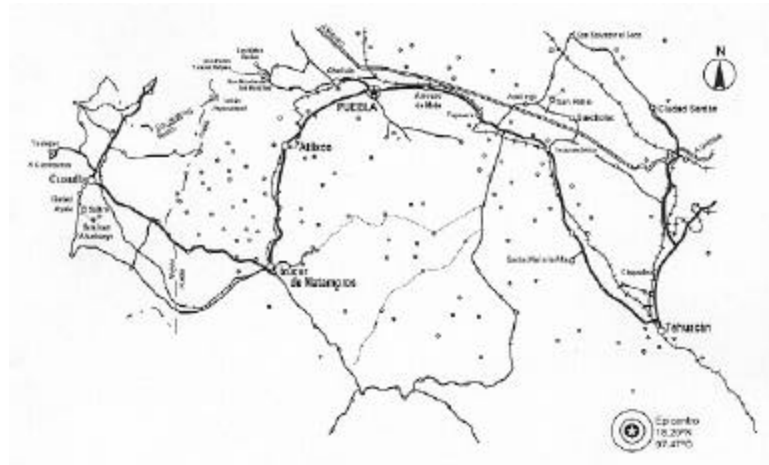


## CAPÍTULO III

### EL SISMO DEL 15 DE JUNIO DE 1999

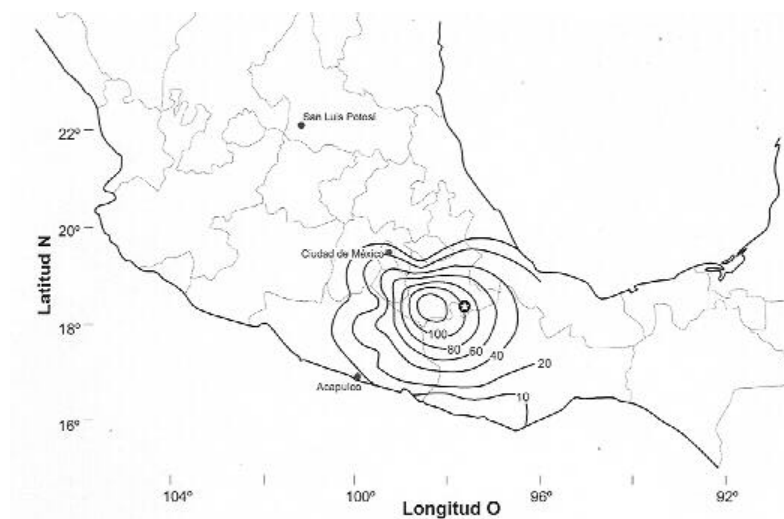
#### 3.1 Características importantes.

Unas horas después de las 15:41:06 hrs... “Habría más de 20 muertos y cientos de lesionados; centro, sur y oriente del Estado de Puebla, incluida la capital, habrían sido gravemente afectados por el sismo. La magnitud del evento según los primeros informes es de 6.7 grados en la escala de Richter, provocó muertes, decenas de lesionados y damnificados en Puebla. Las principales ciudades de la entidad quedaron incomunicadas al quedar suspendidos los servicios eléctrico y telefónico por casi dos horas. De acuerdo con el primer balance oficial, el sismo provocó la destrucción de 120 inmuebles, en su mayoría coloniales. Especialmente en la ciudad de Puebla se vivió el caos. Miles de personas salieron a la calle con crisis nerviosa; maestros y alumnos abandonaron precipitadamente los planteles. Cientos de conductores trataban de abrirse paso en las calles con semáforos apagados y casi todas las estaciones de radio y televisión dejaron de transmitir, pues el 90% de la Ciudad quedó sin suministro eléctrico, al igual que la mitad del Estado...” Así rezaban los encabezados de los periódicos más importantes del Estado aquel martes rojo.



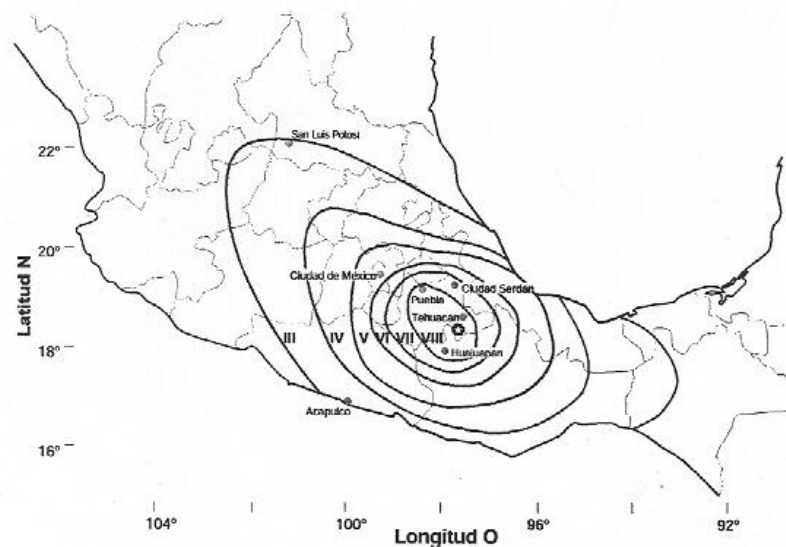
**Figura 3.1.1** Localización del epicentro. [Alcocer, S.M., et al. (1999)]

Un Reporte Preliminar del temblor de Tehuacán, Puebla, de aquella fecha, llamado “Aspectos Sismológicos y de Movimientos Fuertes”, a cargo de la Coordinación de Ingeniería Sísmica, Instituto de Ingeniería, Coordinación de Instrumentación Sísmica, Dpto. de Sismología, Instituto de Geofísica y Coordinación de Estructuras de la UNAM; el Área de Instrumentación Sísmica del CENAPRED; y Facultad de Ingeniería de la BUAP; manifiesta que el 15 de junio de 1999, a las 20:42:06 horas GMT (15:41:06 hora local), a 20 km aproximadamente al sur-suroeste de Tehuacán, Puebla, ocurrió un temblor de magnitud 6.7 grados Richter.



**Figura 3.1.2** Curvas de igual aceleración,  $\text{cm/s}^2$ .  
 [www.cenapred.unam.mx/boletines/puebla/pdf/cap2/sismologia.pdf]

Usando datos de SISMEM, se determinó la localización y la hora de ocurrencia y la magnitud fue determinada por el Servicio Sismológico Nacional. La localización epicentral preliminar, según datos de SISMEM, es latitud 18.3°; longitud 97.6° O, profundidad 40 km. De acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional, las coordenadas focales son: latitud 18.20° N, longitud 97.47° O, profundidad 92 km. En este mismo reporte, se muestran registros de las siete estaciones sísmicas de la red SISMEM. En ellos se puede observar que en al menos 5 de ellas, en gran parte del papel, las plumillas saturaron el espacio; de esto se deriva una investigación minuciosa. Comparando los acelerogramas de este sismo con el ocurrido en la Ciudad de México en 1985 se dan cuenta que los números, en cierto periodo, tienen valores similares. De esta forma, constatan lo que muchos testigos, que desgraciada o afortunadamente vivieron los dos fenómenos, comentaban que el sismo se había sentido tan fuerte como el de la Ciudad de México en 1985. Aunque el sismo de México alcanzó los 8.1 grados Richter y el de Puebla los 6.7 grados en la misma escala, la frecuencia e intensidad de los movimientos fueron similares.



**Figura 3.1.3** Mapa de isosistas por el sismo de Tehuacán (Gutiérrez,1999)  
[[www.cenapred.unam.mx/boletines/puebla/pdf/cap2/sismologia.pdf](http://www.cenapred.unam.mx/boletines/puebla/pdf/cap2/sismologia.pdf)]

### **3.2 Análisis y diagnóstico post-sísmico**

El estudio de los sismogramas registrados en la estación de Ciudad Serdán, misma que se encuentra a unos 85 km del epicentro, permite afirmar que las réplicas fueron muy pequeñas, tanto en magnitud como en número. Durante la semana que siguió al evento, se registraron 33 más, pero con magnitudes entre 2.3 y 3.7 grados. “Este comportamiento no es inusual en los sismos de mediana profundidad de la zona”[Alcocer, S.M., et al. (1999)]. Por ejemplo, el sismo del 28 de agosto de 1973 (Mw 7.0, H=84 km) tuvo pocas réplicas. Este comportamiento no siempre ha sido así; en los nueve días siguientes al sismo del 24 de octubre de 1980 (Mw 7.0, H=65 km), se registraron cerca de 900 réplicas, donde solo 300 pudieron ser localizadas. Otro aspecto que vale la pena destacar es que aun para distancias focales medias en formaciones rocosas, por el sismo de Tehuacán se registraron aceleraciones máximas relativamente más altas en la dirección vertical que las que usualmente están relacionadas con los frecuentes sismos provenientes de la costa del Pacífico. Sin duda, la alta componente de aceleración en la dirección vertical, asociada a sismos con mecanismos relativamente profundos dentro de la zona de subducción en nuestro país, debe ser un aspecto de suma consideración para definir los movimientos de entrada en el análisis sísmico de las estructuras y de las edificaciones que sufrieron daños en la región. El sismo tuvo efectos en un amplio radio geográfico que incluye siete estados de la República.

Los sismos de profundidad media y de fallamiento normal en la zona de subducción de la Placa de Cocos bajo la Norteamericana, han causado fuertes daños a distintas ciudades y poblados del altiplano mexicano. Ejemplos de esto han sido los sismos del 15 de enero de 1931 de 7.8 grados de magnitud, el del 28 de agosto de 1973 con una magnitud de 7.0

grados y el del 24 de octubre de 1980 de 7.0 grados de magnitud, mismos que provocaron daños en los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz. “Desde 1864 hasta la fecha se han presentado diez sismos con magnitudes mayores a 6.5 en la región epicentral del sismo de Tehuacán. Se puede afirmar, entonces, que el período de retorno medio de temblores de magnitud mayor a 6.5 en la zona es de 20 a 30 años.” [Alcocer, S.M., et al. (1999)]

### **3.3 Zonificación sísmica.**

México, incluyendo su mar territorial, está ubicado entre cuatro placas (Figura 3.3.1): dos grandes, la de Norteamérica, que va desde México hasta el Ártico, y la del Pacífico, que, además de parte de México, incluye parte de Estados Unidos y casi todo el Pacífico del norte; una mediana, la placa de Cocos que ocupa parte del océano Pacífico, frente a las costas de México y Centroamérica, y se extiende por el sureste hasta Costa Rica; y la pequeña placa del caribe bajo Centroamérica y el mar Caribe y se extiende hasta el límite con América del Sur.



**Figura 3.3.1** Placas tectónicas de la región de México

[<http://www.geologia.igeolcu.unam.mx/academia/temas/tectonica/tectonica.htm>]

En nuestro país la actividad sísmica es constante y peligrosa. La zona de subducción en donde ocurre la gran mayoría de los sismos, se ubica frente a las costas del pacífico de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. En la actualidad, la zona de más alto potencial sísmico es la brecha de Guerrero donde la placa de Cocos se

desplaza hacia el continente provocando frecuentes sismos y el nacimiento de numerosos volcanes a lo largo de la llamada Fosa de Acapulco o Sistemas de Falla de San Andrés. No obstante, el territorio se divide en tres grandes zonas (Figura 3.3.2). [Gutierrez, R.C. (1994)]

Alta sismicidad o sísmica. Abarca Colima, partes de Jalisco, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

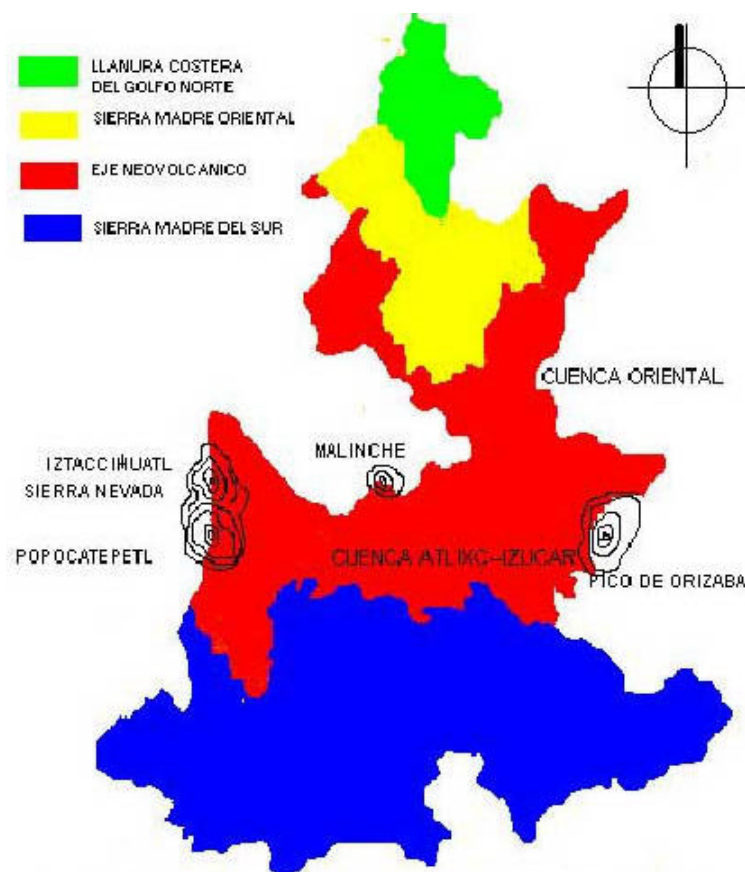
Moderada o Penisísmica. Abarca partes de Sonora, parte de Chihuahua, Durango, Nayarit, Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Norte de Puebla, Sinaloa y Tlaxcala.

Nula o Asísmica. Se le llama así dada la pobre ocurrencia de sismos y las bajas magnitudes de éstos. Comprende Tabasco, Tamaulipas y las penínsulas de Yucatán y California en la mitad de territorio ubicada del lado del golfo con el mismo nombre. [Gutierrez, R.C. (1994)]



**Figura 3.3.2** Localización de las zonas sísmicas en la República Mexicana [Gutiérrez, R.C. (1994)]

La ciudad de Puebla está ubicada en la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico el cual abarca una gran porción del centro y noroeste del Estado de Puebla, en zona de lomeríos suaves formados por volcanes y afloramientos calcáreos recientes. Se limita, al norte, con cañadas formadas por los escurrimientos de agua de la malinche; al sur y al oriente por las cuencas Atlixco –Izucar y Oriental, respectivamente. La figura 3.3.3 ilustra de mejor forma lo antes descrito.



**Figura 3.3.3** Provincias Fisiográficas  
 [www.upaep.mx/servs/carrs/ingciv/smms-pue/imdex/.html]

La propagación de las ondas sísmicas a través de la interfaz entre las fronteras, de las zonas mencionadas en la figura 3.3.2, produce el fenómeno de difracción múltiple donde las

ondas se dispersan y amplifican o atenúan los movimientos del terreno, debido a la Geología local. Estas irregularidades topográficas pueden también en algunos casos producir efectos significativos en la respuesta del sitio. [UNESCO. (1980)]

### **3.4 Observaciones geológicas y algunas otras consideraciones.**

Por su naturaleza, las zonas de mayor riesgo para vivir son las volcánicas y de alta sismicidad. Como se mencionó anteriormente, en Puebla ocurren ambas. En esta región se concentra el mayor porcentaje demográfico del país, así como una alta fertilidad de sus suelos formados por ceniza volcánica reciente; el terreno es llano y cuenta con grandes recursos hidrológicos. La franja costera del Pacífico Sur desde Jalisco hasta Chiapas se le considera zona de alto riesgo, pues ahí es la zona donde prácticamente chocan dos placas tectónicas (fenómeno de subducción); en este caso, la placa de Cocos que choca con la Norteamericana y cuyos efectos mantienen en alerta constante a la población.

La teoría de la Tectónica de Placas dice que los 100 km<sup>2</sup> más superficiales de la Tierra, que comprenden la corteza (continental y oceánica) y parte del manto superior, forman la *litosfera* (del griego *lithos* = piedra), dividida en *placas* que se mueven como los trozos rígidos de un cascarón esférico, unos respecto a otros. Este movimiento relativo es la causa principal de la formación de montañas, valles, cadenas volcánicas, etc. Este proceso es conocido como *tectonismo*. La figura 3.4.1 muestra las placas más importantes, donde las flechas indican sus movimientos relativos que pueden ser divergentes, convergentes o transcurrentes. Las velocidades y las direcciones de interacción entre las placas cambian, en general, de punto a punto; cada placa se mueve como si girara alrededor de un punto de la Tierra. [<http://geología.igeolcu.unam.mx/academia/temas/tectonica/tectonica.htm>]

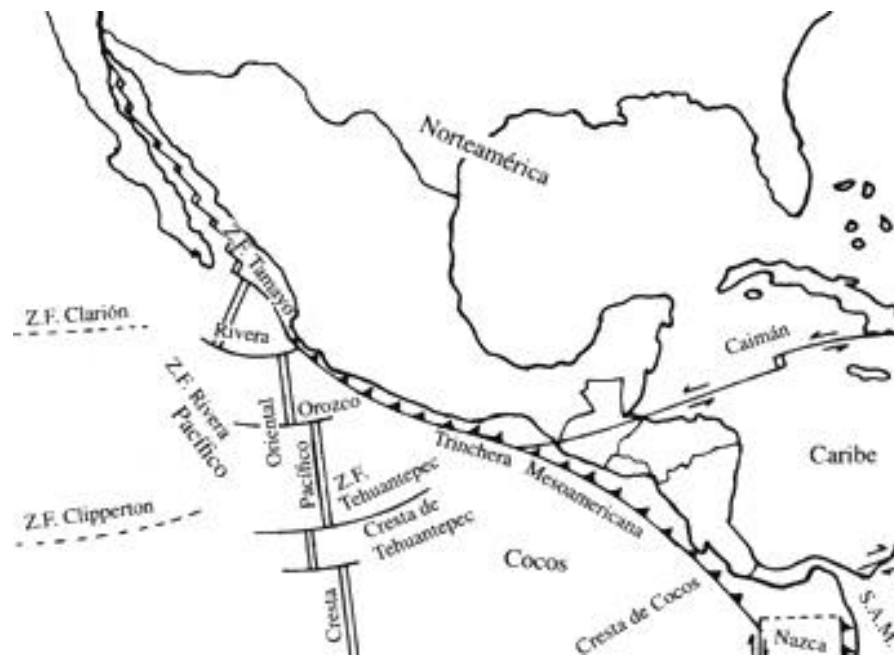




**Figura 3.4.1** Principales placas litosféricas. La línea doble señala el centro de extensión; la línea sencilla indica falla transformada; la línea dentada, una trinchera. Los dientes colocados sobre la placa superior indican la dirección de la subducción. El sombreado indica las zonas de compresión y deformación.

El movimiento relativo entre dos placas es divergente, se alejan una de la otra. Este movimiento produce un hueco entre las placas llamado dorsal oceánico, por el cual puede ascender magma del manto que se solidifica y forma una nueva corteza de tipo oceánico. Podemos decir que toda la corteza oceánica que existe ha sido creada por este proceso. Generalmente no se observan grandes sismos asociados con las crestas mesoocéánicas activas, y la sismicidad tiende a ser en enjambres y poco profunda como el hipocentro del sismo estudiado, posiblemente porque allí la corteza está demasiado caliente como para soportar grandes esfuerzos, y la temperatura aumenta rápidamente con la profundidad. Sin embargo, estas crestas están muy bien definidas por su sismicidad, generalmente de mecanismo de fallamiento normal. [<http://www.upaep.mx/servs/carrs/ingciv/smms-pue/index/.html>]

En México, las crestas activas pertenecen a la Dorsal del Pacífico Oriental, o son continuaciones de ella (Figura 3.4.2). Esta dorsal es una cordillera submarina enorme, formada por crestas de dispersión que separa las placas del Pacífico y las de Cocos y Nazca, que subduce esta última bajo América del Sur. Su continuación hacia el norte es una serie de puntos de dispersión asociados con la separación de la península de Baja California del continente, comenzada hace unos cuatro millones de años, y que actualmente sigue apartando la península del continente, en la boca del golfo, a razón de 3 cm/año en promedio.



**Figura 3.4.2** Crestas activas pertenecientes a la dorsal Pacífico-Oriental [Trejo, A.G. (2002)]

Los sismos intensos, en las zonas epicentrales, pueden ocasionar desplazamientos de terreno en sentido horizontal y vertical. El desplazamiento horizontal provoca que una parte del terreno se mueva hacia adelante, mientras la otra no avanza formando una grieta en

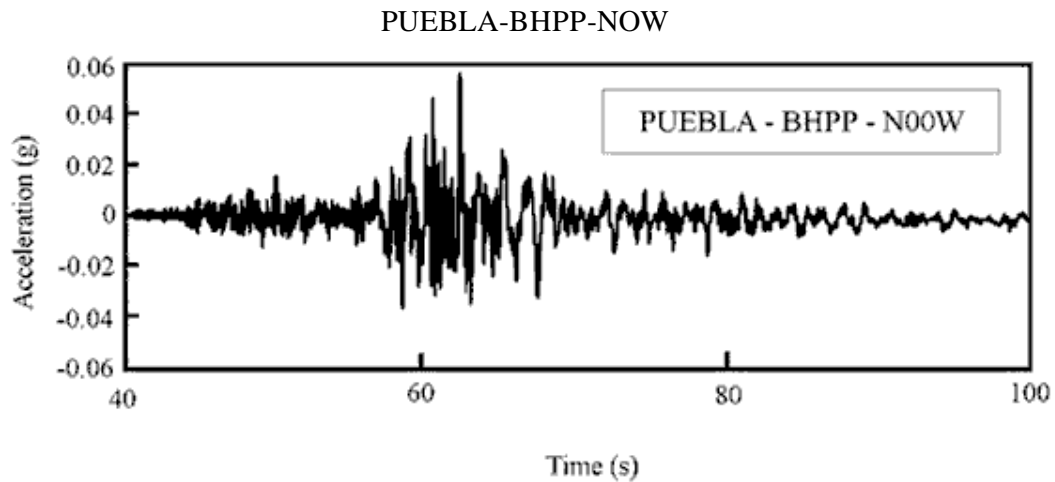
planos separados continuos. En el vertical sucede lo mismo, solo que uno de los bordes del plano discontinuo sobresale del otro.

Es muy importante tomar en cuenta los efectos de sitio para lograr comprender el por qué de la diferencia en la concentración de daños de una zona a otra, dentro del mismo asentamiento urbano. Las aceleraciones máximas registradas del sismo de Tehuacán en la Ciudad de Puebla se dieron en la colonia América Norte la cual se encuentra desplantada sobre depósitos aluviales (depósitos blandos). De acuerdo con el Instituto de Ingeniería y Geofísica de la UNAM, éstas fueron del orden de  $279 \text{ cm/s}^2$  en dirección NS y de  $104.5 \text{ cm/s}^2$  en dirección EO. [Alcocer, S.M., et al. (1999)]

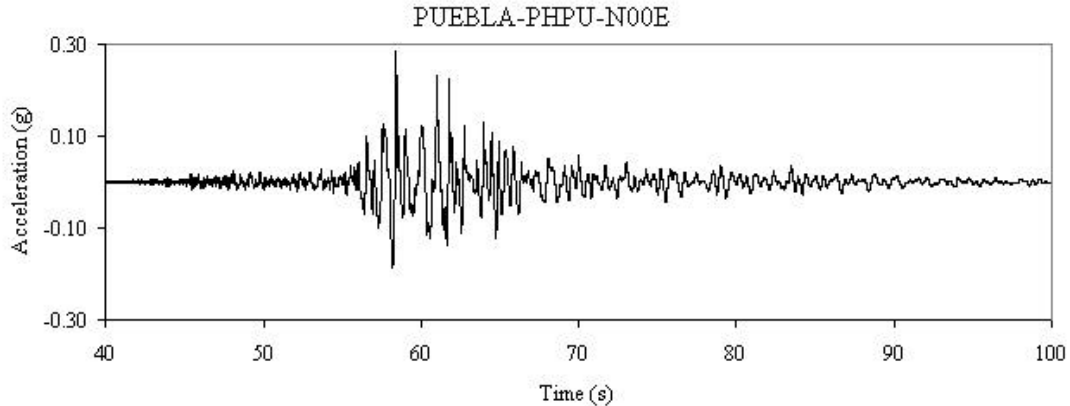
Existen distintas estaciones de medición de sismos en todo el país y, sobre todo, en aquellas zonas donde se ha registrado mayor ocurrencia de ellos. Hay aparatos como los sismógrafos que sirven para determinar los epicentros y mecanismos focales de los eventos sísmicos. Los más importantes, para fines de ingeniería, son los acelerógrafos. Éstos registran la variación de aceleraciones del terreno con el tiempo en el lugar donde están colocados. Estos registros han permitido un avance considerable en el conocimiento de las características de la excitación sísmica inducida en las construcciones.

Los acelerógrafos están compuestos por dispositivos sensores que miden la aceleración del terreno en tres direcciones ortogonales (dos horizontales y una vertical). “Los parámetros más importantes que definen la intensidad del movimiento y sus efectos en las construcciones son la aceleración máxima, expresada como fracción de la gravedad, la duración de la fase intensa del movimiento, y el contenido de frecuencias. Este último se

refiere a la rapidez con que cambia la dirección del movimiento, mismo que ayuda a definir el tipo de estructura que será más afectado”. [Bazán, E., Meli, R. (2002)]



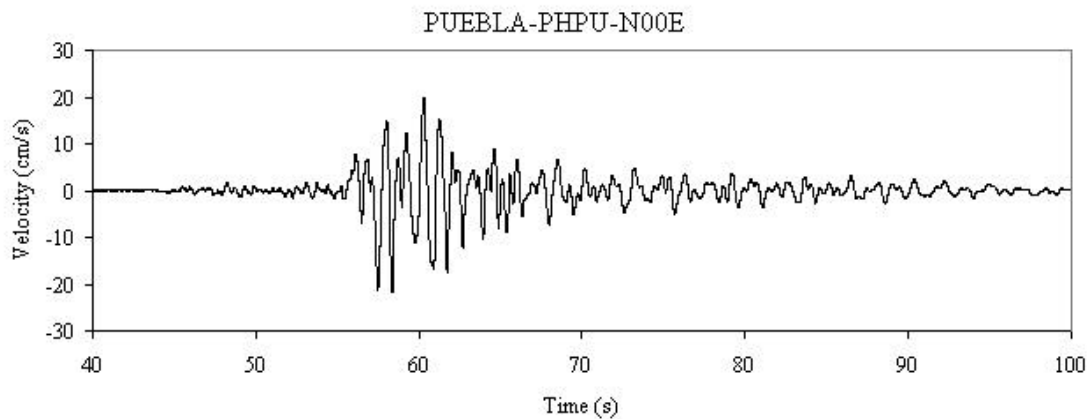
**Figura 3.4.3** Acelerograma dirección noroeste [CICEPAC. (2000)]



**Figura 3.4.4** Acelerograma dirección noreste [CICEPAC. (2000)]

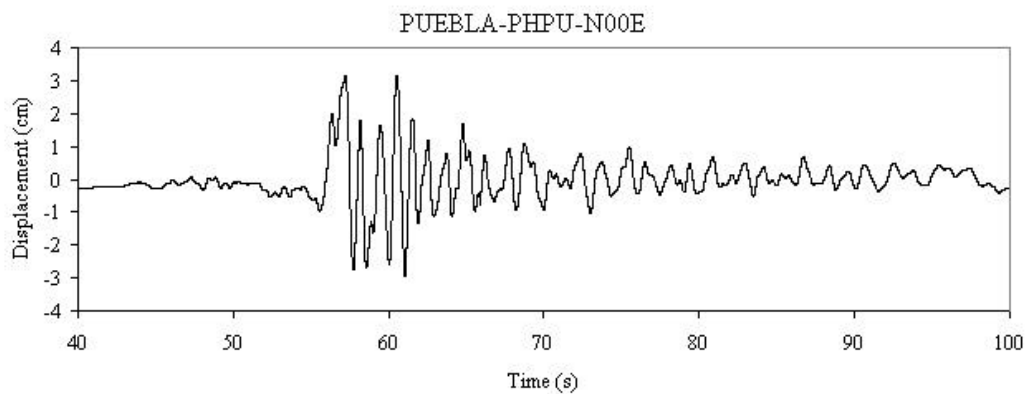
En estos acelerogramas se puede observar que el sismo, en su periodo más intenso, tuvo una duración considerable de 30 segundos y alcanzó aceleraciones de 0.06 g en la dirección noroeste y de 0.30 en dirección noreste, ambas direcciones horizontales ortogonales. Se observa que no hay una frecuencia definida aunque sí gran cantidad de picos por segundo,

lo que hace pensar que este evento fue muy severo para las edificaciones de mediana altura con periodos fundamentales relativamente cortos. “Los registros de aceleración vertical, por lo general, son mucho menores que los horizontales. Por esto la atención se centra principalmente en proteger a las estructuras del efecto de la aceleración horizontal” [Bazán, E., Meli, R. (2002)]



**Figura 3.4.5** Velocidad del suelo [CICEPAC. (2000)]

En el registro de la figura 3.4.5 se observa que la velocidad del terreno alcanzó un valor máximo de 20 cm/s en un periodo aproximado de 9 seg.



**Figura 3.4.6** Cantidad de desplazamiento [CICEPAC. (2000)]

El desplazamiento provocado por el sismo de Tehuacán registró hasta 3 cm en dirección noreste en periodos largos de 2 a 4 seg. con una duración total de 35 a 40 seg.

Este acelerografo se encuentra situado en el parque Habana de la Ciudad de Puebla, mismo que se encuentra a 15 km aproximadamente de la zona centro de la Ciudad de Puebla, en la colonia América Norte.

La mayoría de los daños ocurridos en las edificaciones de la Ciudad de Puebla se localizan en el área del centro, donde se registraron aceleraciones de hasta  $120 \text{ cm/s}^2$  y  $50 \text{ cm/s}^2$  en la periferia de la ciudad y en suelos duros. Es notable cómo los efectos de sitio están íntimamente asociados a la distribución de los daños en las ciudades sacudidas por estos fenómenos, determinados por la presencia de depósitos ya sean duros o blandos en el suelo.

### **3.5 Levantamiento de daños**

Aproximadamente a las 15:42 horas del martes 15 de junio de 1999 se suscita un sismo de magnitud 6.7 grados Richter. Movimiento de tipo trepidatorio que luego cambia a oscilatorio. Con epicentro localizado al sur-suroeste de la Ciudad de Tehuacán a una profundidad aproximada de 90 kilómetros. La parte más afectada, materialmente, fue el Centro Histórico de la capital poblana, donde se derrumbó el 70% del Palacio Municipal (edificio del siglo XVII). Además, una de las torres de la Iglesia de la Compañía de Jesús se fracturó; también se cuarteó un área significativa del edificio Carolino que en la actualidad alberga las oficinas centrales de la Universidad Autónoma de Puebla. Varios templos, como los de San Agustín, San Roque y San Francisco, sufrieron graves daños. Éstos, entre otros inmuebles, forman parte de la zona monumental catalogada como patrimonio cultural

de la humanidad [H.Ayuntamiento(1999-2002)]. Otro monumento histórico afectado fue la Iglesia de la Virgen de los Remedios, localizada en la parte superior del cerro que cubre la pirámide principal del centro ceremonial de origen prehispánico de Cholula. Los primeros informes reportaban que al menos 30 edificios no coloniales sufrieron daños en sus estructuras en porcentajes superiores al 70%.

La prensa, a lo largo de la semana siguiente al sismo de Tehuacán, editó notas informativas que afirmaban que por lo menos 14 hospitales y clínicas del Estado sufrieron estragos materiales, por lo que fueron evacuados, dificultándose además la atención a las víctimas. Cinco de ellos son de los más importantes: Traumatología y Ortopedia, H. Regional del ISSSTE, San Alejandro, H. Universitario y el del Niño Poblano. Además, 17 iglesias tienen daños materiales. En Tepexi de Rodríguez se derrumbó parte del penal; en Huejotzingo cayó la torre de un templo; en Atlixco se cuartearon casas de distintas unidades habitacionales. En Izúcar de Matamoros, 30 hogares registraron derrumbes. En San Mateo Ozolco se cayó la cúpula de un templo y, en Acatlán de Osorio y Ciudad Serdán, los Palacios Municipales sufrieron daños en sus estructuras. Es importante mencionar que este tipo de edificaciones ya son contadas a lo largo del Estado, pues el sismo las dañó en algunos casos irreparablemente y el sistema estructural que poseen es definitivamente obsoleto. De acuerdo con el Ejército, la zona más afectada incluye a los municipios de Calpan, Acatlán, Tehuacán y a la capital. Otras fuentes anunciaron también que 350 casas habitación resultaron severamente dañadas en el Estado, y el Ejército cuantifica 440 en Ozolco, Tehuacán y Acatlán.

El sismo destruyó o afectó seriamente un número apreciable de viviendas, escuelas, algunos centros de salud y un cierto número de edificios públicos. Los daños más significativos se registraron en las casas de adobe, aunque también se registraron daños importantes en un buen número de edificios de más de un piso, básicamente debido a prácticas constructivas inadecuadas. De acuerdo con el tipo de estructuras que se dañaron, parece ser que las que resintieron en mayor medida fueron estructuras rígidas, generalmente de poca altura. No fue posible incluir los efectos indirectos, es decir, los que tuvieron lugar en la producción de bienes y servicios durante el período de rehabilitación. Sin embargo, se piensa que éstos no fueron de consideración ya que los daños en la infraestructura productiva fueron mínimos.

La valoración de los daños totales ascendió a la cantidad de 150 millones de dólares. Más de tres cuartas partes de los daños totales se concentraron en el Estado de Puebla, el quince por ciento de los mismos en Oaxaca y el siete por ciento restante en cinco estados: Morelos, México, Tlaxcala, Veracruz y Guerrero. Los efectos destructivos más relevantes se registraron en monumentos históricos, edificios de oficinas, viviendas, escuelas y hospitales. También hubo ciertos daños en carreteras, puentes y líneas vitales. La actividad económica no resultó severamente afectada, salvo la actividad comercial, sobre todo la de pequeños establecimientos. Prácticamente no se registraron daños en la agricultura. Lo anterior hizo que las pérdidas indirectas (producción de bienes y servicios que dejó de generarse por efectos del sismo) hayan sido relativamente pequeñas. Entre los edificios que destacan por su valor social, más que por ser patrimonio cultural de la humanidad como los edificios coloniales, o sea, los edificios contemporáneos que resultaron seriamente dañados al menos en la capital del Estado son: El hospital de Especialidades de San José, Hospital



de San Alejandro, Hospital de Traumatología y Ortopedia, la unidad habitacional Infonavit Amalucan, el conjunto habitacional de la calle 3 Oriente, Facultad de Medicina de la BUAP, conjuntos de edificios de oficinas, un edificio de la 3 Poniente con 5 Sur entre otros que se mencionan más adelante [H.Ayuntamiento. (1999-2002)].

### **3.5.1 Hospital de San José**

Este hospital se localiza en la calle 18 oriente, entre las calles 2 y 4 norte de la ciudad de Puebla. Está compuesto por cinco cuerpos de distinta geometría y altura. Los distintos cuerpos están contruidos a base de marcos de concreto rellenos con muros de mampostería y de losas macizas de concreto apoyadas perimetralmente [Alcocer, S.M.,et al. (1999)].

### **3.5.2 Hospital General Regional No. 36 San Alejandro (HGR No. 36)**

Este importante edificio está ubicado entre las calles 10 y 6 poniente, en la colonia San Alejandro. Forma parte del Centro Médico Nacional Adolfo López Mateos, perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Fue puesto en servicio en el mes de junio de 1976. Fue construido hace 25 años con una cimentación y estructura regidas por las normas de aquella época que no tomaban en cuenta movimientos sísmicos severos [Alcocer, S.M.,et al. (1999)].

### **3.5.3 Hospital de Traumatología y Ortopedia**

Está ubicado sobre la diagonal Defensores de la República entre las calles 4 y 6 poniente. Es un hospital relativamente nuevo en comparación con la Facultad de Medicina de la BUAP. Está compuesto de una estructura esquelética de concreto reforzado a partir de columnas y traveses [Alcocer, S.M.,et al. (1999)].

### **3.5.4 U.H.Infonavit Amalucan**

La Unidad Habitacional Infonavit Amalucan está ubicada al oriente de la ciudad de Puebla. Cuenta con alrededor de 4000 viviendas desde casas duplex aisladas de uno y dos niveles, hasta edificios multifamiliares de tres y cuatro niveles [Alcocer, S.M.,et al. (1999)]

### **3.5.5 Conjunto habitacional de la calle 3 oriente 615**

Es un conjunto habitacional construido en el año de 1989. Está compuesto por 4 edificios de concreto reforzado y uno de mampostería que es el principal que alberga las oficinas. Los 4 edificios estaban contruidos con un sistema estructural conocido como planta o piso débil o flexible. Este nombre se le da ya que hay una discontinuidad de rigidez a lo largo de la altura del edificio. Esta discontinuidad se presenta en la planta baja de cada uno de los edificios. El conjunto se localiza en la calle 3 oriente # 615 de la Ciudad de Puebla, muy cerca del Centro Histórico [Cuatláyotl, S.M. (1999)]

### **3.5.6 Facultad de Medicina de la BUAP**

Esta escuela se encuentra a la altura de la calle 11 sur sobre la 31 poniente. El edificio está constituido por muros de mampostería confinada y también por columnas con una sección imponente, aparentemente muy fuerte, pues están armadas con 8 varillas de 7/8 de pulgada dispuestas en dos caras opuestas de 4 varillas cada una, y un recubrimiento de 5 cm por lado [Alcocer, S.M.,et al. (1999)]

### **3.5.7 Conjunto de edificios de oficinas**

Estas oficinas están localizadas en a esquina 11 sur y 19 poniente de la ciudad de Puebla. Aquí se encuentran las oficinas de Banrural y un local comercial. Consta de tres edificios

de siete pisos cada uno y una planta baja que es común a éstos. Cada edificio está estructurado a partir de losas de concreto reforzado que trabajan en dos direcciones apoyadas perimetralmente sobre vigas del mismo material [Alcocer, S.M.,et al. (1999)]

### **3.5.8 Edificio, esquina 3 poniente y 5 sur**

Este edificio está ubicado en la esquina que forman las calles 3 poniente y 5 sur. Este edificio fue destinado inicialmente para alojar oficinas. Es una edificación a base de marcos de concreto reforzado rellenos con mampostería en dos caras colindantes, mientras que, en las caras restantes frente a las calles, es decir, en las caras de fachada, encontramos ventanería desde el primero hasta el último piso [Alcocer, S.M.,et al. (1999)]

El sismo afectó no solo las edificaciones de la Ciudad de Puebla; también se registraron daños repartidos en muchos de los 217 municipios. Aunque son muchos los daños, en su mayoría se presentaron en edificaciones coloniales, mismas que no serán objeto de estudio de este trabajo; éstas son aquellas construidas de adobe o mampostería no confinada, por lo que solo se evaluarán las edificaciones de concreto reforzado y algunas de mampostería reforzada.

### **3.5.9 Atlixco**

Ubicada al norponiente de la Ciudad de Puebla, se registraron daños en: viviendas, la Unidad Habitacional Infonavit Atlixco, la Escuela Secundaria Gabino Barreda, la Escuela Secundaria Melchor Ocampo, entre otros con daños leves no estructurales como es la escuela Primaria Ignacio Zaragoza y el Jardín de niños de los Ángeles [H.Ayuntamiento. (1999-2002)]

### **3.5.10 Tehuacán**

Se localiza al sureste del Estado de Puebla. Se registraron daños por configuración estructural en el Cine y Sanatorio Reforma, y daños leves en la Unidad Hospitalaria Tehuacán, los hoteles Madrid y México así como, diversos establecimientos comerciales sobre la calle Reforma, con daños no estructurales sin importancia [H.Ayuntamiento. (1999-2002)]

### **3.5.11 Tecamachalco**

Tecamachalco se localiza a aproximadamente 80 km al sureste de la Ciudad de Puebla. Los daños de consideración se presentaron en un local comercial, el cual se estudia más adelante en el Capítulo V. Se registraron daños leves no estructurales en la Escuela Primaria Miguel Hidalgo y Costilla entre otras edificaciones diversas como locales comerciales alrededor de las calles Benito Juárez y 5 poniente [H.Ayuntamiento. (1999-2002)]

### **3.5.12 Palmar de Bravo**

Solo se registró daños en un Puente de la carretera Puebla –Palmar de Bravo [H.Ayuntamiento. (1999-2002)]

### **3.5.13 Chapulco**

Ubicado a unos 20 km al norte de la ciudad de Tehuacán, solo presentó daños leves en la Escuela Primaria José María Morelos y Pavón, mismos que no fueron de consideración [H.Ayuntamiento. (1999-2002)]

Gracias al Sistema Digital de Daños, creado por el Colegio de Ingenieros Civiles de Puebla, se tiene una recopilación fotográfica y datos inmensamente útil para el desahogo de esta investigación. Con su ayuda se cuenta con la información más puntual sobre la situación deteriorada de las edificaciones después del evento sísmico. A continuación, en el capítulo siguiente, se presentan las fallas más representativas de elementos estructurales de edificaciones de concreto reforzado y mampostería para, después, analizar aquellas de las construcciones afectadas por el sismo de Tehuacan en el Estado de Puebla.