

PLANEAMIENTO FISICO CONTRA DESASTRES NATURALES EN EL PERU

Por: Julio Kuroiwa *

1. INTRODUCCION

El planeamiento urbano y regional son procesos bien establecidos, aún en países de desarrollo; sin embargo, cuando ocurren fenómenos naturales violentos las pérdidas tanto humanas como materiales resultan ser cuantiosas. Revisando de manera crítica esos procesos, pueden encontrarse las razones de las fallas u omisiones que provocan tales pérdidas.

En la tarea de recolectar información básica necesaria para efectuar el planeamiento físico, el planificador obtiene muchas veces información incompleta y/o confusa sobre las "condiciones naturales de sitio", la que debería incluir las características y los efectos de los desastres naturales que puedan afectar el área en estudio. Ello lo puede llevar —si el planificador no posee formación académica respecto a los fenómenos naturales, sus efectos y forma de minimizarlos— a desear o minimizar la importancia de los índices.

Los especialistas que estudian la ciencia de la tierra, como sismólogos, geólogos, hidrólogos, hidráulicos, especialistas en mecánica y dinámica de suelos; o los que utilizan los resultados, como ingenieros estructurales, sismorresistentes, etc., han estado trabajando en algunos casos de manera descoordinada, y en otros, sus reportes no han sido claros para los otros especialistas y tampoco para el planificador. Por ejemplo, no es raro encontrar informes geológicos llenos de palabras científicas y con una porción importante de su contenido irrelevante o innecesario para los fines de planificación y para los otros especialistas.

Los desastres naturales más importantes que han afectado Latinoamérica en las 2 últimas décadas, como por ejemplo el terremoto de Ancash—Perú, 1970, el terremoto de México y el desastre de Armero, ambos de 1985, han demostrado que las condiciones naturales de sitio dadas por las características del suelo, la geología y la topografía han sido determinantes en el grado y distribución de los daños causados por fenómenos naturales violentos.

Estos comentarios, hechos a manera de introducción, se hacen efectuando una mirada retrospectiva, después de haber tratado, a partir del terremoto de Ancash—Perú de 1970, de llenar el vacío mencionado.

Al ocurrir dicho sismo, que dejó unas 67,000 víctimas, una rápida inspección de los daños efectuada pocos días después de ocurrido el terremoto, indicaba que en Chimbote y Huaraz, las ciudades más importantes de la zona macrosísmica, se habían producido el "efecto de microzona", es decir que los daños habían sido claramente mayores en áreas relativamente pequeñas que en las áreas circundantes, debido a las desfavorables condiciones de suelo, geología y topografía. Por otra parte, en el área de Lima es bien conocido el efecto de microzona que se produce en un pequeño valle, La Molina situado unos 2 — 3 kms. al este de la capital peruana, donde en sismos

* Profesor Principal Director del CISMID Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería. Lima — Perú.

que han afectado el área la intensidad ha sido 2 a 3 grados MM mayor que en el resto de la ciudad. Esto que ocurrió en 1940, 1966, 1970 y 1974 y está debidamente documentado.

Estando convencidos de la importancia de las condiciones naturales de sitio en el grado y extensión de los daños causados por los terremotos, y al percatarnos de la inmensa tarea que significaba reconstruir la zona afectada por el sismo del 31 de Mayo de 1970, se solicitó asistencia técnica al gobierno del Japón para realizar los estudios de microzonificación de Chimbote.

En el Japón, el efecto de microzona ha ocurrido repetidas veces. Los sismos han sido particularmente severos en sus valles deltaicos, donde potentes estratos de suelo de grano fino saturado amplifican las ondas sísmicas varias veces más que en los suelos firmes ubicados a corta distancia. Los estudios efectuados han permitido al Japón un mayor conocimiento respecto al comportamiento sísmico de suelos.

Es así como en Julio de 1970 llega al Perú la Misión Japonesa presidida por el Dr. Ryohei Morimoto, para entonces Director del Instituto de Investigación de los Terremotos de la Universidad de Tokyo. La misión efectuó los estudios de microzonificación de Chimbote con la asistencia de ex-becarios en el Japón, entre ellos el autor de este trabajo. El área estudiada fue dividida en 4 sectores donde se tenían diferentes riesgos (1)*.

El cuarto sector el más desfavorable donde se incluía entre otras áreas la urbanización Villa María Baja, donde los daños habían sido claramente mayores que otras zonas de la ciudad, pues allí se habían destruido o sufrido graves daños el 90 o/o de las construcciones de albañilería de ladrillo o bloques de concreto, en contraste con el 30 o/o máximo en otras zonas, fue declarado inapto para el uso urbano.

La contraparte peruana de la misión japonesa continuó efectuando los estudios de microzonificación de las otras ciudades afectadas: Huaraz, Casma, Caraz, etc. (2), utilizando la metodología japonesa con algunas variantes.

Para entonces ya había quedado claro que al estudiar una zona de interés de expansión de ciudades o la localización de obras importantes de ingeniería, era necesario incluir todos los fenómenos naturales violentos que pueda amenazar el área y que por lo tanto los estudios tienen carácter multidisciplinarios. De 1970 a 1978, se desarrolló una metodología acorde a la realidad peruana (3) basada en la parte de dinámica de suelos a métodos desarrollados en la Universidad de Tokyo, Japón y la Universidad de California, Berkeley.

Posiblemente un hecho que ha contribuido al desarrollo sostenido de la metodología, es que el coordinador de los estudios desde los inicios hasta la fecha, se haya formado inicialmente como ingeniero estructural especializado en diseño sísmico. Esto ha permitido discriminar que parte de los estudios de sismología, geología incluyendo los estudios de geodinámica externa, mecánica y dinámica de suelos, geofísica, etc. son relevantes para fijar el nivel de los coeficientes de diseño y cuál es el nivel de detalle que se debe dar a cada componente.

La metodología desarrollada, trata de responder al reto que le ofrece la agreste topografía del territorio peruano, que lo hace propenso a la ocurrencia de diversos desastres naturales. Por estas razones la metodología microzonificación—planeamiento urbano ha sido desarrollada sistemáticamente durante los 3 lustros considerando que es la manera más eficaz y racional de hacer frente a los desastres naturales y cuya síntesis incluye en este trabajo.

2. LOS DESASTRES NATURALES MAS FRECUENTES EN EL TERRITORIO PERUANO

La geografía del territorio peruano está dominada por la cordillera de los Andes constituido por cadenas de montañas que corren paralelas a la línea costera de SE a NW, ocupando un ancho de unos 350 kms en el sur y 300 kms en el norte. Como se sabe los Andes son el producto de la interacción de la placa sudamericana que conformada por materiales menos densos "cabalga" sobre la placa Nazca que con densas rocas basálticas, subduce o se mete debajo de la anterior. Este

choque de placas, que se mueven en sentido contrario a razón de varios centímetros por año, acumula grandes energías que se liberan súbitamente originando terremotos destructivos de gran magnitud como los sismos de 1746 que destruyó Lima y el de 1970 que dejó cerca de 67,000 víctimas.

Cuando el epicentro del sismo se sitúa mar afuera, sus focos son relativamente superficiales y el mecanismo de transmisión de energía del fondo oceánico a la masa de agua es eficiente predominando la componente vertical del movimiento, se generan los llamados tsunamis o maremotos, que son ondas marinas que en alta mar tienen poca altura y gran longitud de onda, pero que en aguas poco profundas de batimetría desfavorable que concentra la energía, pueden alcanzar alturas considerables causando graves destrucciones a las instalaciones de tierra, causan numerosas víctimas y destrucción de embarcaciones. En 1746, el Callao principal puerto peruano fue arrasado por tsunamis quedando vivos solamente 200 de sus 5,000 habitantes.

La costa peruana de geografía desértica ha desarrollado su infraestructura acorde con esta realidad, sin embargo cada unos 50 años el fenómeno del Niño se acentúa produciéndose lluvias torrenciales por varios meses, afectando con mayor severidad la parte norte. Los daños materiales de obras no preparadas para soportar tal magnitud de lluvia y la consecuente inundación, erosión y colmatación llegaron a unos US\$ 700 millones en 1983.

En la frontera de la franja árida de la costa y las altas montañas húmedas de la cordillera occidental de los Andes, existe una franja seca durante 9 meses, por lo que no puede sustentar vegetación que la proteja de la erosión y de los agentes mecánicos de intemperismo que actúan de manera agresiva por la diferencia de temperatura entre las horas de intensa insolación y las gélidas noches. Durante los meses de verano, enero a marzo, se producen intensas lluvias que arrastran los materiales que se han desagregado durante los 9 meses anteriores, produciéndose el transporte violento de materiales gruesos y finos acompañados de agua llamados huaycos. Este fenómeno destruye viviendas, áreas de cultivo, corta carreteras, vías férreas, canales, etc. En la cuenca del Rímac en cuyo curso inferior se ubica Lima, este fenómeno se produce todos los años, entre Santa Eulalia hasta cerca a San Mateo. En algunos años, las lluvias torrenciales afectan niveles más bajos correspondientes a zonas áridas como Chosica. En Marzo de 1987, varios huaycos afectaron esa localidad destruyendo cientos de viviendas, en las partes bajas de las quebradas que son afluentes del río Rímac.

Debido a que las altas montañas de los Andes están permanentemente cubiertas con la nieve, cuando se producen anormales incrementos de la temperatura o sacudimientos sísmicos desestabilizan la masa de nieve, éstas ruedan cuesta abajo en volumen cada vez creciente, abarcando a veces millones de m³ de nieve, lodo y rocas de diferentes tamaños. Por ejemplo Ranrahirca fue destruida en 1962 y alrededor de 13,000 personas perecieron en Yungay enterradas por avalanchas desprendidas del monte Huascarán (6,768 mts.) a raíz del terremoto de 1970.

La zona que comprende la cordillera oriental de los Andes y el llano amazónico corresponde a una de las zonas más lluviosas de nuestro planeta. Las cuencas de los ríos amazónicos comprenden zonas muy extensas. Al producirse intensas lluvias, el volumen de agua que recolectan los ríos son muy grandes. En la selva alta donde los ríos corren aún con cierto encajonamiento, el nivel del río puede crecer fácilmente en 8 ó 10 mts. de altura. En la selva baja que es plana las inundaciones abarcan extensas áreas. Este tipo de fenómenos destruyen poblaciones, plantaciones y caminos.

3. METODOLOGIA DE LA MICROZONIFICACION

El principal objetivo de los estudios de Microzonificación, es seleccionar las mejores ubicaciones, libre de la amenaza de fenómenos naturales violentos como avalanchas, deslizamientos, inundaciones, etc. y donde las ondas sísmicas no se amplifiquen en exceso. Una vez que el área general ha sido seleccionada, ésta se subdivide en áreas de diferentes riesgo empleándose para el caso la metodología que será explicada después. Los resultados se emplean principalmente en el planeamiento urbano y para decidir el emplazamiento de obras importantes de ingeniería.

En el primer caso, los sectores de menor riesgo son asignados para las áreas residenciales de alta densidad, para instalaciones industriales y en general para que allí se realicen las actividades económicas de la cual vive la comunidad. Allí también deberán ubicarse las instalaciones que son importantes en caso de catástrofes como: hospitales, asistencias públicas, cuarteles de policías y bomberos, edificios cuyo contenido es de alto valor como museos, registros públicos, etc. Las áreas más desfavorables deben ser designadas para áreas recreacionales abiertas, avenidas, etc.

Las troncales de las tuberías de agua deben evitar los suelos más desfavorables y cuando éstos cruzan suelos de diferentes características deben usarse juntas flexibles. En pasados sismos las subestaciones eléctricas han sufrido daños importantes, especialmente en los elementos de porcelana usados como aisladores. Por estas razones es necesario escoger zonas de buen suelo para este tipo de instalaciones.

La metodología de estudio de microzonificación que se viene utilizando en el Perú está incluida en la Ref. 3 y aquí se presenta un resumen, al que se ha agregado algunos comentarios que dan énfasis a la correlación que debe existir entre las diferentes especialidades que intervienen en estos estudios.

Un estudio de microzonificación típico incluye áreas de decenas o centenares de hectáreas o más, las cuales son subdivididas en sectores de diferentes riesgos, usando una aproximación interdisciplinaria y unificada de las siguientes especialidades:

Sismología. Usando las informaciones de terremotos históricos y de las tectónica del área, se determina el nivel regional de actividad sísmica. De acuerdo a los conocimientos y técnicas actuales, es impráctico tratar de definir la sismicidad de localizaciones específicas de manera precisa.

Geología. Por inspecciones de campo, interpretación de fotografías aéreas y la correlación entre las estructuras geológicas locales con la estructura regional, el geólogo determina el grado de seguridad del área basándose en la litología encontrada (tipos de rocas, características estructurales, fracturas, fallas, folding, etc.), y la posibilidad de ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa como: deslizamientos, inundaciones, erosiones, avalanchas, etc. El aspecto hidrogeológico es una parte importante del estudio. La investigación da como resultado un mapa de microzonificación geológica el cual debe ser usado como primer input para el planificador urbano y para efectuar un buen programa de exploración de suelos, de tal manera que el número de perforaciones sea el mínimo, ahorrando así tiempo y dinero. Esta parte es importante porque en la metodología planteada, el estudio de suelos es uno de los más costosos.

Mecánica de Suelos. La distribución de los pozos de exploración de suelos y su profundidad puede ser basado en el diseño preliminar tridimensional efectuado por el planificador urbano, así como en las investigaciones geológicas previas. La determinación de capacidad portante del suelo a nivel de cimentación y la determinación de la profundidad de la napa de agua, son dos de las más importantes informaciones que deben ser determinadas. Si se va a efectuar estudios de Dinámica de Suelos, los parámetros estáticos como densidad del suelo, espesor de los estratos, etc. son también determinados en esta etapa de las investigaciones.

Dinámica de Suelos. Las velocidades de las ondas P y S son los parámetros del suelo más importantes por determinar. Al presente existen en el mercado instrumentos para efectuar dichas mediciones, que son fáciles de usar y mantener, y utilizan las perforaciones realizadas en los estudios de Mecánica de Suelos para instalar geófonos a distintas profundidades. Generándose ondas P y S en la superficie mediante golpes dados con un martillo a una pieza de madera, la cual está presionada contra el suelo, se registran señales con las cuales es posible determinar las velocidades mencionadas. Este método se conoce como Down Hole, existiendo otros métodos parecidos. Up Hole, haciendo explosiones a diferentes profundidades y geófonos en la superficie; Cross Hole, donde se utilizan 2 perforaciones y empezando desde la parte más profunda, se explotan pequeñas cargas en una de ellas y se recoge la señal en el otro pozo, y se va subiendo hasta llegar cerca a la superficie.

Entonces si a través del modelo dinámico de suelo obtenido de los datos anteriores, se filtran registros de sismos reales o sismos artificiales que se supone parten de la roca q de un suelo rígido, se puede determinar las características dinámicas de los estratos a través de las cuales pasan estas ondas. Procesada la señal simulada en un computador y escalándola convenientemente, se puede determinar el espectro de diseño sísmico.

REGISTROS DE SISMOS DE PEQUEÑA MAGNITUD

En zonas de topografía accidentada, como pequeños valles encerrados, el modelaje unidimensional del suelo no da resultados que concuerdan con los registros de sismos efectuados en el área.

El registro simultáneo de sismos de pequeña magnitud con sismógrafos que son arrancados mediante ondas de radio por un sismógrafo maestro puede dar en estos casos buenos resultados.

En el verano austral de 1985, Brian Tucker del Servicio de Geología del Estado de California y su equipo vino al Perú y registraron más de 20 pequeños sismos en el área de La Molina donde se instaló una red de sismógrafos sobre suelos de diferente potencia. Para fines de comparación también se instaló un equipo en roca y otro en conglomerado seco y compacto de Lima.

En el rango de frecuencia de interés para la ingeniería se pudo notar claramente la pequeña amplificación que sufren las ondas sísmicas en el conglomerado de Lima y unos 8 – 10 veces en La Molina con respecto al registro en roca, lo que concuerda con los resultados de acelerogramas registrados en Lima y La Molina. Este método requiere de unos 10-15 equipos, de costo relativamente alto, pero los resultados son de suma utilidad para la ingeniería y pueden obtenerse en unos pocos meses.

FACTIBILIDAD DE DOTAR AGUA, DESAGUE Y ENERGIA AL AREA

Dada la situación económica actual es muy importante reducir los costos de los proyectos en su conjunto. Al decidir los sectores más adecuados para la expansión urbana es necesario determinar los costos comparativos de dotarlos de los servicios públicos esenciales como agua, desagüe, energía, transporte y comunicaciones.

Es también importante incluir en el estudio el costo comparativo de las cimentaciones de los edificios. Si se logra ahorro significativo en cada unidad de vivienda, lo que ahorre la comunidad en su conjunto a través del tiempo pueden ser sumas cuantiosas.

OTRAS INVESTIGACIONES

Si no existen mapas topográficos es necesario efectuar un levantamiento del área, ya que es la información básica para el diseño urbano. Además, este mapa ayuda a ubicar y delimitar las zonas que pueden ser afectadas por ciertos desastres naturales, como por ejemplo, las áreas bajas que pueden ser las zonas de fuerte pendiente que pueden ser susceptible de deslizamientos. Conociendo el área de la cuenca y estimado la intensidad de las lluvias es posible prever los drenajes, etc.

La información batimétrica de unas decenas de kilómetros de la línea costera es necesaria para estudiar la refracción de ondas de los tsunamis de origen cercano, con lo cual es posible calcular el tiempo de arribo del tsunami y estimar la altura de las olas y las áreas que serán inundadas.

Si el área contiene suelos que están sobresaturados y consisten en arenas finas, la posibilidad de licuefacción debe ser investigada.

INGENIERIA DE DESASTRES

En la metodología desarrollada, la coordinación de las diferentes especialidades es efectuada

por el Ingeniero Sísmico, porque él tiene un conocimiento amplio del problema y generalmente es responsable del diseño estructural. Puede por lo tanto señalar los valores de los diferentes coeficientes sísmicos dentro de rangos prácticos y asimismo puede decidir en coordinación con los otros especialistas con qué detalle deben ser efectuados los estudios de microzonificación sísmica.

El informe final sintetiza los resultados de todos los estudios anteriores y los presenta en forma de normas de diseño sísmico, de tal manera que pueden ser usadas directamente por el Ingeniero Estructural. La última parte, es especialmente importante en el Perú para los casos en que no existan normas sísmicas para obras especiales como represas, puentes, instalaciones portuarias, etc.

Sin embargo para el diseño urbano, el Ingeniero Sísmico, usualmente, no tiene suficiente conocimiento de los diferentes factores que es necesario considerar, y cómo usarlos para obtener una solución balanceada del problema, por lo que el trabajo en equipo es sumamente importante.

En los estudios de Microzonificación efectuados para la Nueva Ciudad Constitución, ubicado en la selva alta y a lo largo de las costas de Lima Metropolitana, el aspecto de amplificación de las ondas sísmicas no fue preponderante, sino las inundaciones provocadas por el río Palcazu (10 mts. de elevación del nivel) y por tsunamis de unos 6 – 7 mts. de altura en la costa, respectivamente.

Por esta razón a la especialidad que integra los estudios anteriores ha sido cambiada de Ingeniería Sísmica a Ingeniería de Desastres.

4. METODOS SIMPLIFICADOS DE MICROZONIFICACION SISMICA PARA EL PLANTEAMIENTO URBANO

Cuando ocurrió el terremoto de febrero en 1979 en Arequipa, el autor consideró que era una buena ocasión para verificar las conclusiones concernientes a la influencia de las condiciones locales en la distribución de daños, obtenidos de las investigaciones previas en los terremotos de 1970 y 1974. También para desarrollar un método simple y de bajo costo que, por prescindir de instrumentos sofisticados, pueda ser usado por personal no especializado y de poca experiencia y ser aplicado de manera extensiva en las pequeñas y medianas poblaciones del Perú, país castigado por varios tipos de catástrofes naturales.

Durante los trabajos de campo que duraron 1 año y que fueron efectuados con la participación de 5 egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI que cumplían su servicio civil de graduados—SECIGRA, se pudo observar que las condiciones naturales de sitio influyen de manera determinante en la distribución de daños. La humedad del suelo incrementa el grado de severidad de las sacudidas sísmicas; esto es particularmente cierto en suelos de grano fino. Las construcciones en pendientes tienden a sufrir mayores daños que en terrenos planos, pero cuando el suelo es rocoso los daños no se incrementan con respecto a terrenos planos de características.

La experiencia del terremoto de Arequipa de 1979, sirvió para desarrollar el método simplificado de microzonificación para ser aplicado en la expansión de pequeñas y medianas poblaciones. Informaciones más detalladas de las investigaciones efectuadas en Arequipa se pueden encontrar en la Ref. 4.

En los años siguientes, el método simplificado se ha ido mejorando y ha sido aplicado recientemente para estudiar Moquegua (5). La metodología consiste en los siguientes pasos:

- Delimitación del área de estudio. Esto obviamente disminuye la dimensión del problema por estudiar. El criterio para delimitar el área, es que los servicios de la ciudad (escuelas, mercados, recreación, etc.) deben ser utilizados diariamente sin que los pobladores tengan que realizar grandes esfuerzos para trasladarse. En las pequeñas poblaciones por ejemplo donde los niños van a pie a sus escuelas, la distancia máxima debe ser unos 2 kms

- División del área de estudio en sectores de similares características en cuanto a propiedades de suelo, topografía, amenaza de fenómenos naturales violentos, tenencia, etc.
- Calificación de cada área utilizando criterios simples de determinar como: características de suelo, capacidad portante, granulometría, grado de humedad, etc.; topografía, siendo preferible los terrenos planos a los terrenos con pendiente. Son aceptables los de tipo rocoso no así los de suelos blandos húmedos. Se descalifica los sectores amenazados por inundaciones, fallas de suelo, como deslizamientos, asentamientos, licuefacción, etc. De los resultados de esta parte se puede estimar los costos de cimentación de las edificaciones, factor que también se considera.
- Factibilidad y costo estimado de dotar al sector de los servicios esenciales, sobre todo agua, desagüe y transporte y también energía y comunicaciones.
- Selección de los sectores más seguros, sobre los cuales se recomienda que crezca la población.
- Los sectores de mayores riesgos deben ser utilizados para parques, estadios, avenidas.

Al aplicar esta metodología para Moquegua y comparándola con el plan maestro preparado para dicha ciudad, se encontró que en uno de los sectores designados como área residencial el terreno es muy accidentado, lleno de colinas, donde los costos de habilitación urbana serán muy altos, lo mismo que las cimentaciones por realizar en suelos de relleno. Por otra parte, había sido dejado de lado un terreno plano con suelos de buena capacidad portante, con algún peligro de inundación, que puede ser defendido con obras de poco costo. En este ejemplo muy reciente, se peca nuevamente en el sentido que la planificación urbana está divorciada de la realidad física dadas por las condiciones naturales existentes en las zonas de expansión de Moquegua.

5. PREOCUPACION INTERNACIONAL POR EL DESARROLLO DEL PLANEAMIENTO FISICO PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES

Si bien es cierto que los japoneses han estudiado tradicionalmente el comportamiento sísmico de los suelos y han hecho notar reiteradamente su gran influencia en la distribución de los daños causados por terremotos, el desaparecido profesor Mehmet A. Sherif de la Universidad de Seattle del estado de Washington, USA, ha sido el propulsor más entusiasta de los métodos de microzonificación para lo cual convocó y organizó tres conferencias internacionales sobre el tema en Seattle, WA, en 1972, en San Francisco, CA, en 1978 y nuevamente en Seattle, Wa en 1982.

HABITAT — Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos convocó a una reunión de expertos en su sede de Nairobi, Kenya en Enero de 1981, con la finalidad de redactar un documento que le serviría de base para que la ONU pueda recomendar a los países amenazados por desastres naturales, que no se realice ninguna expansión urbana, ni se ejecute ninguna obra importante de ingeniería si antes no se realiza estudios de microzonificación del área por ocupar. El Perú tuvo ocasión de participar en los 3 últimos eventos (3), (4) y (6).

Entre los tópicos presentados en la última conferencia mundial de Ingeniería Sísmica (la VIII) realizada en San Francisco, CA, en 1984 se pudo notar un notable incremento en los temas referentes a microzonificación con influencia del suelo y planeamiento contra desastres. En la actualidad se nota en Latinoamérica un gran interés sobre microzonificación y su aplicación al planeamiento y diseño urbano. En el CISMID, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima—Perú, se realizará un seminario internacional sobre "Microzonificación, Ingeniería Sísmica y Planeamiento Físico" en noviembre de 1988.

Se estima que en un futuro cercano dado el interés y la forma como se está difundiendo los métodos de microzonificación, este será un método estándar para estudiar las zonas de expansión de las ciudades para su aplicación en el planeamiento físico de los asentamientos humanos, donde

se da énfasis a la mitigación de los desastres naturales.

Desastres naturales que afectaron Latinoamérica en 1985, como los terremotos de México y Chile y la tragedia generada por el volcán Monte del Ruíz en Armero, Colombia, donde el efecto de microzona han sido muy claro (7), ha ayudado a convencer a los que todavía no creen o no conocen el método, que el planeamiento físico realizado en base a un buen estudio de las condiciones naturales de sitio, que se llama microzonificación, es el medio más efectivo y económico de hacer frente a los desastres naturales.

En ciudad México ubicado a 400 km del epicentro, 30 km² de su corazón gubernamental, financiero, comercial y turístico fue gravemente afectado, donde 300 edificios importantes, colapsaron o sufrieron daños irreparables y hubo que demolerlos. La ciudad abarca unos 900 km² y en el resto de la ciudad los daños fueron menores. En Lázaro Cárdenas ciudad ubicada a solo 70 kms del epicentro los daños fueron menores a moderados y solo 4 edificios fallaron. ¿Qué habría pasado? ocurrió lo que recientemente en la literatura internacional se ha llamado "Efecto ciudad México" y consistió en lo siguiente:

Las ondas sísmicas con la distancia filtran las ondas de período corto, mientras que las de período largo se transmiten a gran distancia.

Las ondas sísmicas con períodos cercanos a los 2 segundos fueron predominantes. Cuando estas ondas llegaron al fondo de lo que fue el lago Texcoco encontraron período de vibración de la masa de barro cercano a los 2 segundos, produciéndose resonancia y las ondas sísmicas se amplificaron grandemente.

Lamentablemente muchos edificios altos de 12–20 pisos, tenían período cercanos a los 2 segundos, otros con períodos más cortos (altura mediana 6–12 pisos), al irse deteriorando incrementan su valor acercándose a la condición de resonancia. Se dañaron así centenares de edificios en un área restringida.

En Chile también se pudo observar efecto de microzona en el llamado Plan en Valparaiso, zona reclamada al mar a comienzos del siglo. Los daños también fueron graves en San Antonio por las condiciones de suelo.

Armero, población que tenía más de 30,000 habitantes en 1985 se ubicaba en el cono de deyección del río Lagunillas justo a la salida de un estrecho y profundo cañón. Al entrar en actividad el cráter Arenas del volcán Monte del Ruíz el 13 de noviembre de 1985, se produjo un deshielo violento. Los ríos Azufrado y Lagunillas drenan el lado N y NE del volcán, precisamente al lado donde se ubica el cráter Arenas. El río Azufrado vuelca sus aguas en el río Lagunillas, éste último bajó con millares de toneladas de nieve, lodo y rocas, arrasando ciudad Armero, matando a 23,000 de sus habitantes.

6. ESTUDIOS DE MICROZONIFICACION EFECTUADOS

A partir de los estudios efectuados por la Misión Japonesa presidida por el Dr. R. Morimoto que realizó el estudio de Microzonificación de Chimbote con fines de su reconstrucción después de ser destruido por el terremoto del 31 de mayo de 1970; en el Perú se han efectuado estudios de varias localidades con fines de planificación urbana.

En la Tabla 1 se listan las localidades estudiadas, el año de su realización, los investigadores, así como los auspiciadores. En ella se incluyen los estudios efectuados empleando la metodología descrita en este trabajo.

7. EXPERIENCIA DE LA APLICACION DE LA MICROZONIFICACION EN EL PLANEAMIENTO URBANO

Los resultados de los estudios de microzonificación realizadas se aplicaron de manera casi

TABLA 1

ALGUNOS ESTUDIOS DE MICROZONIFICACION EFECTUADOS

Lugar	Fecha	Efectuado por	Auspicio	Observaciones
1 Chimbote	1970	Misión Japonesa (Morimoto, Koizumi, Matsuda) contraparte peruana Sub-comisión Técnica de CRYRZA.	OTCA (Oficina de Cooperación Técnica de Ultramar -Gobierno de Japón).	
2. Huaraz, Caraz, Casma, Huarney	1970-71	Sub-comisión Técnica de CRYRZA (Kuroiwa, Deza, Jaén).	CRYRZA (Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada) Gobierno del Perú.	
3. Cerro de Pasco *	1974	Kuroiwa, Deza, Jaén.	Ministerio de Vivienda y Construcción.	* Para determinar posible traslado de la ciudad.
4. Ciudad Constitución	1982-83	Kuroiwa-Kogan Ings.	HABITAT (Centro de Naciones Unidas para Asentamientos Humanos.	
5. Aplao, Pampa Corre, Huancarqui y Arequipa *	1979-80	Tesis efectuadas en la FIC de la UNI por Beltrán, Orihuela, Rodríguez y Tovar dirigidos por J. Kuroiwa.	SECIGRA (Servicio Civil de Graduandos) Ministerio de Vivienda.	* Microzonificación preliminar.
6. Costas bajas de Lima Metropolitana entre Ancón y Pucusana.	1981-83	J. Kuroiwa	UNDRO (Oficina de Naciones Unidas de Coordinación para el Socorro en caso de Desastres).	Estudio parcial considerando zonas inundables por Tsunamis.
7. Moquegua	1986	Tesis FIC-UNI por M. Vizcarra dirigido por J. Kuroiwa.	CORDEMOQUEGUA (Cooperación Departamental de Desarrollo de Moquegua).	

inmediata en la zona afectada por el terremoto de 1970. CRYRZA contaba para entonces con presupuestos específicos, tanto para realizar los estudios de planeamiento urbano así como para su implementación. En el caso de Chimbote, se montó un organismo especial el "Plan Chimbote" para realizar ambas labores, contando para esto con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Expertos con experiencia en la reconstrucción de Varsovia, Skopje (Macedonia, Yugoslavia) asesoraron el proyecto.

En el caso de Cerro de Pasco, sirvió para descartar con fines urbanos el fondo de un lago disecado donde el costo de la cimentación de las edificaciones sería muy elevado por su baja capacidad portante.

Los estudios de microzonificación realizados después del terremoto de Arequipa de 1979 que fue moderado, no implicó mayores gastos para el gobierno y los resultados no se están aplicando en la actualidad en la forma deseable. Los estudios y su aplicación para los 100 kms. de costas de Lima Metropolitana aún continúan, pero ya se han dado lineamientos generales del uso de la tierra para la zona inundable por tsunamis (9), (10).

En lo que respecta a los estudios efectuados para la ciudad Constitución en la ceja de selva, al comparar los resultados de los estudios de microzonificación con la solución planteada para el desarrollo urbano, se encontró que amplias áreas designadas para zonas residenciales eran zonas inundables, por lo que hubo que replantear la solución urbana.

En Moquegua, los estudios fueron realizados como tesis de grado de ingeniería civil. El plan maestro para la ciudad ya había sido efectuado. Se encontraron importantes discrepancias entre uno y otro. Por ejemplo, se había designado como área urbana zonas muy accidentadas, llenas de colinas, donde el costo de habitación urbana será muy costoso y en las zonas de relleno, que se preveen serán de gran espesor, en muchos lugares, se producirán importantes asentamientos y obligará en muchos casos a amarrar la cimentación de las edificaciones encareciéndolas. En cambio hay una zona descartada en el mencionado proyecto llamado quebrada del Panteón ubicada entre Moquegua y Samegua, hacia donde tiende a expandirse la ciudad, que es de suave pendiente, con suelo de alta capacidad portante, por cuya parte central drena una pequeña cuenca (unos pocos km²) que en caso de lluvias torrenciales, que son infrecuentes podrá inundarse parcialmente. Con un diseño urbano y uso de tierra adecuados, y pequeñas obras de defensa, esta área podría ser utilizada de manera muy ventajosa.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha desarrollado, en cerca de 2 décadas, métodos y técnicas prácticos y de relativo bajo costo, para efectuar estudios de microzonificación, lo que permite determinar de manera adecuada, las condiciones naturales de las zonas de expansión de las ciudades o se instala un nuevo centro urbano. Esta metodología también permite optimizar la ubicación de las obras importantes de ingeniería civil.

Al proyectar las obras en armonía con la naturaleza, considerando sobre todo sus manifestaciones violentas es posible reducir de manera drástica los daños que causan los desastres naturales.

Ya se tiene en el Perú, un ejemplo concreto de lo expresado. Cuando en 1983, las lluvias torrenciales originadas por el fenómeno del Niño inundaron los valles de la costa norte y centro del Perú, Villa María Baja, en Chimbote, se inundó y se colmató con sedimentos finos y arena. Felizmente los estudios de microzonificación realizados en 1970, había indicado que la zona no era adecuada para uso urbano por ser terreno inundable y suelo con posibilidad de licuefacción y así consideró el Plan Chimbote que preparó el Plan Maestro para la reconstrucción de la ciudad, destruida por el terremoto del 31 de mayo de 1970, en tal forma que en Chimbote prácticamente no hubieron daños en 1983.

REFERENCIAS

1. MORIMOTO R., KOIZUMI Y., MATSUDA T. and N. HAKUNO, "Seismic Microzoning of Chimbote Area, Perú", OTCA Agencia de Cooperación Técnica de Ultramar, Gobierno del Japón, 1971.
2. KUROIWA J., DEZA E. and H. JAEN, "Investigation of the Peruvian Earthquake of May 31, 1970", Memorias V Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, Roma, Italia, Junio, 1973.
3. KUROIWA J., E. DEZA. H. JAEN and J. KOGAN, "Microzonation Methods and Techniques used in Peru", Memorias II Conferencia Internacional de Microzonificación Sísmica, San Francisco, California, Noviembre–Diciembre, 1978.
4. KUROIWA J., "Simplified Microzonation Method for Urban Planning", Memorias III Conferencia Internacional de Microzonificación Sísmica, Seattle, Washington, Junio–Julio, 1982.
5. VISCARRA M. "Estudios de Microzonificación de Moquegua por el Método Simplificado" Tesis de Grado de Ingeniería Civil FIC. UNI.
6. KUROIWA J., "Studies on the Prevention of Earthquake Disasters and their Application in Urban Planning in Peru", Reunión de Expertos Ad Hoc convocado por HABITAT – Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Nairobi, Kenya, Enero, 1981.
7. KUROIWA J., "Desastres Naturales ocurridos en Latinoamérica en 1985 y sus enseñanzas para el planeamiento físico de asentamientos humanos y obras de ingeniería civil" VII Conferencia Nacional de Ingeniería Civil, Cajamarca, Perú 8 – 14 Set. 1986.
8. KUROIWA J. y J. KOGAN "Estudios de microzonificación para la nueva ciudad Constitución" Informe Especial para HABITAT, el Gobierno Peruano, Nairobi, Lima, 1984.
9. KUROIWA J. "Tsunamis": Posibles Efectos sobre Lima Metropolitana" Special report to UNDRO and the Peruvian Government, 91 pags. Lima & Genova, 1983.
10. KUROIWA J., ALEGRE E., SMIRNOFF V. and J. KOGAN. "Urban Planning for Disaster Prevention in the Low Coastal Area of Metropolitan Lima". Proc. 8 World Conf on Earthq. Eng. San Francisco, CA, July, 1984
11. VIZCARRA, MARTIN "Microzonificación Sísmica de Moquegua aplicada al Planeamiento Urbano para la Mitigación de Desastres Naturales empleado el Método Simplificado" Tesis de Ing. Civil FIC. Universidad Nacional de Ingeniería Lima 1986.