

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Un elevado porcentaje de las víctimas cobradas por los temblores, se debe al derrumbe de construcciones hechas por el hombre. Este fenómeno natural se ha transformado en una amenaza a medida que las áreas urbanas han crecido y han incrementado el número de habitantes. Sólo para tener una idea, de las pérdidas que ocasionan los sismos, se presentan los siguientes datos:

- 19 de Septiembre de 1985 Michoacán, México. Temblor cuya magnitud  $M_w=8$  ocasionó la muerte de 10,000 personas y se destinaron cerca de 900 millones de dólares para la reconstrucción de las zonas afectadas (ref 1).
- 17 de Enero de 1994 Los Ángeles California, EUA, con magnitud  $M_w= 6.6$  se presentó un terremoto que provocó un total de 60 muertes y pérdidas materiales por 44,000 millones de dólares (ref 2).
- 12 de Enero de 2010 Puerto Príncipe, Haití se presenta un sismo que alcanzó una magnitud de momento  $M_w=7$  dejó más de 200,000 muertos; se estiman en más de 8,000 millones de dólares, las pérdidas materiales, según las autoridades haitianas (ref 3).
- 27 de Febrero de 2010 Cobquecura, Chile, con una  $M_w=8.8$  dejó cerca de 340 muertos y pérdidas materiales por cerca de 29,700 millones de dólares (ref 4)

Las magnitudes de los eventos sísmicos antes indicados se obtuvieron del catálogo global CMT (ref 5).

Para explicar el origen de los temblores, se toma como base la teoría de la tectónica de placas, la cual postula que la litosfera, capa rígida superficial de la Tierra, no es continua, por el contrario se encuentra dividida formando bloques que reciben el nombre de Placas Tectónicas, cuyos espesores van desde 15 hasta 50 km (ref 6) aproximadamente, todas ellas flotantes sobre un manto caliente y viscoso llamado astenosfera, se desplazan en varias direcciones con velocidades del orden de uno a cinco centímetros al año (ref 7). El mecanismo básico causante de este movimiento son las corrientes de convección, esto es, el material caliente del interior de la Tierra sube a la superficie liberando calor interno, mientras que el frío baja. Como podemos ver en la figura 1 las placas no están delimitadas por los continentes, ya que en una sola de ellas, se encuentran parcialmente tanto bloques de tierra, como áreas oceánicas.



Figura 1 Placas tectónicas sobre la Tierra (ref 8)

En los límites donde las placas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una con respecto a la otra, lo que ocasiona la acumulación de energía del tipo elástico, ya que si cesaran las fuerzas sobre el material (rocas), también lo harían las deformaciones. Cuando los esfuerzos superan la resistencia de la roca, o se vencen las fuerzas de fricción, se produce una ruptura violenta dando lugar a la liberación de la energía acumulada, en forma de ondas llamadas sísmicas, de esta manera se generan la mayor parte de temblores en nuestro planeta, aunque también existen otras formas de fuentes sísmicas como son las de colapso (derrumbes), explosivas (explosiones químicas, nucleares), volcánicas (asociadas a la actividad volcánica) o de impacto (meteoritos).

Los límites entre placas se clasifican en tres diferentes tipos (ref 9):

**Divergentes:** se presentan donde se separan unas de otras, por lo que el vacío que resulta de esta separación es ocupado por magma que emerge desde el fondo del manto terrestre, ocasionando empujes laterales sobre sí mismas.

**Convergentes o de subducción:** los límites son convergentes cuando dos placas continentales chocan entre sí, formando extensas cordilleras, la cadena del Himalaya es el resultado de la colisión entre la Indoaustraliana y la Euroasiática; por otra parte cuando dos placas oceánicas chocan dan origen a un arco de islas, un ejemplo de ello es Japón. Por el contrario los límites de subducción se presentan donde una placa oceánica (más densa) se introduce debajo de una placa continental (menos densa), en la superficie la modificación topográfica consiste en una fosa oceánica en el agua y un grupo de montañas en la tierra, por ejemplo la de Cocos penetra bajo la de Norteamérica en la costa occidental de México.

**Transformación o transcurrentes:** ocurre donde dos placas se mueven entre sí con la misma dirección pero con sentidos diferentes, como la falla de San Andrés ubicada en el Oeste de Norteamérica producto del roce entre la Norteamericana y la del Pacífico.

El impacto social y económico que representa un sismo es de los más altos entre los desastres que ocurren a nivel mundial, mediante el estudio de su origen, comportamiento y consecuencias generadas es posible tomar medidas de

prevención como la creación o modificaciones de reglamentos de construcción, diseño de edificaciones, etc. Es indispensable conocer los parámetros que describen su comportamiento como lo son el desplazamiento, la velocidad, la aceleración y la energía liberada, todos ellos en función del tiempo, los cuales se obtienen a partir del procesamiento de acelerogramas y sismogramas generados en las estaciones de registro, con el objeto de realizar un estudio de las características de un sismo.

En este trabajo se presenta una alternativa, mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales, para poder estimar la aceleración del terreno en el estado de Oaxaca, el cual se encuentra en una zona sísmica del sureste de la República Mexicana, en la cual subducen las placas de Cocos y Rivera bajo la Norteamericana, de hecho en dicha región han tenido lugar los sismos que más han impactado a México (ref 10).

Para tener una idea clara acerca del término aceleración del terreno, el cual es el principal interés de este trabajo, se sabe que, cuando la aceleración producida por un sismo es alta, la fuerza adicional que se provoca en una edificación, también lo será, tal como se especifica en la segunda ley de Newton, donde la fuerza ejercida sobre un objeto es proporcional al producto de su masa y la aceleración a la que se ve sometido. La aceleración provocada por el sismo en el terreno es registrada en tres componentes, dos horizontales (norte-sur y este-oeste) y una vertical; siendo las tres ortogonales entre sí.

Una estimación confiable de dicho parámetro es muy útil para proyectar y, construir estructuras capaces de resistir las acciones sísmicas que se producirían en la zona en donde se llevará a cabo su construcción. Por lo que es importante considerar lo siguiente:

- Establecer las áreas en las que se estime más probable la ocurrencia de un sismo importante a corto plazo.
- Seleccionar los parámetros que resulten más confiables para representar el fenómeno.
- Contar con los medios adecuados para medirlos sistemáticamente durante periodos considerables.

**OBJETIVO:**

Desarrollo de un modelo neuronal artificial que permita estimar la aceleración máxima, producida por un sismo, en tres sitios ubicados en la costa del estado de Oaxaca.

**CONTENIDO:**

El primer capítulo presenta el marco tectónico de la República Mexicana así como del estado de Oaxaca, también se exponen treinta sismos representativos de las ocho zonas sísmicas del mismo estado con eventos desde el año de 1727 hasta 2008 y que superan o igualan la magnitud de 6.5. En el capítulo dos se explica el funcionamiento de los sismógrafos y acelerógrafos, así mismo se realiza una breve descripción de la instrumentación sísmica con la que cuenta el estado de Oaxaca y se presentan los sismos registrados por las estaciones con las que se realizó el modelo de redes neuronales. Los fundamentos, componentes y operación de las Redes Neuronales Artificiales son expuestos en el tercer capítulo, donde también se describen algunas aplicaciones de este método en la Ingeniería Civil y particularmente en la Ingeniería Sísmica. Los parámetros que definen mejor el comportamiento de la aceleración máxima del terreno se detallan en el capítulo cuarto, además se especifican los registros con los que se llevó a cabo el entrenamiento y prueba del modelo, al final de este capítulo se presentan los resultados. En el quinto capítulo se presentan tanto las conclusiones como los comentarios de esta tesis, se cuenta también con un anexo, donde se resumen algunos conceptos básicos de sismicidad y por último se detallan las referencias utilizadas en el desarrollo de este trabajo.