

363.3495

03ri

1996

c.2



RIESGO SISMICO

CAPACITACION
1996

363.3495

03ri
1996

c.2

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

00142

" Por un Chile Más Seguro en el Siglo XXI "

Oficina Nacional de Emergencia Ministerio del Interior

MODULO DE CAPACITACION RIESGO SISMICO

INTRODUCCION

La gran actividad sísmica que afecta al territorio nacional es consecuencia de su proximidad a la zona de contacto entre dos placas del sistema tectónico global. Frente a la costa chilena la Placa de Nazca se sumerge bajo la Placa Sudamericana. Esta zona de subducción concentra una gran actividad sísmica y da origen al volcanismo superficial cordillerano, haciendo que Chile sea una de las regiones sísmicas más activas del mundo. Debido a esto, es que nuestro país ha sido afectado por grandes terremotos, trayendo como consecuencia pérdidas de vidas humanas y daños materiales, lo que ha afectado considerablemente en la economía del país.

PROPOSITO

Proporcionar conocimientos y metodologías que permitan integrar el riesgo sísmico al proceso de microzonificación.

OBJETIVOS

- A. Identificar los conceptos básicos de sismología y las causas y efectos que originan los sismos.**
- B. Conocer las escalas utilizadas en la medición de sismos para su adecuado uso.**
- C. Formular parámetros descriptivos y sus indicadores para realizar la microzonificación del riesgo sísmico.**
- D. Hacer un mapa de microzonificación del riesgo sísmico.**

CONTENIDOS

A.- CONCEPTOS BASICOS, DEFINICIONES.

* **EVENTO SISMICO O SISMO:** evento físico causado por la liberación repentina de energía debido a una dislocación o desplazamiento en la corteza terrestre; parte de la energía es irradiada en todas direcciones en formas de ondas elásticas u **ondas sísmica**. Es percibido en la superficie como una vibración del terreno, y se le denomina **temblor** cuando es de menor intensidad y no causa daños, y **terremoto** cuando el movimiento es violento y destructivo.

* **FOCO O HIPOCENTRO:** Punto en el interior de la tierra, donde se inicia la fractura o ruptura de rocas, producto de lo cual se libera energía que se propaga mediante ondas sísmicas, en todas direcciones. Se define mediante las coordenadas de **Longitud y Latitud y la Profundidad focal**.

* **EPICENTRO:** Punto sobre la superficie terrestre situado directamente sobre el **foco o hipocentro** de un sismo. Es la proyección vertical del foco sobre la superficie terrestre. Se define mediante las coordenadas de **Longitud y Latitud**.

* **TIEMPO ORIGEN:** Es el instante en que se origina el sismo, comenzando la liberación de la energía. Se expresa en **Hora UTM**.

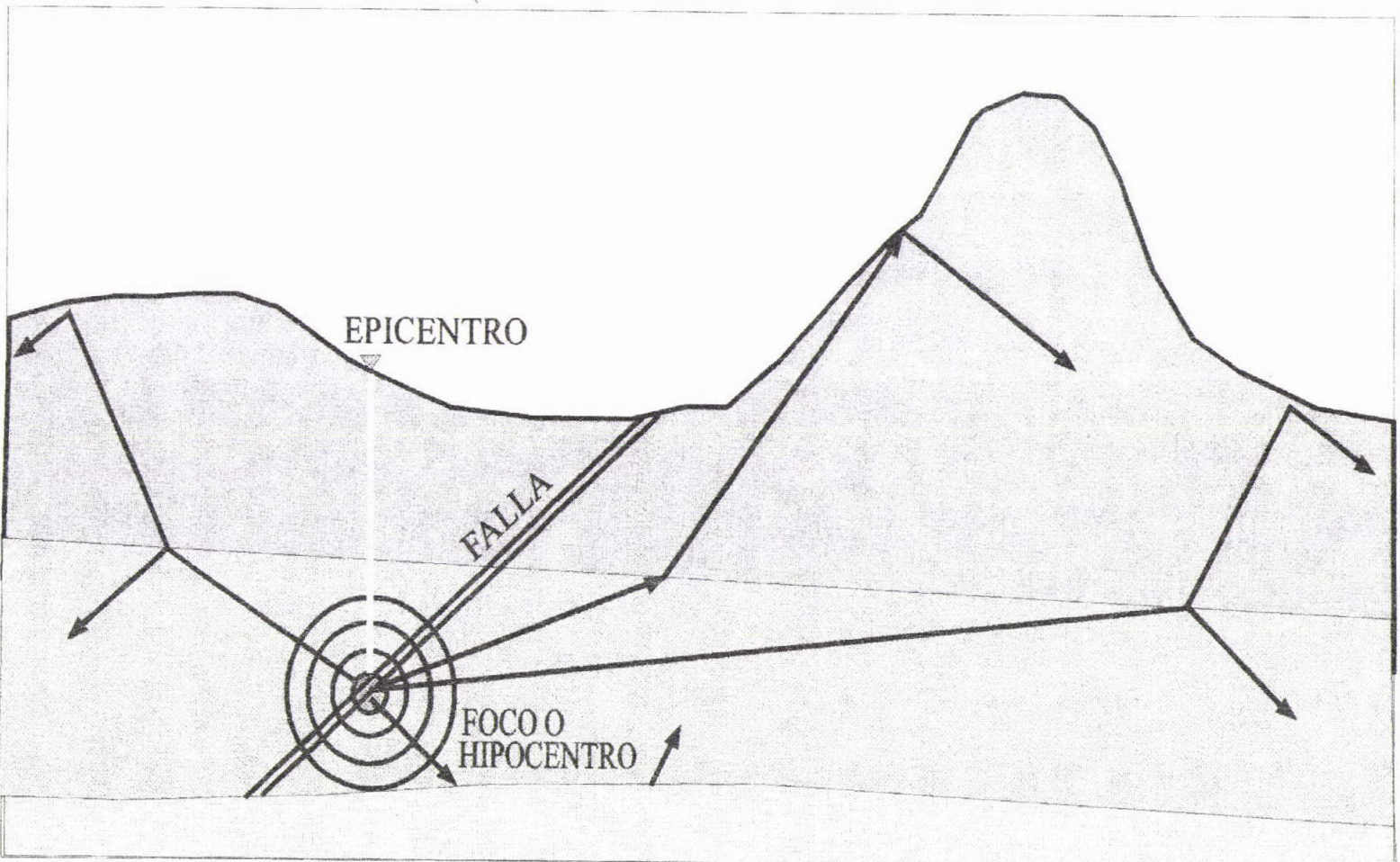
* **PLACA TECTONICA:** Segmento relativamente grande y rígido de la litósfera, que incluye la corteza y la parte superior del manto, que se desplaza sobre la astenósfera, moviéndose en relación a las placas adyacentes.

* **FALLA GEOLOGICA:** Zona de fractura en el material de la corteza a lo largo de la cual dos bloques adyacentes han sufrido una dislocación o un desplazamiento relativo paralelo a la falla; el plano de falla puede ser vertical u oblicuo, y la dislocación total puede ser de centímetros o de metros.

* **MAGNITUD:** medida cuantitativa del tamaño de un sismo en su foco o hipocentro, relacionada con la energía sísmica liberada durante el proceso de ruptura en la falla. Se mide mediante instrumentos, o sea, **es una valorización objetiva e instrumental**. Se calcula a través de la Escala Richter.

* **INTENSIDAD:** medida subjetiva, cualitativa y no instrumental de la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de una zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos en las construcciones, infraestructura, objetos, modificaciones en el paisaje e impacto que provoca en las personas. La intensidad de un sismo se determina de acuerdo a la **Escala Modificada de Mercalli**, y va del grado I hasta el XII.

Medición de los Sismos



La **Intensidad** de un sismo estará dada por los siguiente parámetros:

- * Magnitud
- * Profundidad Focal
- * Tipos de Suelo
- * Tipos de Construcción
- * Topografía Local

B.- CAUSAS QUE ORIGINAN LOS SISMOS:

1. CAUSAS TECTONICAS

El tectonismo principal en la corteza se desarrolla en las zonas cercanas a los límites de las placas litosféricas, y la geología local es afectada por el movimiento relativo y por la interacción entre las misma. Las rocas de la corteza se deforman, se pliegan y se fracturan debido a las fuerzas generadas por el desplazamiento de las placas, fuerzas que someten los estratos rocosos a grandes esfuerzos de tensión y compresión.

2. CAUSAS VOLCANICAS

La sismicidad que tiene lugar en una zona volcánica activa se conoce como **sismicidad volcánica**, aunque no existen criterios precisos que permitan distinguir un terremoto de origen volcánico de otro puramente tectónico. Ellos pueden ser considerados volcánicos cuando en su generación intervienen los siguientes procesos:

- a) Movimiento ascendente del magma y el fracturamiento de la corteza.
- b) Explosiones volcánicas.
- c) Esfuerzos tectónicos compresivos y expansivos, asociados al ciclo eruptivo.

C.- ESCALAS DE MEDICION DE SISMOS

En nuestro país se utilizan dos escalas para la medición de un sismo, estas son las escalas Richter y la Modificada de Mercalli.

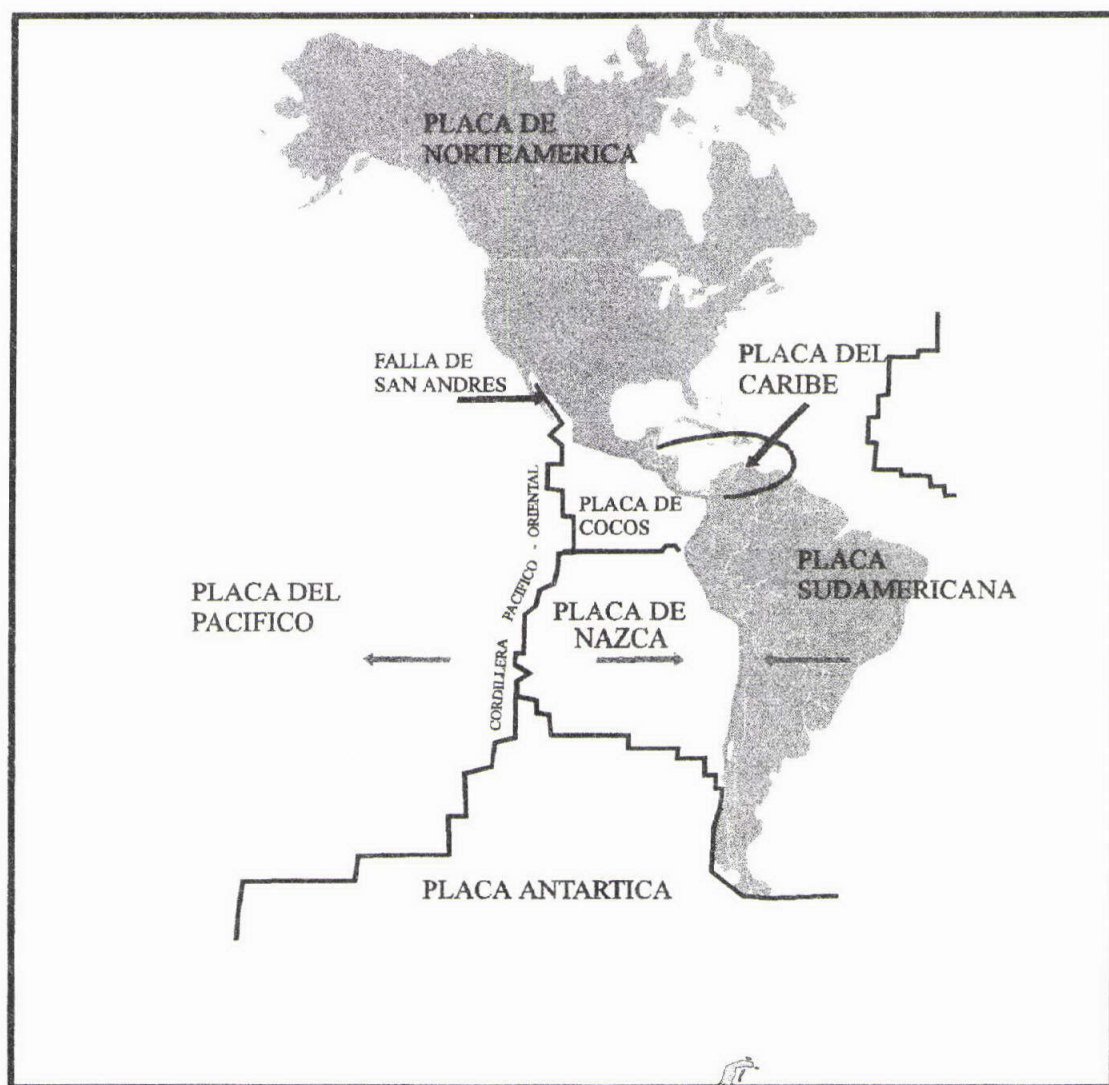
ESCALA RICHTER:

Escala cuantitativa, que mide la magnitud de un sismo. A través de ella se puede calcular la energía elástica liberada en el foco o hipocentro. Esta escala no posee límites superior ni inferior.

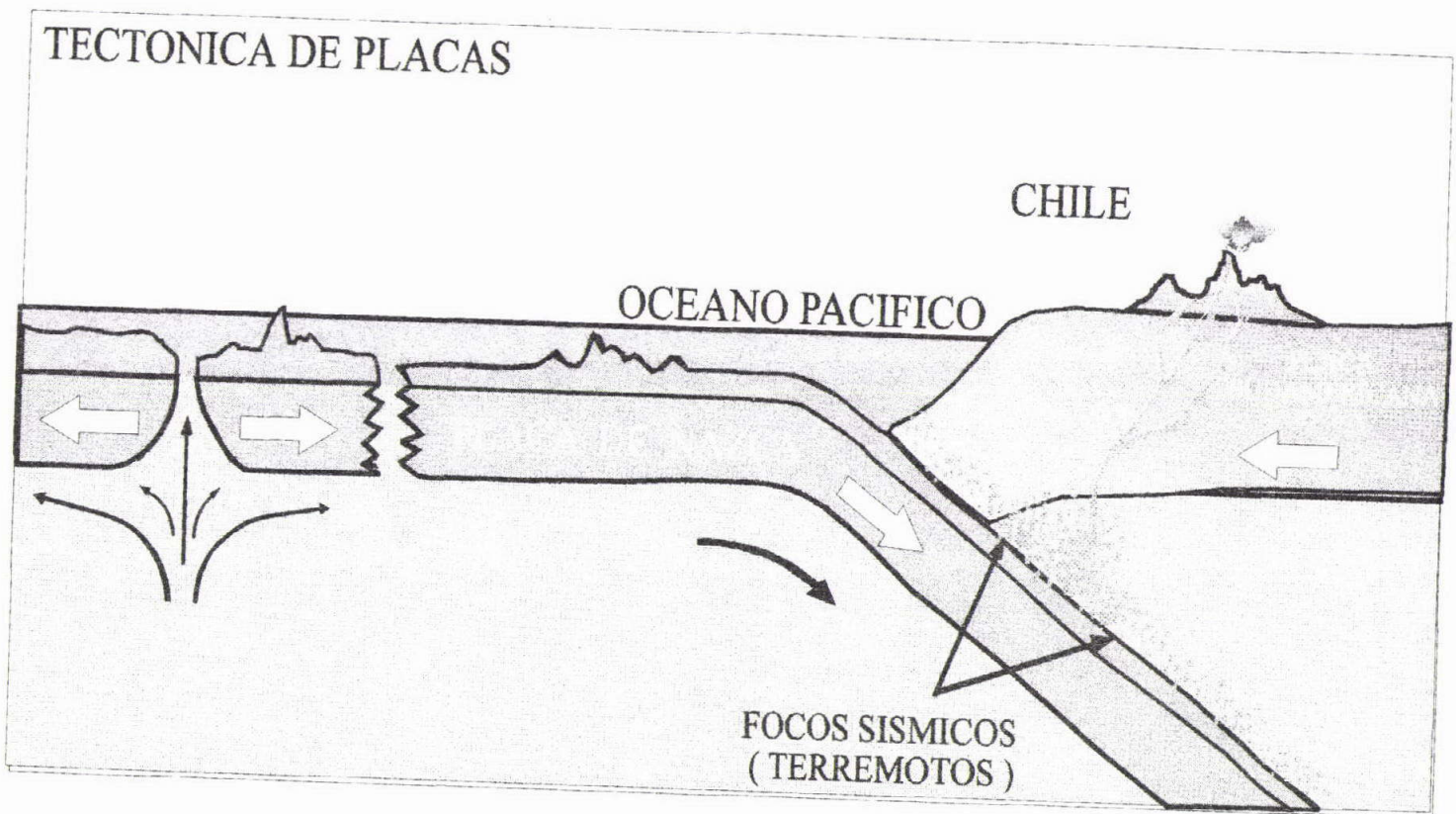
ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI:

Escala cualitativa, mediante la cual se mide la intensidad de un sismo. Constituye la percepción de un observador entrenado para establecer los efectos de un movimiento sísmico en un punto determinado de la Tierra. Esta escala va desde el grado I hasta el XII.

Tectónica de Placas



Causas de los Sismos



D.- CARACTERISTICA SISMICA DE CHILE

Chile es un largo territorio de 4000 kms. de longitud, situado en la orilla suroccidental del continente Sudamericano. Lo anterior lo ubica en la zona de subducción de las Placas Sudamericanas y de Nazca, el cual se ve constantemente expuesto al efecto de sismos (desde Arica a la península de Taitao) y Tsunamis, como lo ha experimentado hasta el día de hoy, siendo la zona Central y Norte del país las más expuestas.

La alta sismicidad de Chile es mundialmente conocida, y la recurrencia histórica de los sismos destructivos también, y se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

SISMOS DESTRUCTIVOS OCURRIDOS DESDE 1900			
UBICACION	FECHA	MAGNITUD (Esc.Richter)	INTENSIDAD (Esc.M.Mercalli)
VALPARAISO	16 AGO 1906	8.4	X - X
COPIAPO	04 DIC 1918	7.6	IX
VALLÉNAR	10 NOV 1922	8.3	VIII - IX
TALCA	01 DIC 1928	8.0	IX
CHILLAN	24 ENE 1939	7.8	X - XI
ILLAPEL	06 ABR 1949	7.9	X
CHILLAN	06 MAY 1953	7.5	IX - X
CONCEPCION	21 MAY 1960	7.9	X - XI
VALDIVIA	22 MAY 1960	8.5	X - XI
LA LIGUA	28 MAR 1965	8.0	X
TAL - TAL	28 DIC 1966	7.8	VIII
VALPARAISO	09 JUL 1971	7.7	IX - X
PICA	30 NOV 1976	7.3	VII - VIII
SAN ANTONIO	03 MAR 1985	7.8	VIII
ANTOFAGASTA	30 JUL 1995	7.8	VII - VIII

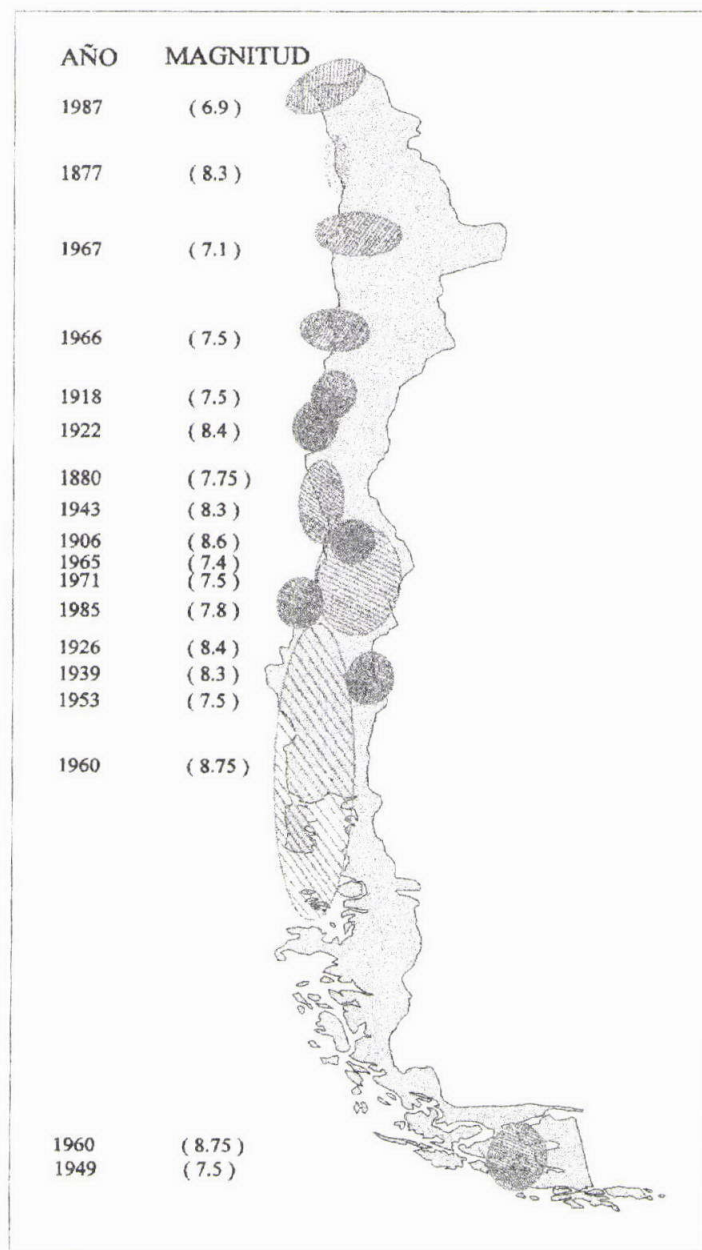
Fuente: Archivos ONEMI/DPC/1996

La zona central de Chile, que abarca Los Vilos, Valparaíso, Constitución (32°-35°S) ha sido afectada históricamente por sismos mayores, probablemente de magnitud superior a 8.2. Ellos son los siguientes:

- * 13 de Mayo de 1647
- * 08 de Julio de 1730
- * 09 de Noviembre de 1822
- * 16 de Agosto de 1906 (M = 8.4)
- * 03 de Marzo de 1985

El área que han afectado estos sismos mayores, se considera similar a la del 16 de Agosto de 1906. El tiempo de recurrencia sería de 86 +/- 10 años para sismos de magnitud (M = 8.2 - 8.4).

Zonas afectadas por Sismos destructivos (terremotos)



E.- EFECTOS DE LOS SISMOS DESTRUCTIVOS

Los sismos destructivos (Terremotos) son catástrofes de origen natural que han azotado al país durante su largo y recorrido histórico, y que ha traído en forma recurrente destrucción, desolación y muerte. Grandes ciudades han sido arrasadas, destruidas y paralizadas por estos violentos movimientos de terreno.

Algunos terremotos han alcanzado proporciones de gran catástrofe, y la destrucción y el número de víctimas que han alcanzado ha sido de miles de personas y viviendas.

También hay que considerar que uno de los mayores efectos que puede provocar un sismo de características destructivas es la generación de un **Tsunami (Maremoto)**, que afectará en forma directa a todos los asentamientos humanos localizados en las zonas costeras.

Esta situación se ha dado varias veces en Chile, especialmente el provocado por el terremoto de Valdivia del 22 de Mayo de 1960.

No obstante lo anterior, las condiciones que deben existir para la probabilidad de ocurrencia de un Tsunami en las costas de Chile son las siguientes:

- a) Que el Epicentro esté situado en el mar.
- b) Que el sismo sea de magnitud 7 o superior en la Escala Richter.
- c) Que la distancia entre el foco del sismo (hipocentro) y su proyección en la superficie (epicentro), sea inferior a 60 Kms.

En cuanto a los sismos de características destructivas, en Chile han ocurrido varios, pero los más recordados en los últimos años por su severidad son los siguientes:

LUGAR FECHA INTENSIDAD	CHILLAN 24 ENE 1939 XI	VALDIVIA 22 MAY 1960 X - XI	SAN ANTONIO 03 MAR 1985 VIII
MUERTOS	5.685	1.600	180
HERIDOS	50.000	4.350	2.575
DAMNIFICADOS	1.765.000	750.000	1.177.726
VIV.DESTRUIDAS	153.000	50.000	83.495
VIV.DAÑADAS	200.000	100.000	182.408
PERDIDAS MATERIALES (US\$)	2.716.392.391	961.743.962	1.638.968.000

Fuente: Archivos ONEMI/DPC/1996

TERREMOTO DE CHILLAN

FECHA : 24 DE ENERO DE 1939
MAGNITUD : 7.8 (Esc. Richter)
INTENSIDAD : X - XI (Esc. Mod. Mercalli)

IMPACTO EN LA VIVIENDA			
TIPO DE EDIFICACION	PORCENTAJE DEL TOTAL %	ESTADO DE LA VIVIENDA	
		DAÑADAS %	DESTRUIDAS %
ADOBE	62.6	42.0	58.0
LADRILLO	24.2	56.0	44.0
MADERA	3.0	96.0	----
ALBAÑILERIA CON CADENAS DE CONCRETO	4.5	36.0	11.0
HORMIGON ARMADO	0.2	14.3	----
TABIQUE DE ADOBE	5.5	94.0	6.0
TOTAL VIVIENDAS OBSERVADAS	100.0	49.54	47.79

Fuente: Ingeniería Sísmica; R.Flores/1996

F.- PARAMETROS DESCRIPTIVOS DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD

Para conocer el **Riesgo Sísmico** en un lugar determinado hay que tener en cuenta ciertos aspectos que nos permiten determinar cuales parámetros son los más relevantes en cuanto a amenaza y vulnerabilidad.

1. ASPECTOS FISICOS

- a) La Tectónica Regional.
- b) La Geología Local.
 - Fallas
 - Litología
 - Estructuras
 - Formas Superficiales (Geomorfología)

- c) Información histórica sobre eventos sísmicos.
- d) Información estadística de registros sísmicos (magnitud, intensidad, profundidad, duración y localización).
- e) Mapa de localización de eventos sísmicos y de fuentes generadoras.
- f) Condiciones locales del suelo.

2. ASPECTOS DE OCUPACION DEL TERRITORIO

- a) Tipo de construcción.
- b) Estructuración de la trama urbana.
- c) Distribución de la red vial.
- d) Formas de expansión de la ciudad.
- e) Localización de los pequeños asentamientos humanos.
- f) Formas de utilización económica del territorio (minería, agricultura, forestal, etc.).

3. ASPECTOS DE ORGANIZACION SOCIAL

- a) Nivel de la Administración Local (Gestión y Coordinación).
- b) Conocimiento de las amenazas.
- c) Conocimiento de sus vulnerabilidades.
- d) Contar con planes locales de emergencias.
- e) Participación de la comunidad en estas acciones.

Estos tres aspectos, llevados a lo que debe ser la preocupación fundamental frente a los desastres y especialmente a la amenaza sísmica, permiten bajar los niveles de riesgos en forma sustancial, frente a una amenaza que se mantiene siempre presente.

Además, estas consideraciones deben ser prioritarias en todos los Planes, Proyectos y Programas que se desarrollen, tomando en cuenta siempre conceptos como: **la Prevención, Mitigación, Preparación y Respuesta**, cuyo objetivo es el de salvaguardar la vida humana, los bienes y tener una organización social y económica adecuada frente a estas amenazas recurrentes, como es caso de los sismos mayores o destructivos.

G.- IDENTIFICACION PRELIMINAR DE RIESGO SISMICO

En los estudios de Riesgo Sísmico se utilizan dos conceptos que conviene definir:

a) AMENAZA O PELIGRO SISMICO

b) VULNERABILIDAD SISMICA

La Amenaza Sísmica: es un parámetro que cuantifica la **ocurrencia** de futuros eventos sísmicos y las acciones sísmicas asociadas (**sacudida del terreno, deslizamientos de tierra, licuefacción, tsunamis, y otros**), que pueden tener efectos adversos sobre el hombre y sus actividades. La amenaza sísmica se expresa en términos de probabilidad de que determinado valor (intensidad, aceleración, etc.) sea excedido en un tiempo dado.

El Vulnerabilidad Sísmica: es un parámetro que a causa de un sismo de magnitud e intensidad dada y de las formas de ocupación de un territorio, expresa la **probabilidad** de que en un determinado sitio, **las consecuencias económicas (daños, pérdidas materiales) y sociales (número de víctimas) excedan ciertos valores.**

H.- ZONIFICACION DE LA AMENAZA SISMICA

Es aquí donde la **Microzonificación sísmica** aparece como una herramienta metodológica fundamental para reconocer, evaluar y planificar el área humanizada construida y por construir, y su potencial desarrollo social y económico de ella, como al mismo tiempo el conocer el grado de vulnerabilidad a que están expuesta tanto las obras humanas, como las capacidades de reacción, organización y gestión frente a las catástrofes de origen natural o antrópicas.

La **Microzonificación sísmica** por lo tanto, es la extensión del proceso de **Zonificación Sísmica** que al evaluar la Amenaza y la vulnerabilidad, considera para cada sitio las condiciones del Riesgo sísmico, de los recursos humanos y materiales que presenta en ese momento, y de su capacidad de respuesta frente a esta, reconociendo de ese modo sus fortalezas y debilidades.

Este proceso de sintetización que se desarrolla con la **Microzonificación**, se expresa comunmente en un **Mapa** donde se identifican y localizan por un lado aquellas eventos que representan las **amenazas más recurrentes o que están asociadas a este**, considerando además, los **distintos grados de vulnerabilidad de la estructura física y ocupacional del suelo**, y por otro lado, **la capacidad de estructurar un conjunto de recursos humanos y físicos** que permitan dar una adecuada respuesta frente a cualquier tipo de emergencias, mediante la identificación de áreas, recursos y elementos fundamentales como apoyo a los planes de prevención, mitigación, preparación y respuesta, permitiendo de esta manera que los planes locales de desarrollo no se vean atrasados, y menos aún paralizados indefinidamente por la desviación de los recursos financieros.

En resumen, la **Microzonificación** es un proceso permanente de interacción entre las **estructuras físicas y funcionales creadas por el Hombre (Medio Modificado) y el entorno geográfico cambiante, dinámico y recurrente (Medio Natural)**, con la finalidad última de evitar desequilibrios que pueden ser catastróficos.

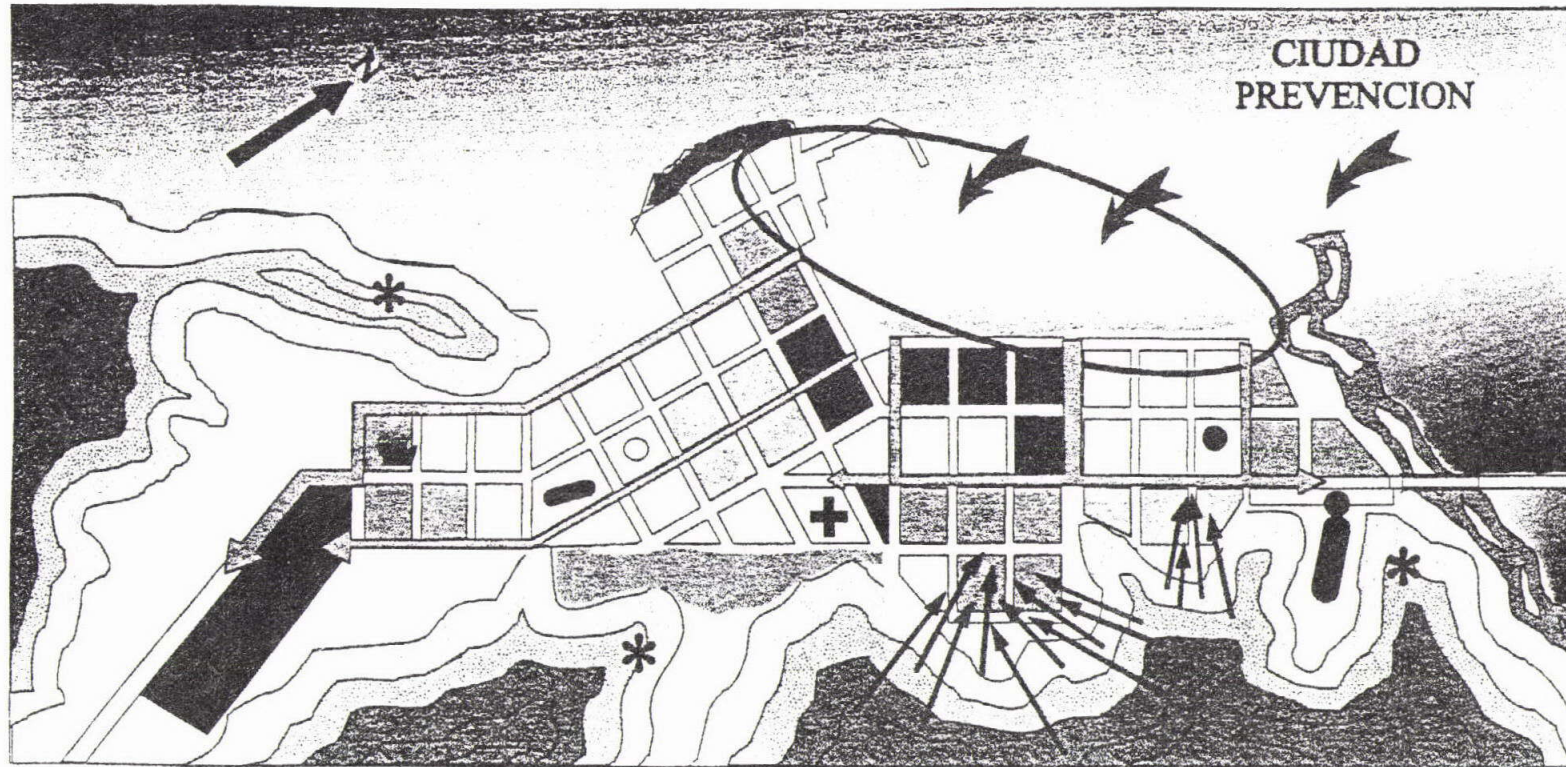
De esta manera, es como se puede llegar a contar con un **Mapa de Microzonificación**, el cual es una herramienta fundamental para la **Planificación Territorial** y la **Gestión para el Desarrollo**.

CRITERIOS GENERALES PARA LA MICROZONIFICACION SISMICA

- 1.- Localización de áreas de Derrumbes o deslizamientos.
- 2.- Localización de zonas de mayor densidad poblacional.
- 3.- Determinación de zonas de mayor deterioro en viviendas y edificios.
- 4.- Determinación de zonas de acuerdo al tipo de construcción.
- 5.- Determinación de áreas de seguridad física, para la evacuación.
- 6.- Localización de los recursos existente para la atención a la Población (Hospitales, Postas, Escuelas, Estadios, etc.)
- 7.- Determinación de las vías de evacuación hacia las zonas de seguridad.
- 8.- Localización de las Obras de Ingeniería Civil, que pueden ser un riesgo frente a la amenaza sísmica (Represas, Puentes, Silos, Torres, vías elevadas, etc.)
- 9.- Determinación de áreas de inundación por efecto de generación de Tsunami. (Este tópico se hace necesario solo para aquellas localidades ubicadas en el área del litoral o franja costera).

De Riesgos y Recursos

Microzonificación Sísmica



SIMBOLOGIA

	TSUNAMIS		TIPO CONSTRUCCION - ADOBE		ZONAS DE SEGURIDAD FISICA
	INCENDIOS URBANOS		ZONAS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL		CARABINEROS
	DESGLIZAMIENTOS DE TIERRA		ZONAS DE MAYOR DETERIORO		BOMBEROS
	ZONA DE INUNDACION PARA MAYOR TSUNAMI PROBABLE		TORRES ELECTRICAS		MAQUINARIAS VIALIDAD
	SUELOS INESTABLES		PUENTE		CRUZ ROJA
			VIAS DE EVACUACION		

ANEXO 1

En Chile, La Escala Modificada de Mercalli fue adoptada oficialmente el 9 de Agosto de 1961.

Grado de
Intensidad

ESPECIFICACIONES

- | | |
|------------|--|
| I | No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables. |
| II | Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios. |
| III | Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo. |
| IV | Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, las puertas y ventanas. Se sienten crujir los tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen. |
| V | La mayoría de las personas lo perciben aún en el exterior. En el interior durante la noche, muchas personas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico. |
| VI | Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles y arbustos, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas. |
| VII | Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es perceptible por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería bien construídas. Se dañan los muebles. Caen los trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Se producen ondas en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas. |

- VIII** Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construídas. En estructuras de albañilería bien proyectadas y construídas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casas e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.
- IX** Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construídas se destruyen. Las estructuras corrientes de albañilería bien construídas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construídas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.
- X** Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construídas, incluso puentes se destruyen. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, etc., sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.
- XI** Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías) subterráneas quedan totalmente fuera de servicio.
- XII** El daño es casi total. Se desplazan masas de rocas. Los objetos saltan al aire. los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

[illegible]

00142

Oficina Nacional de Emergencia

Riesgo Sísmico

c.2

DATE	ISSUED TO

c.2

03ri Oficina Nacional de Emergencia
1006

Riesgo Sísmico

00142

GAYLORD S