

363.10983

S 53 em

1978

ONE 0441

NE 361

CH-04

SEMINARIO INTERNACIONAL

"PREPARACION PARA ATENCION DE CATASTROFES"

SIPAC'78

MICRO-ZONIFICACION SISMICA PARA EL TERRITORIO
NACIONAL

Autor: Señor Julio Ibáñez Valenzuela,
Profesor de Seminario de Estabilidad de las Construcciones
en Universidad de Chile.

Organizado por:
Oficina Nacional de Emergencia
Ministerio del Interior
Santiago - CHILE

PREPARACION PARA ATENCION DE CATASTROFES

Micro-zonificación sísmica para el Territorio Nacional

por Julio Ibañez Valenzuela

Sinópsis

Se hace notar la existencia de diferentes micro-zonas sísmicas dentro del radio urbano de las ciudades chilenas, y el grado en que esas micro-zonas hacen cambiar el riesgo sísmico de las construcciones. Se hace ver la diferencia de daños sufridos en algunas ciudades durante terremotos destructores. Se busca una explicación del fenómeno a través de la microgeología. Se cita micro-zonificaciones llevadas a cabo en otros países. Se indican algunos procedimientos usados para la micro-zonificación. Se hace una apreciación de la extensión de las áreas urbanas de las ciudades chilenas y una estimación del número de estaciones registradoras de la intensidad de los sismos que se requeriría razonablemente. Se hace una estimación del costo que esto significaría, de acuerdo con el tipo de estaciones registradoras que se elija. Se hace una estimación de la economía que la micro-zonificación significaría en la edificación, en todo el país al conciliar las precauciones antisísmicas con el riesgo sísmico de cada micro-zona. Se hace una estimación del tiempo que requiere un plan de micro-zonificación como el propuesto, para dar indicaciones de razonable confiabilidad.

Profesor de Seminario de Estabilidad de las Construcciones
en la Universidad de Chile.

Micro-zonas Sísmicas:- Dentro del radio urbano de las ciudades existen diferentes zonas sísmicas, en que el grado de riesgo sísmico es muy diferente. El ejemplo mas destacado de ésto se produjo en Valparaíso durante el terremoto del 6 de Agosto de 1906. En esa ocasión el extenso barrio de El Almendral sufrió una gran destrucción, en que 10 000 personas perdieron la vida. En esa misma ocasión el barrio del Puerto casi no sufrió daños ni se produjeron víctimas. Tampoco hubo grandes daños ni pérdidas de vidas en las poblaciones sobre los cerros. Algo semejante, aunque en menor grado se observó en terremotos mas recientes, en esa misma ciudad. Pero no solo en Valparaíso esta diferencia de daños sísmicos se ha hecho notar; en Concepción, en los terremotos de 1939 y 1960 se produjo menor daño en el barrio universitario que en el resto de la ciudad. Ejemplos parecidos se han notado en Santiago, como es el caso del terremoto de 1958, en que el barrio alto, a pesar de su mejor construcción, se llevó la peor parte. Abundando en lo mismo, se puede citar casos como el de Cauquenes en 1939, Illapel y muchos otros. Fuera de Chile son notables algunos ejemplos; En el terremoto de Tokio, el 10. de Setiembre de 1923, toda la parte central de la ciudad, cuyo sub-suelo, de origen aluvial está formado por arcilla blanda, de profundidades comprendidas entre 30 y 50 metros, fué enteramente destruida, con la pérdida de 160 000 vidas; mientras en la periferia de la ciudad, de sub-suelo diluvial, mas alto, los daños fueron notablemente menores. En el terremoto de Caracas, en 1967, el barrio central, en que predominan los edificios modernos, en parte de hormigón armado, fué el que mas sufrió, siendo menores los daños en los barrios periféricos. En el distrito de Totomi, Japón, el Sub-Soil Research Team del Earthquake Research Institute hizo un detallado plano, en que se separan 4 zonas muy definidas, verdaderas curvas de nivel de intensidad sísmica. El mismo Instituto hizo estudios de relación entre daños y condición del sub-suelo en Yokohama, Kawasaki, Nagoya, Ichinomiya, Sakata y Tokio.

Causas probables de las Diferencias Locales de Intensidad Sísmica:- Una explicación de las diferencias locales de intensidad sísmica podría encontrarse en la naturaleza misma del fenómeno sísmico. Si nos atenemos a la teoría llamada "Tectónica de Placas", formulada por el geólogo alemán Alfredo Wegener a principios de este siglo y reconocida durante la última década como la mas aceptable, el origen de

Proceedings of the 2nd. World Conference on Earthquake Engineering (1960).

los terremotos tendría la siguiente explicación: En forma semejante a un líquido contenido en un recipiente calentado por su parte inferior, del interior de la Tierra emergen masas igneas hacia la superficie mas fría, las que romperían y obligarían a la costra sólida, superficial, de la Tierra, esto es, a la litósfera (corteza rocosa) a desplazarse horizontalmente hacia ambos lados de la zona en que está emergiendo el magma igneo. Esto habría dividido la corteza terrestre en numerosas placas, que forman una especie de mosaico de elementos en movimiento. Hasta ahora se admite la existencia de no menos de 15 placas que cubren el planeta. Estas placas se deslizan sobre estratas semi plásticas y, al encontrarse con otras placas que se mueven en sentido contrario, se quiebran en su parte mas debil, quebradura que hace que una placa se monte sobre la otra, formando montañas la de arriba y hundiéndose la de abajo hasta consumirse en el interior, mas caliente, de la Tierra, Fig 1., proceso que sería el que sigue el planeta en su enfriamiento. Al oriente de nuestro país la llamada "Placa Americana", Moviéndose de oriente a poniente, se habría encontrado con la placa del Pacífico, llamada "Nazca", al poniente de Chile, con movimiento de poniente a oriente, montando la primera sobre la segunda y formando así, probablemente, la cordillera de los Andes.

El avance de las placas se estima que es de algunas pulgadas al año. Puede suponerse que en el contacto de ambas placas sólidas se crea tensiones crecientes de rozamiento que, al cabo de algunos años, son vencidos provocándose, bruscamente, el deslizamiento que resultaría ser la causa de un terremoto. Los puntos 1-2-3 y 4 de Fig 1. podrían ser focos de un sismo. La ubicación de estos focos ha servido de clave para formular la teoría de la "Tectónica de Placas". El brusco desplazamiento de las placas provocaría una vibración libre de los depósitos sedimentarios que descansan sobre ellas constituyendo la parte principal del movimiento sísmico de la superficie. A ello se agregaría el movimiento vibratorio irradiado desde el foco del temblor. Si se piensa que los depósitos sedimentarios tienen muchos modos de vibrar, que los desplazamientos de las placas pueden ser varios, que se suceden en forma escalonada y si se suman las vibraciones irradiadas directamente desde el foco sísmico, se puede suponer que el movimiento en un punto de la superficie del suelo será bastante irregular (se ha hablado de movimiento caótico). Pero la teoría no solo explica la naturaleza irregular del movimiento sino que explica también la existencia de diferentes intensidades sísmicas en una misma localidad. En efecto, los depósitos sedimentarios son notablemente variados en su forma y consis-

cía, pudiendo ser inexistentes o estar confinados entre afloramientos de rocas. La amplitud de las vibraciones sísmicas, su período y, en consecuencia, su poder de destrucción tendría así una explicación que la experiencia ha corroborado.

Procedimientos usados para la Micro-Zonificación Sísmica: En Osaka, Japón, se empleó el método, propuesto por el japonés Kanai, de los micro-tremors, vibraciones permanentes de los suelos, detectadas por vibradores ultra sensibles, que permiten encontrar los períodos característicos de los suelos. En California existe una red de acelerógrafos interconectados, al rededor de la falla de San Andrés, que da información precisa de los movimientos sísmicos del suelo en cada zona, instrumentos estos acelerógrafos que miden la aceleración instantanea del suelo, dejándola inscrita en un cilindro inscriptor que es puesto en marcha al iniciarse el temblor mediante un dispositivo que actúa cuando el suelo se mueve con determinada intensidad; el cilindro inscriptor sigue rotando alimentado eléctricamente hasta que el suelo se detiene definitivamente. El registro de aceleraciones (acelerograma) se procesa por computación hasta obtener el "espectro" de aceleración, que es la base para conocer, mediante el cálculo, las fuerzas máximas que el sismo provoca en las construcciones y la posibilidad de calcular la intensidad máxima de los sismos. La alimentación eléctrica permanente y el procesamiento de los registros son las condiciones inherentes al empleo de los acelerógrafos. Una red de estos instrumentos en zonas sísmicas es el mejor procedimiento para establecer una micro-zonificación; desgraciadamente oneroso y exigente en cuanto a su mantenimiento y manejo. Un procedimiento mas económico para obtener este resultado se propuso en las 2as. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, celebradas en Santiago en Julio de 1976. Se presentó ahí un sismógrafo destinado a registrar directamente el espectro de desplazamiento de un terremoto y, deducidos de él, los espectros de aceleración, energía y velocidad. Este sismógrafo, no tan preciso como el acelerógrafo operado eléctricamente, podría ser una solución mas económica para una red de instrumentos registradores en un plan de micro-zonificación. Consta de una serie de vibradores simples, de distintos períodos propios de vibración, que llevan en su extremo libre un brazo que inscribe los desplazamientos en un vidrio ahumado. La traza máxima inscrita resulta ser el desplazamiento espectral y el conjunto de trazas es el "espectro" de desplazamientos, del que se obtiene, por simple multiplicación, el espectro de aceleración o de energía. El area bajo este último mide la intensidad del sismo o, lo que es lo mismo, su poder destructor.

Extensión del Area Urbana de las Ciudades Chilenas cuya micro-zonificación se justificaría en un plan inicial:- En Chile, según el censo de 1970, hay 44 ciudades con mas de 20 000 habitantes. El area urbana de estas ciudades sobrepasa los 1500 Km². Sin embargo, un plan inicial de micro-zonificación podría cubrir no mas de 800 Km². La extensión cubierta por cada estación registradora (acelerógrafo o sismógrafo espectrográfico) depende de la uniformidad del sub-suelo y es, en consecuencia, difícil de determinar. Ateniéndose a las curvas de nivel de intensidad sísmica de los estudio hechos por el Earthquake Research Institute del Japón, la extensión cubierta no podría sobrepasar los cuatro o cinco kilómetros cuadrados. Aceptando esta última cifra el número de estaciones llegaría a 160. Un plan inicial con 100 estaciones permitiría adquirir experiencia en su funcionamiento. Cabe hacer presente que el Departamento de Geofísica de la universidad de Chile tiene instalados en el país varios acelerógrafos y el Departamento de Tecnología de la Facultad de Arquitectura de la misma universidad tiene instalado un sismógrafo espectrométrico en la ex cede de esa Facultad, en Los Cerrillos.

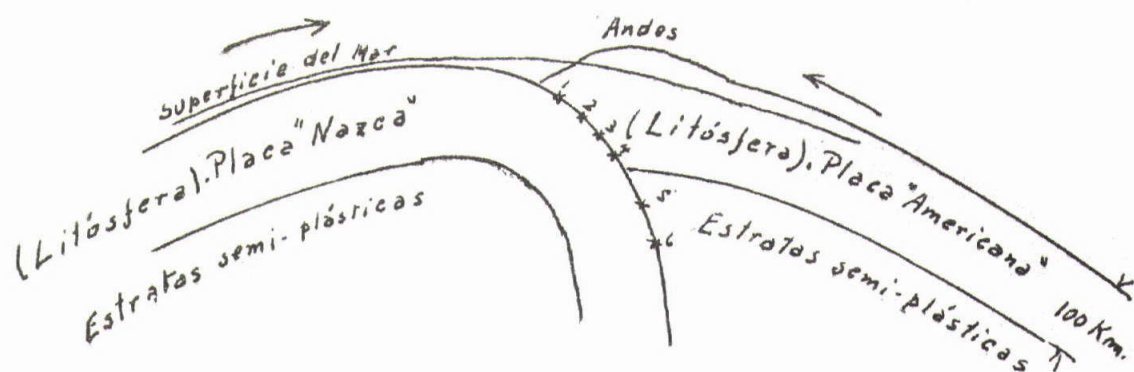
Costo de un Plan Inicial:- Los acelerógrafos norteamericanos comercialmente standard, como el SMA-1 y el RFT-250, por ejemplo, pueden adquirirse en 1500 dolares. Incluyendo la instalación, con equipo eléctrico de emergencia, puede estimarse el costo de cada estación registradora en 2000 dolares. Según tenemos entendido el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile tiene instalados 20 acelerógrafos en estado de prestar servicios. El costo de los 80 restantes sería, en consecuencia, de 160 000 dólares. Habría que agregar a esto los gastos permanentes de inspección y mantenimiento de baterías. Si se prefiriera completar la red con sismógrafos espectrométricos, su costo de fabricación, en el país, puede estimarse en 330 dólares y la instalación otros 70 dólares, en suma 400 dólares por estación, lo que hace un costo total de 32 000 dólares. Gastos permanentes de inspección y mantenimiento en este caso son inexistentes ya que para los fines de una micro-zonificación urbana bastaría con retirar los registros efectuados por los instrumentos después de cada terremoto destructor.

J. Ibañez, " Destructive Power of Earthquakes", Proceedings of the 5th. World Conference on Earthquake Engineering.

Ventajas y Economía que Reporta un Plan de Micro-Zonificación Sísmica Urbana:- La micro-zonificación urbana llevada a cabo ahora no puede dar sus frutos inmediatamente, como se comprende; conocer a través de ella el comportamiento sísmico definitivo de cada zona puede tardar muchos años; pero, si existe la posibilidad, a poco costo, de establecer un sistema que año a año vaya mostrando las características sísmicas de cada porción del área urbana de nuestras ciudades, es obvia la conveniencia de hacerlo.

Supuesto que al año se construyan 2 millones de metros cuadrados de edificios, a un costo medio de 25 dolares el metro cuadrado de obra gruesa, hay 50 millones de dolares de inversión anual donde economizar. Pero no es la economía directa lo que mueve principalmente a desear una buena micro-zonificación urbana en las ciudades chilenas, sino el incremento de la seguridad de las personas y la economía indirecta que esto significa. Se trata nada menos que hacer algo por averiguar cómo se vá a mover el suelo en que vamos a construir nuestra casa.

Fig 1.



Puntos 1-2-3 y 4 son posibles focos sísmicos de grandes terremotos
 " 5 y 6 " " " " " temblores menores.

Sud America estaría sobre la placa "Americana", que avanza hacia occidente.

Centro de la Tierra
 x

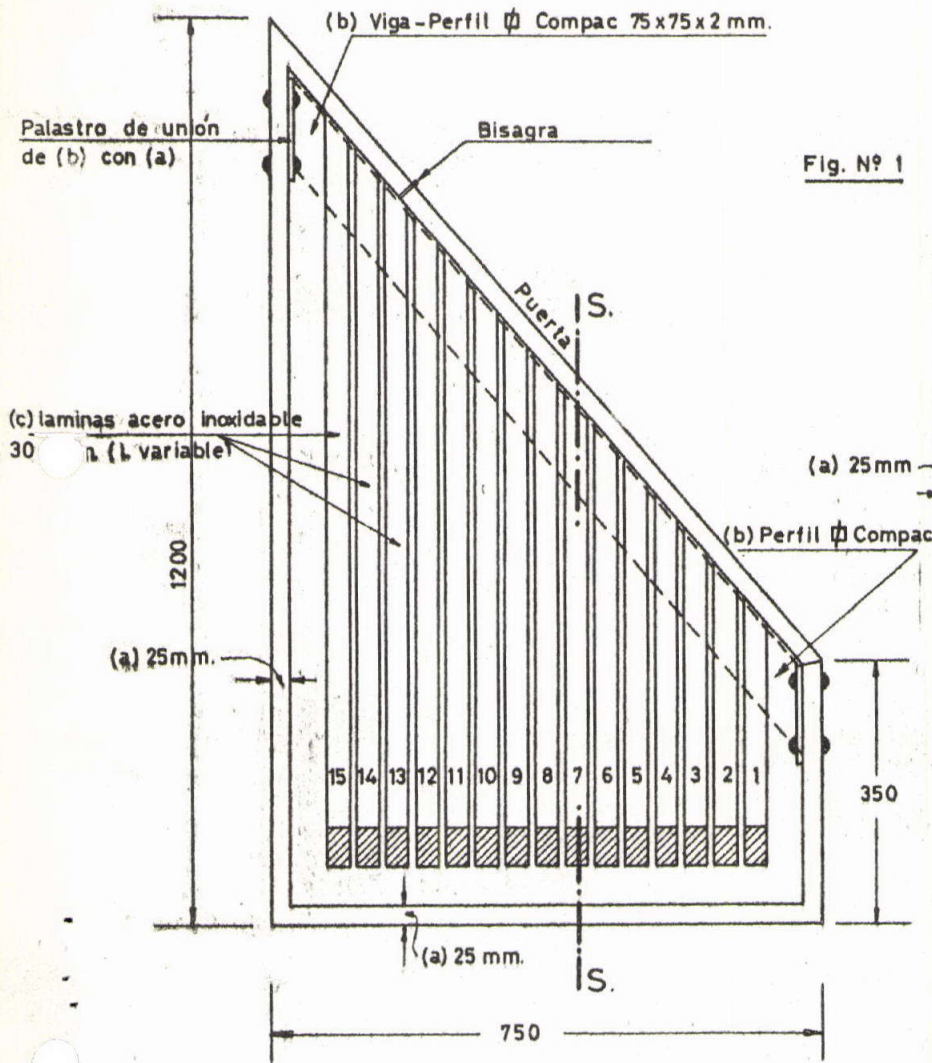
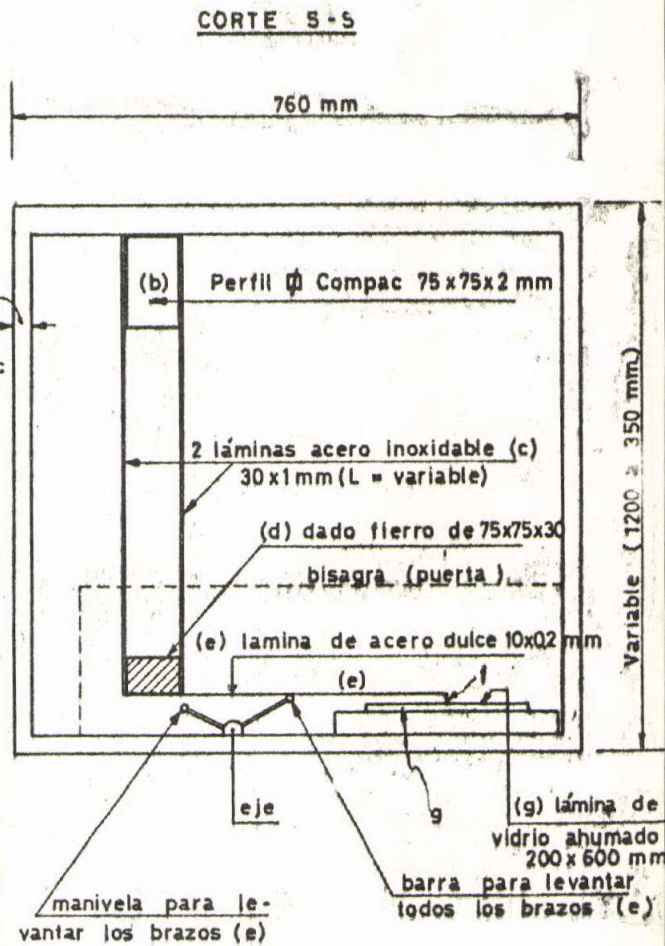


Fig. N° 1

La instalacion consta de dos unidades : N-S. y E-O. Todas las medidas en mm.

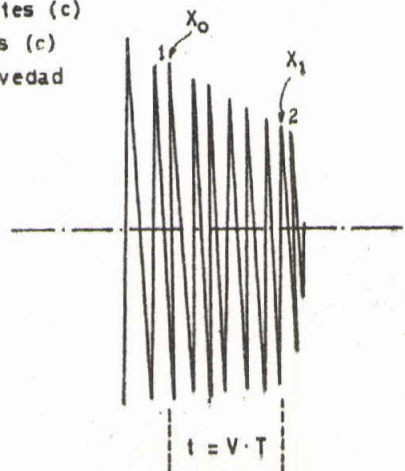


Período propio de los vibradores :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g(1 + \frac{k \cdot l}{w})}}$$

- w peso de la masa
k rigidez de los resortes (c)
l largo de los resortes (c)
g aceleracion de la gravedad

Fig. 3



Nota : las laminas (c) van soldadas al perfil (b) en su extremo superior y a los (d) en el extremo inferior.

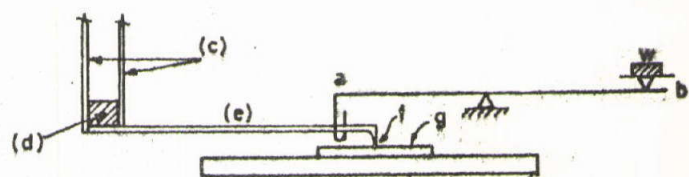


Fig. 2