

# MICROZONIFICACION SISMICA DE AREAS URBANAS ¿ QUE ES Y PARA QUE SIRVE ?

realizado por  
ING. JOSE LUIS ALONSO G.

## R E S U M E N

Con el fin de evitar situaciones de desastre ocasionadas por la acción de terremotos en grandes áreas urbanas con una población superior, digamos, a un millón de habitantes, se requiere emplear una metodología conocida con el nombre de microzonificación sísmica.

La microzonificación sísmica de una ciudad envuelve el manejo de una gran cantidad de información referente a la evaluación del riesgo sísmico, amenaza geológica, clasificación de las propiedades del suelo local, análisis de la respuesta dinámica de los depósitos, evaluación de los efectos de interacción suelo-estructural, creación de códigos para el diseño, planificación urbana, responsabilidad gubernamental, compañías de seguros y planes de defensa civil, evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de las edificaciones existentes, especialmente aquellas de uso vital, tales como, hospitales, colegios, Dependencias Gubernamentales y cuerpo de Bomberos, entre otros.

Cuando esta información se maneja con acertado criterio ingenieril tomándose en cuenta las lecciones aprendidas del comportamiento estructural observado en terremotos pasados, se hace entonces posible el logro del objetivo básico de la ingeniería sísmica: "Reducir el Riesgo Sísmico en un Area Urbana". Se espera que la breve información contenida en este artículo sirva de guía práctica al planificador urbano y al ingeniero estructural en la búsqueda y solución de los objetivos señalados.

---

\* Ing. Civil / Msc; Presidente de la Asociación Venezolana de Ingeniería Estructural, AVIE, Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas, Venezuela. (Tel: 02-2611702).

\*\* Versión ampliada del trabajo "Metodología General Para La Prevención de Desastres Sísmicos en Grandes Ciudades", Pan American Engineers, Washington D.C., USA, August 1.990, (Alonso J.L. y Urbina L.)/(ref.41).

## I. TERREMOTOS

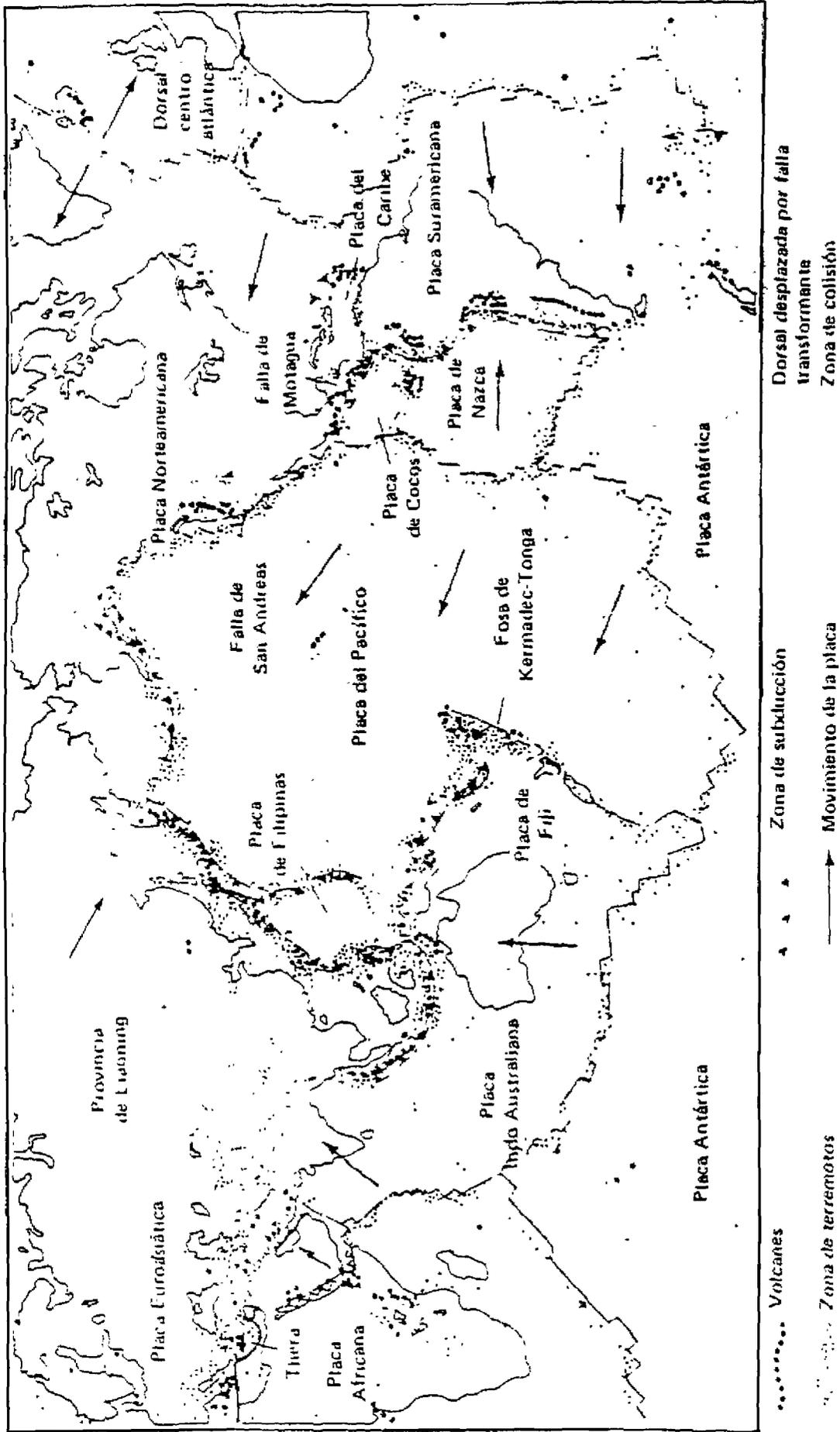
### I. a. GENERALIDADES

Los continentes al igual que los océanos no son unidades estáticas del globo terráqueo. Su ubicación relativa (deriva continental) ha variado notablemente a lo largo de la historia geológica de la tierra (Fig.1; ref.1). Debido a su lentísimo pero continuo movimiento se producen fuerzas tectónicas internas que dan como resultado deformaciones de la corteza terrestre (elástica y plástica) y translaciones y rotaciones como cuerpo rígido. En ocasiones, la inestabilidad de la corteza terrestre se manifiesta mediante fenómenos violentos y de corta duración como los terremotos y las erupciones volcánicas. Un terremoto es un fenómeno de la naturaleza caracterizado por fuertes vibraciones que se originan en el interior de la tierra como consecuencia de la liberación repentina de una gran cantidad de energía acumulada que se libera en pocos segundos (Fig.2; from U.S. News Magazine, Oct.30 1989). El punto del interior de la tierra donde se origina un terremoto se denomina hipocentro o foco, y el punto sobre la superficie de la corteza terrestre ubicado directamente sobre la vertical que pasa por el hipocentro recibe el nombre de epicentro. La distancia medida en dirección vertical desde el foco a la superficie recibe el nombre de distancia focal o profundidad hipocentral. Con frecuencia, los terremotos van precedidos de sacudidas menos importantes denominados sismos premonitores y seguidos durante largos períodos de tiempo por sacudidas denominadas réplicas o aftershocks.

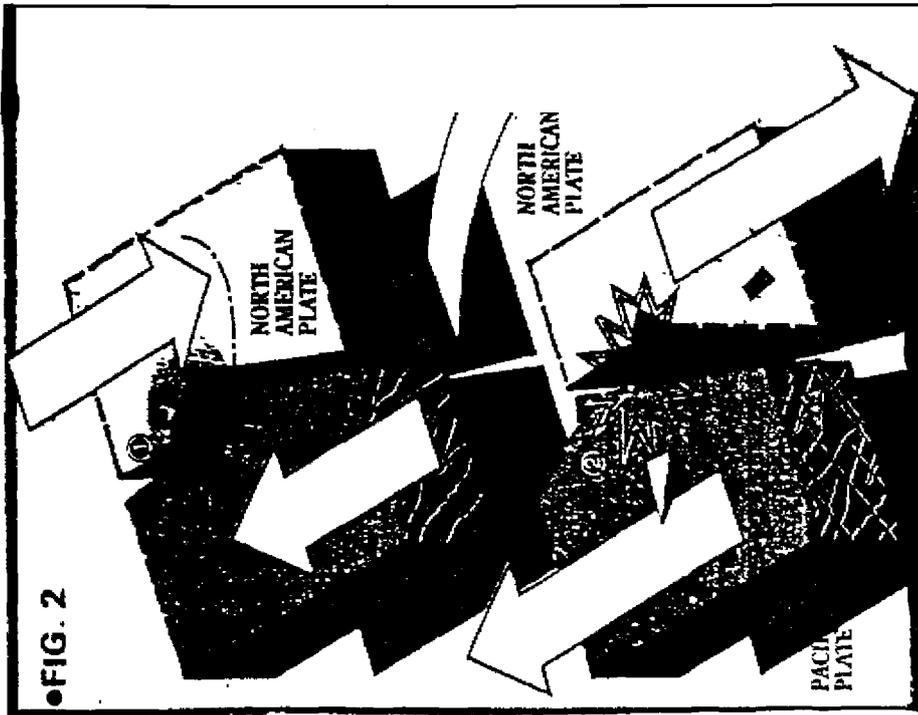
La distribución geográfica de la ubicación de los epicentros asociados o terremotos registrados instrumentalmente no está uniformemente repartida sobre la superficie del globo terráqueo. Por el contrario, los terremotos se concentran en áreas específicas denominadas cinturones de actividad sísmica (Fig.1).

El término intensidad sísmica es comúnmente empleado para denotar la severidad de un terremoto en un área determinada. El término magnitud es una medida de la cantidad de energía liberada. A pesar de que intensidad y la magnitud son básicamente dos medidas distintas de un terremoto, son frecuentemente confundidas por el público. La magnitud se calcula directamente a partir del registro obtenido durante un terremoto en un sismómetro torsional calibrado. La intensidad se determina a partir de observaciones personales de los daños causados por un terremoto a personas, construcciones y a la topografía del terreno. La primera es una medida objetiva (instrumental) mientras que la segunda es una medida meramente subjetiva.

La idea de medir la magnitud de un terremoto a partir de un sismograma fue introducida por Charles Richter en 1935, sismólogo del Instituto Tecnológico de California (Caltech;38). A pesar de que varias escalas de magnitud han sido propuestas desde entonces, todas ellas están referidas a la escala original propuesta por --

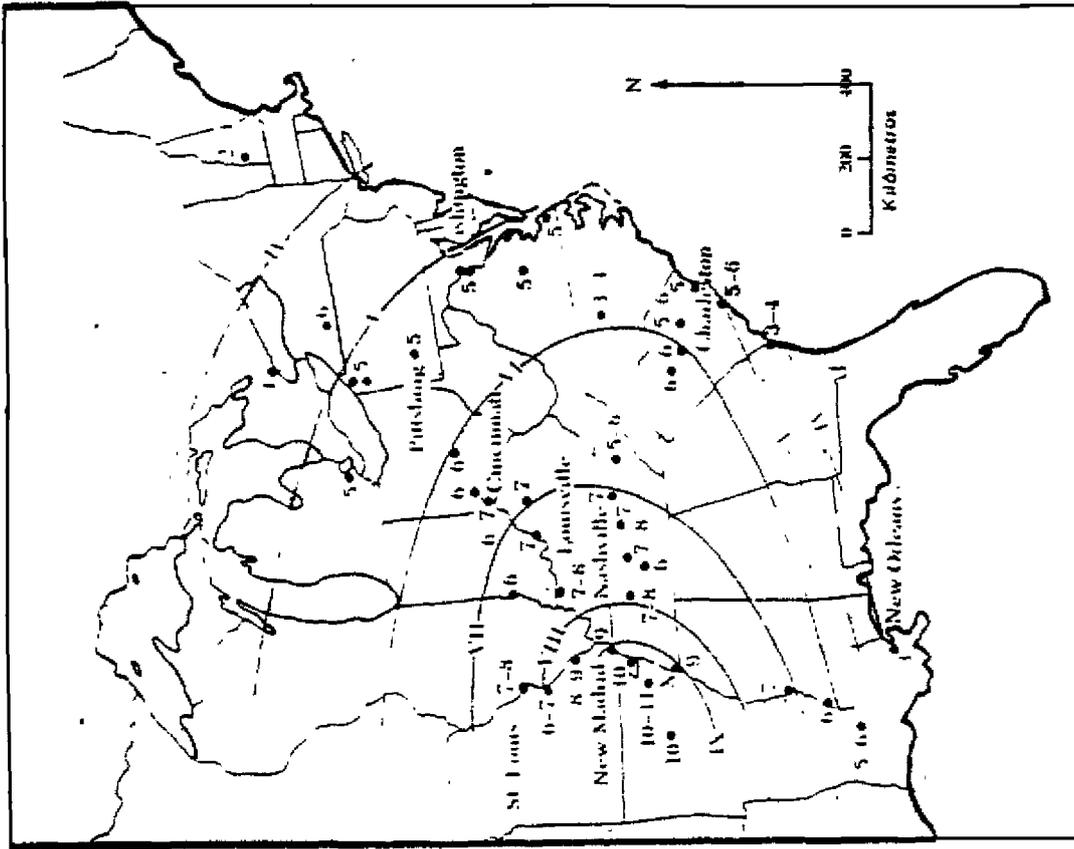


● FIG. 1 Mapa del mundo que muestra la relación entre las placas tectónicas más importantes y los terremotos y volcanes recientes. Los epicentros de terremotos están representados por círculos pequeños y los volcanes por círculos grandes (BA 2-41)



### A rocky relationship's hidden stresses

The Pacific and North American plates grind past each other along the San Andreas Fault at an average rate of about 1.5 inches per year. The ocean floor is formed by the Pacific plate, and our continent floats on top of the North American plate. Strain builds up when the plates are prevented from moving by rough stretches along the juncture ①. Eventually, the rock fails and the accumulated stress is relieved in an earthquake ②.



**FIG. 3** Isosistas, líneas de igual intensidad (escala Mercalli Modificada) del terremoto del 16 de diciembre de 1811 en New Madrid, Missouri. El radio de perceptibilidad del terremoto alcanzó las costas Este y del Golfo. La intensidad en las entonces escasamente habitadas áreas al oeste del epicentro, es desconocida. Los valores de intensidad en puntos específicos vienen dados en números arábigos, y las isosistas están designadas por números romanos (Cortese de O. Nutt y Bull. Seism. Soc. Am. (REF. 1))

Ritcher y todas miden la cantidad de energía liberada por un terremoto.

Para un terremoto determinado, su magnitud se determina en cada estación, midiendo en el sismograma correspondiente la amplitud máxima que alcanzan ciertas ondas sísmicas en sismómetros torsionales igualmente calibrados, y refiriendo estas amplitudes a un nivel de referencia o línea cero.

El concepto de intensidad de un terremoto es mucho más subjetivo que el de magnitud pues se basa en la apreciación personal de los efectos producidos por un terremoto sobre un área determinada. La intensidad, a diferencia de la magnitud que representa únicamente la cantidad de energía liberada en un determinado evento, puede tomar diferentes valores para un mismo terremoto. Varía desde lo meramente perceptible hasta la máxima destrucción en las zonas próximas al epicentro.

La medida de la intensidad está afectada por muchos factores. Entre ellos, la distancia epicentral, la profundidad del foco, la magnitud del terremoto, la geología y condiciones del suelo local, el tipo de movimiento de la falla que produjo el terremoto, la proximidad o no a zonas pobladas y el tipo de construcción existente.

Para conocer las intensidades sísmicas se utilizan varias escalas. La más conocida es la escala modificada de Mercalli, que divide la intensidad en 12 grados de severidad. (ref.39).

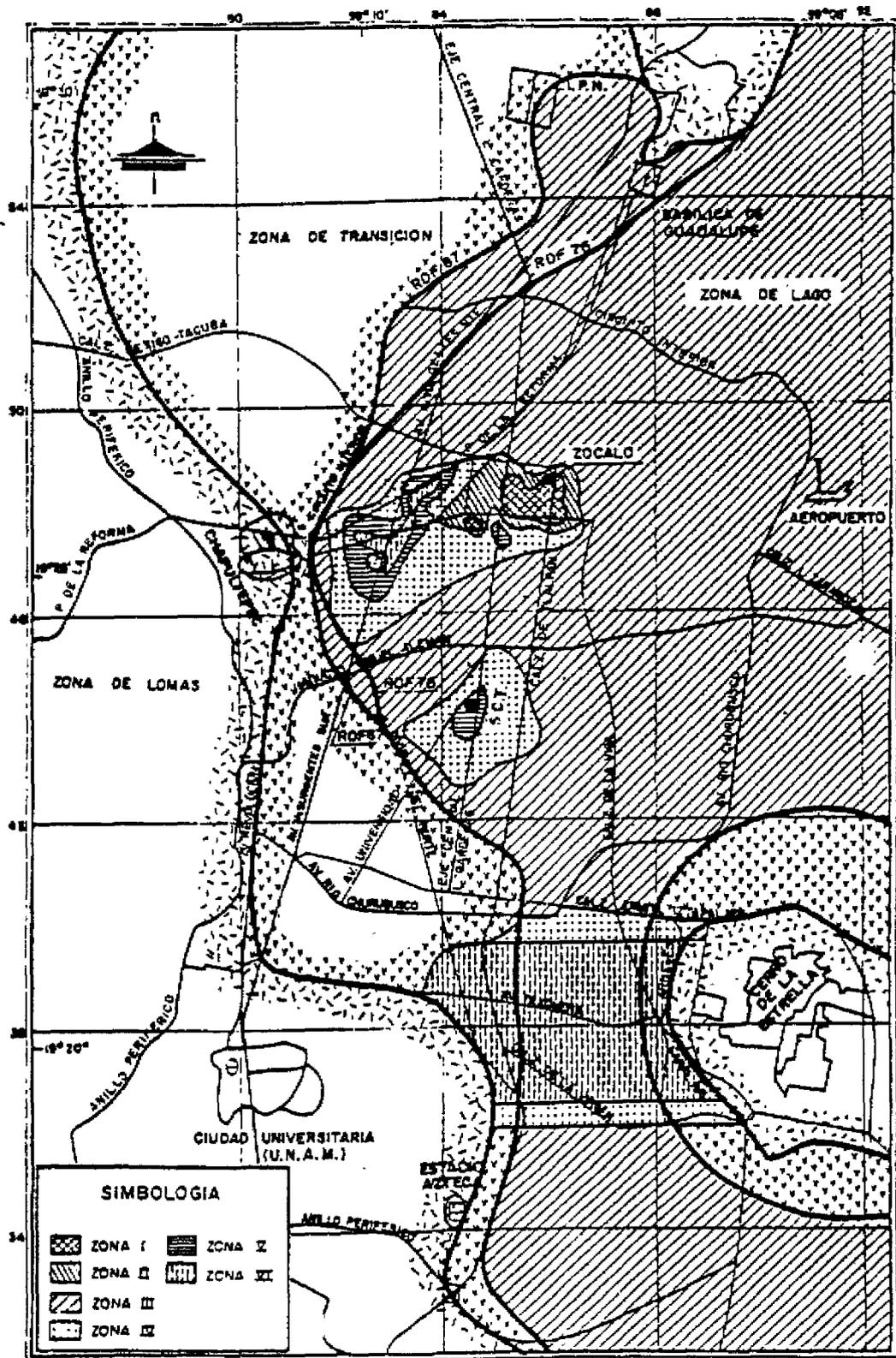
En la página 100 de la referencia 1 se dice textualmente lo siguiente:

"La valoración de la intensidad sísmica mediante una escala descriptiva, no depende de la medida del movimiento del suelo con instrumentos, sino que depende de las observaciones reales de los efectos en la zona macrosísmica. La escala descriptiva sigue siendo importante, primero porque en muchas regiones sísmicas no hay sismógrafos para medir movimientos fuertes del suelo, y segundo, porque los catálogos históricos de países sísmicamente activos están basados en tales descripciones".

La Fig.3 muestra las líneas isosistas (de igual intensidad sísmica) correspondientes al terremoto del 16 de Diciembre de 1.811 en New Madrid, Missouri. En general, el empleo de este tipo de técnica proporciona una información no muy precisa pero valiosa sobre la distribución del daño observado, permitiendo a veces detectar la influencia que las condiciones del suelo local pueden ejercer sobre la respuesta estructural de edificaciones en áreas urbanas. La Fig.3A muestra el mapa de intensidades sísmicas de Ciudad de México correspondientes al terremoto de 1.985 (ref.31).

**b. DEFINICIONES: DESASTRE - EMERGENCIA - AMENAZA - RIESGO SISMICO PREVENCIÓN - MITIGACIÓN**

Por Considerarlo de gran interés, hemos creído conveniente re-



**Fig. 3a** Mapa de intensidades del sismo de 1985 (Ref.31).

producir textualmente algunos conceptos contenidos en la referencia 40, (Urbina Luis, UPADI, Boletín No.5).

**DESASTRE:** Siniestro o calamidad pública que en el momento de ocurrencia, supera la capacidad de atención social de los recursos humanos y tecnológicos, disponibles por las autoridades de la región afectada.

Como puede observarse es un término relativo; lo que puede ser un Desastre para un país, puede no serlo para otro con mayor capacidad tecnológica y financiera. Cuando la magnitud del Desastre hace necesario solicitar ayuda internacional se le califica de **CATASTROFE**, que también es un término relativo pero usual para los países en desarrollo.

No obstante, existen calificaciones de Desastre menos relativas, como la de los actuarios de las empresas aseguradoras. Según ese criterio, todo siniestro que supere la cifra de 500 muertes o pérdidas estimadas de 100 millones de US\$, se le califica como Desastre.

También existen definiciones de desastres específicos, más precisas y cuantitativas; para cada tipo de evento, por ejemplo, un Desastre Sísmico es el que determina un Área Macrosísmica con una superficie igual o mayor a 100 km<sup>2</sup> y un mínimo de víctimas no inferior a 500 muertos. El Área Macrosísmica es la zona de mayor destrucción comprendida dentro de la isosita VII en la escala MMS.

**EMERGENCIA:** Es una situación de alerta previa o posterior a la ocurrencia de un Desastre, que puede ser declarada o no por las autoridades de la región amenazada, preferiblemente con el asesoramiento de los científicos y/o profesionales especializados en desastres: Ingenieros, Sismólogos, Meteorólogos, Médicos, etc.

La situación de emergencia debe persistir, hasta que se tenga una razonable seguridad de la no ocurrencia del Desastre, o hasta que se logre el control de sus efectos inmediatos, en caso de ocurrencia.

**AMENAZA O PELIGRO:** Es una evaluación cuantitativa de las causas potenciales de un Desastre. Por ejemplo, se define específicamente la Amenaza Sísmica (Seismic Hazard), en función del Sismo Máximo posible y de los Sismos Máximos Probables para diferentes Periodos de Retorno, en relación con la vida útil de la obra de ingeniería en proyecto. Generalmente se expresa en términos de la probabilidad de excedencia de los valores de algún parámetro utilizado en el diseño, como por ejemplo la aceleración.

**RIESGO:** Es la estimación cuantitativa de las probables víctimas humanas y de las pérdidas económicas, que un Desastre Potencial podría ocasionar en caso de ocurrencia.

Con la idea de aclarar mejor la diferencia entre los conceptos de Amenaza o Peligro (Hazard) y Riesgo (Risk), conviene ilustrarla con el ejemplo siguiente:

Supongamos un gran territorio totalmente deshabitado y sin -

construcciones humanas, pero atravesando por una gran falla sísmica capaz de producir un terremoto de Magnitud Richter Mb=8. En este caso hipotético la Amenaza o Peligro sísmico es muy grande, pero como no hay vidas humanas ni bienes económicos expuestos a esa Amenaza (Hazard) el Riesgo Sísmico (Seismic Risk) es nulo.

#### PREVENCION:

Todas las acciones que tiendan a evitar la ocurrencia de un Desastre, sea de origen natural, tecnológico y/o bélico.

Por ejemplo las construcciones sísmorresistentes han demostrado ser el método más eficaz para evitar la ocurrencia de Desastres Sísmicos.

Otra acción preventiva sería también construir una embarcación insumergible con la finalidad de evitar el Desastre que podría significar un naufragio.

Por supuesto, los Desastres Tecnológicos, como el ocurrido recientemente en la Central Atómica de Chernobyl en la URSS, pueden ser prevenidos (evitados), mediante un adecuado diseño y la aplicación de los procedimientos de operación y mantenimiento que las Normas de Seguridad recomiendan.

#### MITIGACION:

Son todas las acciones que se realicen para disminuir la cantidad de víctimas o pérdidas económicas, que pueden causar un Desastre. Por ejemplo, son acciones de mitigación la instalación de Sistemas de Presurización en la Circulación Vertical de los edificios, escaleras de escape externas, detectores de humo, extinguidores, etc., que son equipos que pueden contribuir a salvar vidas en caso de incendios y aún de terremotos. Dotar a las embarcaciones de botes de salvamento, equipos de radio-ayuda, luces de bengala, morrales de supervivencia, chalecos salvavidas, son acciones de mitigación, porque pueden disminuir el número de víctimas en caso de naufragio.

También constituye una acción de mitigación, el entrenamiento de recursos humanos especializados en el rescate de personas atrapadas en un incendio o debajo de los escombros de un terremoto, mediante cursos de "Rescate en Espacios Confinados" y por medio de Simulacros de Incendios, Terremotos, etc., para ejercitar la coordinación de los diferentes organismos que intervendrán en un caso de Desastre: Bomberos, Policías, Grupos de Rescate Voluntarios, etc."