amplitudes del movimiento hasta de 6 cm. Una comprobación de la existencia de ondas principales de 1,7 segundos de período la constituye el hecho observado en Santiago de una lámpara de colgar con este período propio, que osciló con amplitud hasta de 15 cms. durante la segunda parte del temblor, en tanto que la amplitud máxima de las ondas, medida en el Observatorio Sismológico, del cerro Santa Lucía sólo alcanzó a 12 mms. La Comisión considera suficiente como base de cálculo de las futuras construcciones la onda representativa del terremoto de Chillán, ya que éste alcanzó al grado X de la escala de Sieberg, que ha sido muy raras veces sobrepasado. Además un exceso de seguridad podría ser muy gravoso para la construcción. Por otra parte tanto la aceleración, como la amplitud y el período de la onda representativa aquí recomendada concuerdan con valores obtenidos en algunos terremotos importantes como el de San Francisco en 1906 y otros más recientes en el Japón.

*c) Constitución geológica de la zona afectada por el terremoto*

La zona más afectada por el terremoto del 24 de enero de 1939, se puede estimar que ha sido la abarcada por los paralelos 35° 50' y 37° o sea, entre las latitudes de Linares y Los Angeles. Por el Oeste los efectos destructores llegan hasta la costa y por el Oriente hasta el pie de la cordillera de Los Andes. Por lo tanto se puede considerar que el temblor tuvo los caracteres de terremoto o semiterremoto en un área de más o menos 45,000 kms<sup>2</sup>. Naturalmente que dentro de esta área la intensidad del temblor ha tenido grados muy diversos,

En esta región es posible distinguir tres unidades fisiográficas bien marcadas la cordillera de la Costa, el Valle Central y la Cordillera de Los Andes, que también se diferencian por su constitución geológica, a lo menos en la zona a que nos estamos refiriendo.

La Cordillera de la Costa está formada por una peniplanicie de escasa altura, en la que existen amplias terrazas de denudación, encajadas entre cordones de cerros de formas redondeadas. El límite de la costa por el Poniente lo forma la falla de la Costa, por efecto de la cual la peniplanicie baja rápidamente desde una altura de 260 ms. hasta el nivel del mar. Antepuesta a dicha peniplanicie hay algunas terrazas marinas de poca anchura, formadas por el ascenso del continente ocurrido durante el Cuaternario. Pero la falla de la Costa no se puede considerar como una falla simple, pues hay otras, como la que separa la península de Tumbes de la Isla Quiriquina y ésta del continente.

Hacia el Oriente el descenso de la Cordillera de la Costa es más suave y muchas veces, como ocurre frente a Parral, el límite entre la Cordillera de la Costa y el Valle no es bien nítido, pues engrana la planicie de este último con la planicie de denudación de la primera.

El límite Oriental de la Cordillera de la Costa está constituido por fallas de núm-

bo N. N. E. que han provocado bajadas de la parte ocupada por el valle Central. Por efecto de estas fallas han venido a ponerse en contacto las rocas graníticas de la Cordillera de la Costa con los terrenos sedimentarios del Valle Central.

La edad de las fallas que limitan por el poniente y oriente la Cordillera de la Costa es muy moderna. Brúgen las atribuye al Cuaternario antiguo, posteriores a la primera glaciación. Esta opinión se encuentra confirmada en la región que estamos describiendo por la presencia de sedimentos volcánico-glaciales sobre el suelo de la Cordillera de la Costa. Otro indicio de la edad muy moderna de tales fallas es el efecto que han tenido en la modificación del curso del río Perquilauquén.

Las rocas que componen la Cordillera de la Costa son, en su casi totalidad, dioritas andinas, cuya intrusión tuvo lugar durante el Cretáceo Superior. En regiones restringidas aparecen micacitas y filitas que posiblemente son sedimentos mesozoicos (triásicos?) metamorfoseados por la intrusión de la diorita andina. En Gómero aparecen areniscas, pizarras plartíferas y querafósfros del Triásico Superior. Por el oeste casi nunca llegan las dioritas andinas hasta la costa, porque se interpone una faja de filitas y micacitas o sedimentos del Cretáceo Superior y Terciario. Estos últimos forman el subsuelo de la ciudad de Penco y Tomé. Concepción está edificada sobre las arenas modernas del Río Biobío, que rellenan la depresión existente entre la Península de Tumbes y el cordón granítico del Cerro Caracol con su prolongación septentrional. Las ciudades y pueblos del interior, como Florida y Quirihue, están sobre la diorita andina, que en parte, como ocurre en Cauquenes, aparecen cubiertas por rodados de terrazas de acumulación fluvial.

En todo el sector vecino a la junta de los ríos Ñuble e Itata, lo mismo que en la orilla oriental de la Cordillera, entre Confluencia y San Rosendo, adquieren gran importancia las dunas formadas por las arenas de los ríos que han sido arrastradas por el viento. Sobre estos materiales está edificado el pueblo de Quillón.

El valle Central está limitado hacia el poniente por la falla oriental de la Cordillera de la Costa y hacia el oriente por fallas que corren al pie de la Cordillera de Los Andes. Forman un plano inclinado de poniente a oriente. Entre el borde oriental de este plano y las rocas fundamentales de la Cordillera de Los Andes se interpone una faja de terreno que comienza con colinas de poca elevación y se transforman después en una terraza con inclinación al O., la que asciende gradualmente desde 250 m. hasta 600 m. A este sector se le conoce con el nombre de «La Montaña» y está formado por morreñas glaciales de los ventisqueros que bajaron de la alta Cordillera. A medida que se avanza hacia el Sur el material morrénico aparece ocupando una mayor superficie del Valle Central, de modo que en Pemuco el ancho de la zona correspondiente al verdadero Valle Central está ya muy restringida. Esta distribución podría haber sido ocasionada por el avance, hacia el sur, de un ancho ventisquero que ocupaba todo el valle Central.

El contacto de La Montaña con la Cordillera de Los Andes estaría formado por fallas.

En el límite entre el Valle Central y La Montaña están los pueblos de Pinto y Coihueco. Cercano al límite entre La Montaña y la Cordillera de Los Andes está San Fabián de Alico.

En Panimávida ya no existe La Montaña y el Valle Central está en contacto inmediato con las rocas fundamentales de la Cordillera de Los Andes por una falla

en la que se puede reconocer su talud muy moderno, pues todavía no se han abierto quebradas laterales. Tal falla ha originado las vertientes termales de Panimávida y Quinamávida y posiblemente Catillo, aunque en estas últimas no aparece la falla visible.

En la formación del suelo del Valle Central han intervenido a lo menos dos ciclos de erosión y sedimentación: la glaciación cuaternaria y la sedimentación de los ríos actuales. De ambos es mucho más importante el primero.

Desde Molina hasta el río Diguillín el elemento predominante del subsuelo consiste en arcillas blancas tobíferas con pequeños fragmentos de lavas basálticas. Estas arcillas en algunas partes aparecen extratificadas, alternándose con areniscas conglomeráticas gruesas. Tales materiales son, evidentemente, en su gran mayoría de origen volcánico, depositados en lagos estancados por las morreñas terminales de la penúltima glaciación, las que pueden haberse encontrado en la Cordillera de la Costa o en el Valle Central. La base sobre la cual descansan dichos sedimentos debe estar constituida probablemente por morreños.

Este material arcilloso ha sido atravesado por ríos y esteros de la época postglacial que depositaron conglomerados con muchos rodados subangulares de cantos poco redondeados y tamaño bastante diferente.

El terreno formado por las arcillas y rodados ha sufrido una denudación más o menos intensa, presentándose con ondulaciones, a veces bastante pronunciadas, especialmente en la parte situada al sur y poniente de Chillán, donde los conglomerados adquieren mayor importancia. Entre los rodados abundan algunos constituídos por lavas andesíticas muy porosas, generalmente bastante descompuestas.

Los ríos actuales abrieron sus valles en los sedimentos mencionados más arriba. En general dichos ríos van excavando su ladera sur y depositando los rodados hacia el norte, de modo que la barranca izquierda está cortada en sedimentos antiguos.

Los terrenos que constituyen el Valle Central están dislocados por fallas como puede verse en un corte del camino de Chillán a Bulnes, 8 kms. al Norte de esta última ciudad. La falla tiene aquí N. 50 E. y 40° de inclinación al S. E. El salto aunque no se puede medir debe ser de importancia por las alteraciones que se produjeron en el arreglo de las capas. Esta es la única falla que hemos observado pero pueden existir muchas que no aparezcan visibles por la falta de afloramiento y de cortes profundos.

Por el estudio de los terrenos colindantes con la ciudad de Chillán se puede deducir que en el subsuelo de ella participan cuatro elementos:

a) Arcillas tobíferas glaciolacustres que a veces llevan intercalaciones de areniscas gruesas conglomeráticas y de tobas volcánicas. Parecen ser bastantes aptas para la propagación de las ondas sísmicas.

b) Rodados glaciofluviales producidos por la destrucción de materiales morrénicos. El cemento es bastante arcilloso y los rodados están muy descompuestos a un material arcilloso en la cercanía a la superficie, de modo que su plasticidad se asemeja a la de las arcillas, pero en mucho menor grado. El espesor de estas capas debe ser muy variable, tanto por la mayor o menor importancia de los cursos de agua que los depositaron como por el grado de erosión que han sufrido, de modo que a veces pueden tener espesores considerables y otras formar solamente capitas delgadas.

c) Rodados de los ríos actuales. En ellos la proporción de rodados es muy alta en comparación con el cemento arenoso y consisten generalmente en grano-dioritas y

porfiritas muy frescas. Como las piedras están tocándose unas con otras y muy bien acomodadas por las corrientes, es un material que presenta mucha inercia a los movimientos sísmicos, lo que está demostrado por el hecho que casi la totalidad de las casas fundadas sobre estos materiales han sufrido muy poco con el terremoto. Tales rodados provienen seguramente de la inundaciones del estero Las Toscas y quizás también del Río Chillán.

Pero dentro de la ciudad de Chillán su espesor es pequeño, de modo que en lugar de producir una acción benéfica respecto al comportamiento sísmico, desmejora más aún la calidad del subsuelo arcilloso, según lo establecido por Sieberg.

d) Tierra vegetal originada por la mezcla de las arcillas sueltas provenientes de la desintegración de los suelos del tipo a) y b) con la materia orgánica de la descomposición de bosques que poblaban antes la región. Es un material errático y de muy poca consistencia.

Las otras ciudades del Valle Longitudinal como Bulnes, San Carlos, Parral, están edificadas sobre terrenos análogos a los de Chillán, es decir arcillas tobíferas y areniscas, a veces con capas eventuales de ripio fluvial.

De esta corta descripción se deduce que el suelo sobre el cual estaban edificadas las ciudades y pueblos destruidos es diferente, pudiendo clasificarse del modo siguiente: Arcillas y areniscas glaciolacustres, tobíferas, a veces con algo de rodados glaciofluviales: Chillán, Bulnes, San Carlos, Parral, Pinto, Coihueco.

Dioritas andinas con fuerte descomposición superficial: Florida, Quirihue

Conglomerados muy cementados en arcilla: Cauquenes.

Areniscas cretáceas y terciarias bien cementadas: Penco y Tomé.

Filitas y micacitas: Cobquecura.

Arenas fluviales modernas, casi enteramente sueltas: Concepción.

Dunas: Quillón.

De los efectos producidos por el terremoto se deduce que no hay una relación bien visible entre la calidad del terreno y la destrucción ocasionada. Naturalmente que no puede darse a esta conclusión un valor absoluto por la heterogeneidad de los materiales que constituyen el subsuelo del Valle Central, la que debe traducirse en diferencias de los períodos propios de vibración de los terrenos de sectores bastante vecinos, lo que podría explicar el diverso grado de destrucción en manzanas contiguas. Pero si abarcamos el conjunto de la zona devastada se ve que la diferencia en la destrucción se debe no bien a factores sísmicos distintos de los petrográficos. Los únicos terrenos donde se puede observar una menor destrucción bien evidente son los constituidos por rodados de los ríos actuales, pero abarcan poca extensión.

Otro punto interesante de considerar es la influencia que han tenido las fallas que separan las tres estructuras en la repartición de las intensidades. Del plano en que se indican los grados alcanzados por el movimiento sísmico se deduce que no existe ninguna relación visible, ni para acentuar el movimiento como tampoco para amortiguarlo. Un ejemplo bien típico es el del puente del río Perquilauquén por donde pasa el ferrocarril de Parral a Cauquenes que a pesar de estar ubicado sobre la falla oriental de la cordillera de la Costa no sufrió perjuicios de consideración.

El terremoto no ha producido efectos geológicos perceptibles a la simple vista, salvo en las vegas de los ríos, donde se han abierto grietas marginales, que en el caso del Río Itata llegan a varios cientos de metros de longitud. En estas grietas aparecen

desplazamientos verticales hasta de 4 m., pero ellos no afectan a las rocas primitivas que bordean el valle.

Un fenómeno más interesante es la deformación de la superficie terrestre acusada por la repetición de dos tramos de la nivelación de precisión del Instituto Geográfico Militar, cuya copia se acompaña. De ella se deduce que el sector comprendido entre Talcahuano y Concepción ha descendido, en cambio la región situada entre Concepción y Chillán ha ascendido. La diferencia de cota en Chillán Viejo llega a 206,826 cms. La mayor diferencia parcial constatada aparece en el tramo comprendido entre el comienzo del camino de Concepción a Chillán y un punto situado en este camino, 4 kms. al oriente del anterior. Esta diferencia es 1.60 m.; pero es preciso tomar en consideración que el punto inicial está sobre los sedimentos del río Andalién y el final en un portezuelo de rocas graníticas. En todo este tramo no se observan grietas de importancia que pudieran hacer pensar en desplazamientos verticales concentrados.

Los dos tramos repetidos atraviesan la falla limítrofe de la Cordillera de la Costa y Valle Central sin que se observen en ella desplazamientos de importancia, lo que viene a comprobar que tales fallas no han desempeñado ningún rol en este fenómeno sísmico.

*d) Descripción de los diferentes tipos de construcción que había en la zona afectada*

Los edificios de la zona afectada podrían clasificarse como sigue:

1) Casas de adobe con techo de tejas. Estas casas son casi siempre de un piso y tienen murallas exteriores de 0.60 m. o más, y murallas interiores de igual o menores dimensiones o bien de tabiques de madera con listoneado embarrado o con adobes parados. Estas casas están hechas sin trabazón especial entre murallas y tabiques o techumbres. Los cimientos son, con frecuencia, hechos de piedra pegada con barro o de ladrillos pegados en igual forma.

2) Casas como las descritas en el N.º 1 pero con techo liviano ya sea de fierro galvanizado o de tejuela de madera.

3) Casas de albañilería de ladrillo sin reforzar y sin cadenas ni pilares de hormigón armado, con techo de tejas. Los muros exteriores son de 0.30 a 0.40 m. de espesor.

Los muros interiores son en general más delgados y a veces son tabiques formados por pies derechos de madera con relleno de adobe parado.

4) Casas como las del N.º 3, pero con techo liviano de fierro galvanizado o de tejuelas. En este tipo de construcción se encuentran a menudo edificios importantes de dos y tres pisos como Bancos, Intendencias, Liceos, etc.

5) Casas de madera con techo de fierro galvanizado o tejuela de madera.

6) Ranchos de paja totora u otro material similar.

7) Edificios de albañilería de ladrillo con cadenas y pilares de hormigón armado, con suelos de envigado de madera o losa de hormigón armado cuando tienen más de un piso.

8) Edificios enteros de hormigón armado.

9) Edificios con esqueleto metálico.

10) Edificios formados por pies derechos de madera con relleno de adobe parado o listoneado embarrado.

- 11) Galpones de madera con techo liviano.
- 12) Galpones de adobes.
- 13) Galpones de ladrillo sin reforzar.
- 14) Galpones de fierro.
- 15) Iglesias de ladrillo con o sin refuerzos.
- 16) Iglesias de hormigón reforzado.
- 17) Otros tipos de construcción como estanques, puentes, chimeneas, etc.

e) *Compartimento de las construcciones*

1) *Casas de adobes con techo de teja*.—Estas casas se han caído o inutilizado en un 67%, donde el temblor tuvo grado X. El resto quedó apreciablemente averiado. El mayor número de víctimas se produjo en ellas. Un breve análisis matemático demuestra que no pueden resistir un temblor del grado IX o superior. En efecto, admitiendo la aceleración sísmica de 1/10 de la gravedad en una casa formada por dos filas de piezas de 4,50 m. de ancho cada una y de 4,50 m. de altura (Caso corriente de las construcciones de la zona) y asignándole 200 kilos por metro cuadrado como peso del techo, la fatiga de compresión al pie del muro, si este tiene 0,60 m. de espesor, sobrepasan largamente la fatiga admisible para los adobes. (La fatiga admisible usual es de 2 kilos/cm. cuadrado). No es de extrañarse entonces que la casi totalidad de los muros de adobe que quedaron en pie dentro de la zona del terremoto estén dañados en la base y por consiguiente, en muy malas condiciones para resistir un nuevo movimiento. La unión de los muros longitudinales con los transversales tampoco ha probado ofrecer mayor resistencia a los temblores. Especialmente en las esquinas hay grandes grietas que revelan la débil resistencia del adobe a la tracción. Finalmente la tensión diagonal desarrollada en los muros sacudidos según su eje longitudinal ocasiona grietas cruzadas diagonales que de nuevo acusan la debilidad del material para resistir esfuerzos de tracción. El techo de estas casas, mal trabado a los muros, en vez de servir de contraviento comprometió más su estabilidad por efecto de su masa. El único elemento favorable fueron los corredores que a menudo impidieron el derrumbe y salvaron muchas vidas.

2) *Casas de adobes con techo liviano*.—Estas casas han resistido un poco mejor que las anteriores; sin embargo, la ventaja del menor peso del techo no debe considerarse como decisiva, porque no es el peso del techo sino el del muro lo que produce mayor momento de volcamiento. Para convencerse de esto basta recordar que los muros de adobes se han caído con frecuencia en las partes de edificio en que nada gravitaba sobre ellos. El cálculo de acción sísmica, hecho como en el caso anterior, conduce también a esa conclusión.

3) *Casas de albañilería de ladrillo con techo de teja, sin cadenas ni pilares de hormigón armado*.—Estas casas han corrido una suerte parecida a la que corrieron las de adobe. El 57% ha quedado inutilizado o en el suelo donde el temblor alcanzó el grado X. Muchas víctimas hubo también en estos edificios. En realidad, la ventaja de la mayor resistencia del ladrillo sobre el adobe se pierde por la disminución de espesor de los muros, por la mayor fragilidad del material y por su mayor densidad.

4) *Casas de albañilería de ladrillos con techo liviano*.—Tampoco han probado ser

antisísmicas estas construcciones. Como en las casas de adobe no debe atribuirse una influencia exagerada al peso de la techumbre.

5) *Casas de madera.*—De estas casas sólo el 8% fué inutilizado y nada se derrumbó donde el temblor tuvo grado X. Se puede considerar, en consecuencia, que se trata de un tipo de construcción de buena condiciones antisísmicas.

6) *Ranchos de paja, totora u otro material similar.*—Aunque la estadística es incompleta puede decirse que estas habitaciones sólo han sufrido daños de consideración cuando contenían una abundante proporción de barro.

7) *Edificios de albañilería de ladrillo con cadenas y pilares de hormigón armado.*—De estos edificios se inutilizó el 16% donde el terremoto tuvo grado X. Dentro de ese 16% hay muchos que aunque tenían cadenas y pilares de hormigón armado no deben ser clasificados dentro de la categoría porque no había trabazón suficiente para realizar la idea de estructura celular que lleva envuelta el sistema. También hay dentro de ese 16% casos de mala confección debido al limitado conocimiento que aun se tiene del papel de las cadenas y los pilares. Si se deducen estos casos se llegaría a un porcentaje muy bajo de destrucción, lo que permite afirmar que se trata de un sistema recomendable. Los deterioros de menor importancia más frecuentes han sido la separación del relleno de ladrillo en su unión con los pilares y cadenas. También se han desprendido a menudo los antetechos y los trozos de murallas que quedaban por encima de la cadera superior. Con frecuencia se observó en las cadenas que la continuidad de las armaduras estaba interrumpida en las esquinas lo que originó muchas destrucciones.

8) *Edificios de hormigón armado.*—Son, sin duda, los que mejor han resistido los efectos del terremoto. Sin embargo, algunos se han derrumbado enteramente. De la observación de estos derrumbes se ha podido establecer que la causa principal es la falta de concepción antisísmica de la estructura, en especial la tendencia a sustentar losas de hormigón armado mediante pilares del mismo material sin la presencia de muros rígidos que eviten la resonancia. A parte de este defecto se ha observado en algunos casos de destrucción que había mala confección de la obra y aun fundaciones deficientes.

9) *Edificios con esqueleto metálico.*—De estos edificios sólo se consideró el caso de la casa Gildemeister en Concepción. Es difícil establecer hasta donde la destrucción de este gran edificio se debió al temblor y hasta donde al incendio que lo consumió durante los dos días que siguieron al fenómeno. Es evidente, no obstante, que si se hubieran dispuesto los entresijos en forma de losas de hormigón armado, como lo exige la Ordenanza, en vez de hacerlo con envigado de madera, no habría habido una tan destructora acción del incendio y la del temblor podría haberse reducido considerablemente. En consecuencia, este caso no puede demostrar otra cosa que el grave inconveniente que tienen los entramados de madera en estos edificios.

10) *Edificios con muros formados por pies derechos de madera con relleno de adobe parado o listoneado embarrado.*—Donde el terremoto tuvo grado X se destruyó solamente un 14% de estas construcciones. Aun dentro de este porcentaje deben descontarse los casos en que la caída de los muros vecinos, de adobes o de ladrillos fué la causa de la destrucción. La resistencia sísmica de esta clase de construcciones queda también explicada por el cálculo. En efecto, la elasticidad de los pies derechos de madera que sostienen el techo es suficiente para absorber la mayor parte de las vibraciones prin-

cipales horizontales del temblor si estas se mantienen dentro de una magnitud no mayor de 4 a 6 cms. Los daños más frecuentes sufridos por estas casas han sido saltaduras de revoque y desprendimientos de partes sueltas del edificio. En suma, se trata de un tipo de edificio recomendable contra terremotos.

11) *Galpones de madera con techo liviano.*—Estos galpones han resistido bien los efectos del temblor. El mercado de Cauquenes, los galpones del Departamento de Caminos en Chillán y numerosos otros casos lo demuestran. Se puede decir de estos galpones lo mismo que de los edificios formados por muros con pies derechos de madera: la elasticidad de los pilares absorbe las vibraciones de las ondas horizontales y evita así que se desarrollen esfuerzos de inercia peligrosos.

12) *Galpones de adobe.*—Estos galpones sufrieron apreciables daños. Hubo, sin embargo, casos en que su estabilidad general no fué seriamente comprometida. Esto podría atribuirse a veces a la acción estabilizadora de los corredores exteriores. En otros casos parece más bien que debe atribuirse esta resistencia a la relativa elasticidad de los altos muros de adobe. En efecto, dicha elasticidad amortigua la intensidad con que es sacudido el techo. Este se mantiene entonces en buen estado y se conserva igualmente bien su apoyo en los muros. Ahora bien, el muro, ligado a un techo aproximadamente estable, tiene menos tendencia al volcamiento, aunque se produzcan en él pequeñas grietas. En realidad la elasticidad de los muros de adobe no puede ser definida, y es sin duda limitada, pero debe reconocerse que si se acepta la formación de pequeñas grietas se podrían también producir deformaciones en el muro que equivalen, para este efecto, a una elasticidad. Una última causa de la resistencia manifestada por algunos de estos galpones podría ser que se hallaran en terrenos que por sus características (período propio de vibración, grado de desagregación, etc.) vibraron menos.

13) *Galpones de ladrillo.*—Se comportaron en forma parecida a los de adobe.

14) *Galpones de fierro.*—Estos galpones tienen algo de las características de los galpones de madera, y demostraron como ellos, muy buenas condiciones de asismicidad. En el Apostadero Naval de Talcahuano pudo observarse que un galpón de este tipo resistió aún la acción de ondas gravíficas. Otro galpón en el mismo sitio resistió un apreciable asentamiento del terreno de fundación.

15) *Iglesias de ladrillo.*—Estas iglesias se cayeron en gran proporción donde el terremoto tuvo grado igual o superior al IX. En Chillán 7 iglesias en un total de 11 quedaron enteramente en el suelo o destruidas y el resto sufrió considerables daños. Aun donde el terremoto fué del grado VII.5 como en Concepción las iglesias de este tipo o se han derrumbado o han sufrido muchos perjuicios.

16) *Iglesias de hormigón reforzado.*—De estas iglesias, la Comisión sólo tuvo oportunidad de estudiar la de San Francisco en Chillán. Los refuerzos eran de acero perfilado y el hormigón de buena calidad. Aunque la estabilidad general de la construcción no sufrió seriamente, hubo un comienzo de ruptura en los arcos de la nave lateral. Parece que el acero perfilado no se comporta satisfactoriamente como refuerzo.

17) *Otros tipos de construcciones como estanques, puentes, etc.*—En estas construcciones hubo experiencia en puentes metálicos, de hormigón armado, madera y albañilería; en estanques de hormigón armado; en chimeneas de este material y de albañilería de ladrillo; en silos, etc. El examen detenido de estas obras habría ocupado un tiempo excesivo que no se creyó oportuno distraer en atención a que se trata de obras

cuyos proyectos y construcción están en manos de técnicos experimentados. Dentro del limitado estudio que fué posible hacer la Comisión pudo establecer, no obstante, que la experiencia comprueba la validez de los procedimientos usuales de cálculo (Teoría de las vibraciones). En efecto, las construcciones rígidas como los puentes de reducida altura, (Puente carretero sobre el río Ñuble en Cocharca, extremo poniente del puente carretero sobre el río Itata en El Roble en sentido horizontal, silo de la Sociedad Ñuble y Ripanco en Chillán), que tenían períodos propios de vibración inferiores a  $\frac{1}{2}$  segundo y que eran débiles para resistir una aceleración horizontal superior a 1,50 m/segundo/segundo se destruyeron o sufrieron considerables perjuicios. Otras construcciones igualmente rígidas como el puente carretero sobre el río Perquilauquén en el camino longitudinal y el puente carretero sobre el río Gato en Rinconada, aptos para resistir una aceleración horizontal hasta de 3 ó 4 m/segundo/segundo no sufrieron daños dignos de mención. Ahora bien, construcciones elásticas como el estanque elevado del agua potable de Bulnes, el estanque elevado del agua potable de Cauquenes, el puente carretero sobre el río Itata en Ñipas, cuyo período propio de vibración eran superiores a dos segundos y cuyos elementos elásticos eran aptos para deformarse en 4 a 6 cms. sin destruirse, resistieron perfectamente el terremoto a pesar de que no habrían sido capaces de resistir una aceleración horizontal superior a 1.5 m/seg./seg. En el puente Itata en Ñipas hubo un gravísimo accidente en el extremo sur debido a que se produjo una falla del terreno en el sitio en que se hallaba uno de los machones del puente, pero esto no guarda relación con lo anteriormente dicho. Finalmente las construcciones cuyo período estaba comprendido entre uno y dos segundos, como los tramos del extremo poniente del puente Itata en El Roble en sentido longitudinal (1.70 seg.) o el taller de hilandería de la Fábrica de Paños de Tomé (1.05 seg.) resonaron con las ondas principales del temblor, produciéndose en el primer caso el choque de las vigas maestras con los estribos y derrumbándose enteramente el taller en el segundo caso. Las altas y esbeltas chimeneas de fábricas en Concepción resistieron en general bien a la acción del temblor debido a su período propio de vibración considerable en combinación con una elasticidad suficiente. Los puentes de acero o madera se comportaron con frecuencia como elementos elásticos y sufrieron poco o nada. Sin embargo, parece que hubo en algunos de ellos un comienzo de resonancia con las ondas horizontales transversales a su eje en vista de que se rompieron apoyos que habrían resistido aceleraciones de varios metros/seg/seg. (por ejemplo puente ferroviario sobre el río Chillán en el longitudinal).

(Continuará).

