

PNUD/UNDRO

TALLER REGIONAL DE CAPACITACION PARA DESASTRES

Bogotá, Colombia, 6-24 de mayo de 1991

**MITIGACION DE DESASTRES EN EL PROCESO DE DESARROLLO ECONOMICO Y
SOCIAL**

^Por: Julio Kuroiwa

MITIGACION DE DESASTRES EN EL PROCESO DE DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL

Por Julio Kuroiwa^I

1. ANTECEDENTES E INTRODUCCION

Los métodos y las técnicas de microzonificación sistemáticamente desarrollados en el Perú desde 1970 (1)*, (2), y la experiencia ganada en aplicarlos en el planeamiento urbano para la mitigación de desastres (3), (4), (5), (6), comenzaron a aplicarse en el planeamiento del desarrollo económico y social a nivel regional en 1986. Parece ser que la Región, -en el Perú con una extensión de varias decenas de miles de Km², - es la unidad administrativa y geográfica más adecuada para planificar eficientemente contra los efectos destructivos de los fenómenos naturales violentos.

Una invitación del Centro de Naciones Unidas para el Desarrollo Regional (UNCRD, por sus siglas en inglés) a participar como expositor en un Seminario Internacional sobre Desarrollo Regional y Mitigación de Desastres realizado en el Japón en 1986 (8), y un encargo en 1987 de la OEA- Organización de los Estados Americanos, para evaluar el potencial de desastres naturales que pudieran perturbar el plan de desarrollo de la región del Trifinio -unos 10.000 Km². de territorio fronterizo que Guatemala, Honduras y El Salvador están tratando de desarrollar en un esfuerzo de integración mesoamericana, (9), (10)-, incentivaron la extrapolación de aplicar la microzonificación del planeamiento urbano al planeamiento regional.

El Perú está en pleno proceso de regionalización. Sus 1'350,000Km². que comprenden 24 departamentos están siendo transformados en 12 nuevas regiones. Se piensa que las nuevas autoridades recientemente elegidas estarían dispuestas a aceptar y a apoyar nuevas ideas a ser aplicadas en el proceso de planificación regional. Por esta razón, y tener listas las herramientas a ser usadas, se inició en la región Grau, a comienzos de 1989, un trabajo de largo aliento con el apoyo de la JICA y la UNCRD para incluir medidas de mitigación de desastres en su proceso de desarrollo económico y social. Este estudio modelo se aplicará en el desarrollo de las otras 11 nuevas regiones. La suma de los 12 planes regionales más dispositivos de carácter nacional constituye "El Plan Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres", principal proyecto del Perú para el DIRDN. Todos los estudios y sus implementaciones se realizan dentro del marco de las 2 metas para el fin de la presente década:

- Todas las obras que se construyan en el Perú serán protegidas contra los desastres naturales a través de estudios para optimizar su ubicación y la realización de diseños, construcciones y supervisiones adecuadas.

- Los habitantes del Perú, aun los que viven en las zonas más remotas conocerán los fenómenos naturales violentos que amenazan a su comunidad y sabrán cómo protegerse a sí mismos y sus propiedades.

2. MICROZONIFICACION Y SU APLICACION AL PLANEAMIENTO URBANO

La microzonificación consiste en estudios multidisciplinarios del área de interés, en general de unos pocos Km²., que toman en consideración todos los desastres naturales que pueden ocurrir en ella como: Terremotos, inundaciones, deslizamientos, avalanchas, falla del suelo, etc. Para cada

I. Profesor Principal. Jefe de Relaciones Internacionales del CISMID.FIC, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú.

* Referencia.

peligro potencial se prepara un mapa de amenazas por subzonas y su grado de peligro. La superposición de esos mapas permiten obtener un mapa de origen compuesto, donde el área en estudio queda dividida en sectores de diferentes peligros y es el mapa de microzonificación. Ese mapa es esencial en el esfuerzo de reducir las pérdidas humanas y materiales y permite reconciliar la ubicación de las obras que el hombre realiza con la naturaleza, reduciendo sustancialmente sus costos de construcción e incrementando dramáticamente su seguridad física, disminuyendo la posibilidad que al ocurrir un fenómeno natural violento se derive a situación de desastre.

En la planificación urbana, los sectores más seguros son designados para los componentes urbanos más importantes como áreas residenciales de alta densidad, y para dedicarlos a las actividades económicas de la cual vive la comunidad. Los sectores que ofrecen los mayores peligros son usados para recreación abierta, parques, avenidas amplias, paseos y otros usos apropiados.

En Lima, durante los terremotos de 1940 y 1966 se pudo notar claramente "los efectos de microzona", es decir que en zonas muy cercanas unas de otras los daños fueron muy diferentes, por la influencia de las condiciones naturales de sitio dadas por las características de suelo, geología y topografía. Así, en el centro del valle de Rímac, plano y con suelo conglomerado seco y compacto, los daños fueron menores, y aun las construcciones de adobe resistieron casi sin dañarse dichos terremotos y los anteriores que afectaron Lima. Mientras que en ubicaciones sísmicamente desfavorables, donde la intensidad sísmica fue unos 3 grados MM. mayor que en las anteriores, se dañaron con severidad construcciones de concreto reforzado. Por ejemplo, en el campus de la Universidad Agraria ubicado en La Molina un pequeño valle al este de Lima, encerrado entre cerros y con suelo de grano fino y húmedo edificaciones de concreto reforzado fallaron en los sismos de 1932, 1940 y 1966. (También en 1970 y 1974).

Por esta razón la reconstrucción de las ciudades afectadas por el terremoto de Ancash del 31 de mayo de 1970, como Chimbote (11), Huaraz y otras ciudades, se efectuaron basándose en estudios de microzonificación (12), (13).

En 1983 a raíz de la ocurrencia de los fenómenos de "El Niño", - todos los valles de la costa norte del Perú sufrieron severas inundaciones y daños cuantiosos. Esos daños unidos a la severa sequía que se produjo en el Altiplano al S.E. del Perú, produjeron una pérdida de más del 6% en el producto bruto interno del Perú. Este hecho señala la importancia de considerar la mitigación de desastres en los planes de desarrollo económico y social para evitar que los desastres naturales los retrasen de manera considerable.

En esa ocasión los daños en Chimbote fueron mínimos, pues la zona baja pantanosa, donde los daños por el sismo de 1970 llegaron a más del 90% (mientras que en otras zonas de dicha ciudad, los daños no sobrepasaron del 30%), fueron designados en el "Plan Chimbote" para parque y recreación. Las inundaciones de 1983 no produjeron daños en la zona urbana y se limitaron a interrumpir la carretera Panamericana, que cruza dicha zona pantanosa. Este ejemplo puede considerarse como un éxito de la planificación contra los desastres naturales.

Otras aplicaciones importantes de la microzonificación son: La nueva ciudad Constitución, fundada por el ex-presidente Belaúnde en la selva central del Perú en 1984. Los factores determinantes en la preparación de su mapa de microzonificación fueron los límites de inundación del río Palcazú y la topografía, pues las zonas muy accidentadas fueron omitidas - del proyecto urbano (3).

Callao fue destruido por tsunamis en 1687 y 1746. En la primera ocasión perecieron 300 personas, en la segunda 4,800 de sus 5,000 habitantes. En la actualidad viven en sus zonas inundables más de 120,000 personas. Por otra parte en los 100 Kms. de costas de Lima metropolitana se asentarán cientos de miles de personas en los próximos años. (16).

Para enfrentar dichos problemas se calculó el tiempo de llegada de la primera ola después de producido el sismo tsunamigénico y se determinaron los límites de inundación de los principales centros poblados y de las zonas que se poblarán en los próximos años. Se encontró que la primera ola llegará a las costas unos 25 minutos después de ocurrido el terremoto que lo genera. Este tiempo es vital para la formulación de planes de evacuación de la población. (17).

Ensayos efectuados en el Callao con la participación de 17,000 estudiantes, partiendo de diferentes puntos, permitieron determinar que en el tiempo disponible es posible desalojar a la mayor parte de la población de las zonas inundables. Para los ancianos y niños se han seleccionado edificios altos, sismo y tsunamis resistentes en la zona de inundación, como refugios de emergencia.

Para Punta Negra pequeña población localizada a 45Kms. al Sur de Lima, se efectuaron estudios de microzonificación/uso de suelo para la mitigación de desastres. En este caso, los límites de inundación de tsunamis y de invasión de flujo de barro, permitieron delinear el mapa de microzonificación (5). Este estudio servirá como modelo para los asentamientos humanos que se instalen a lo largo de los 100 Kms. de costa de Lima metropolitana.

3. MICROZONIFICACION HERRAMIENTA CLAVE PARA EL PLANEAMIENTO REGIONAL CONTRA DESASTRES

Tal como se ha mencionado, los estudios de microzonificación comprenden unos pocos Km², mientras que las nuevas regiones en el Perú abarcan decenas de miles de Km².

No es posible ni necesario cubrir toda la extensión de una región con detallados estudios de microzonificación, ni siquiera empleando los métodos simplificados que se desarrollaron.

La estrategia adoptada para encarar dicho problema, consiste en priorizar las áreas donde se efectuarán estudios de microzonificación de acuerdo al siguiente criterio:

- a) Ciudades importantes con rápido crecimiento demográfico.
- b) Centros poblados importantes que tienen problemas de seguridad física.
- c) Ubicación de las obras importantes que se ejecutarán en la región en el futuro cercano.

De esta manera se puede racionalizar el uso de los recursos de la región optimizando la ubicación de las obras, concordándolas con las enseñanzas que nos da reiteradamente la naturaleza, que a veces son trágicas y dolorosas.

La metodología anterior está siendo aplicada desde inicios de 1989 en la nueva región Grau, la primera en organizarse y elegir sus autoridades en el Perú y cuyo territorio fue el que sufrió los daños más severos a causa del fenómeno de "El Niño" de 1983. Cuando las nuevas autoridades tomaron posesión de sus cargos en enero de 1990, el proyecto ya tenía un año de desarrollo. En febrero de 1990, se realizó un encuentro en Piura, capital de la región, para discutir el futuro desarrollo de la región y recoger informaciones sobre pasados desastres naturales que la han afectado. Las memorias de ese evento constituyen una valiosa herramienta para los -

fines de este estudio.

En la actualidad, de acuerdo al punto "a" del proyecto, se están concluyendo los estudios de microzonificación de las ciudades de Piura, Talara y Tumbes, a cargo de egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI, que tienen una fuerte formación en ciencias de la tierra. En sus tesis, dan además lineamientos para la expansión de las ciudades hacia zonas seguras y económicas de desarrollar. Recientemente se han integrado al grupo de trabajo egresados de la Facultad de Arquitectura, quienes en sus estudios tratan con profundidad el planeamiento urbano y regional. Ellos efectuarán el planeamiento del uso del suelo para la mitigación de desastres en dichas ciudades.

Huancabamba es una pequeña población andina que se está deslizando cuesta abajo por inestabilidad de su suelo en pendiente. Las lluvias y los sismos aceleran dicho proceso y hay numerosas edificaciones con importantes daños.

Estudios de microzonificación realizados en Huancabamba y alrededores han permitido ubicar una zona cercana y segura que puede ser desarrollada a bajo costo, adonde se trasladará paulatinamente a la población. Para ello se ha preparado el respectivo plan de habilitación urbana. Se ha diseñado para la parte alta de la ciudad actual, canales de intersección de flujo de agua y drenaje para evitar que la masa de suelo de la ciudad se sature, agravando el problema de deslizamiento.

En lo que respecta a las obras públicas por ejecutar, se ha obtenido de las autoridades regionales el listado tanto de las grandes obras cíviles a ejecutarse en el ámbito rural, así como las obras urbanas. Para optimizar la ubicación de las primeras se efectuarán estudios de microzonificación de la zona general de sus emplazamientos, lográndose reducir sus costos de construcción e incrementar dramáticamente su seguridad física. Las obras urbanas a realizarse en Piura, Talara y Tumbes podrán ubicarse en las posiciones más favorables utilizando los mapas de microzonificación que se están concluyendo.

En las otras ciudades habrá que estudiar la mejor ubicación de las obras urbanas de manera específica, si antes no se efectúan los estudios de microzonificación para toda la ciudad. Parte de los resultados de los estudios mencionados han sido reportados en las referencias (14), (15).

Por otra parte con los auspicios de la UNCRD, el autor está estudiando los fenómenos más destructivos y frecuentes que afectan la región Grau para utilizar los resultados en la planificación de los desastres; y también como base para programas educativos propios de la región, tanto escolarizados como de difusión para la población en general, de acuerdo a la meta número 2 del Perú para fines de la presente década.

Para compartir la experiencia peruana en estos temas con los hermanos latinoamericanos, el CISMID- Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica de Investigación de Desastres de la UNI, con los auspicios de la JICA, ha organizado los denominados "Seminarios en Terceros Países" a los que anualmente concurren 30 becarios, 20 de países latinoamericanos afectados por desastres naturales y 10 peruanos:

- 1990 Microzonificación y Servicios Públicos Vitales.
- 1991 Microzonificación y Planeamiento Urbano, y,
- 1992 Microzonificación y Planeamiento Regional.

Debido a la internacionalización de las actividades del CISMID y las oportunidades brindadas al autor por UNDRR, OEA y HABITAT de realizar trabajos de consultoría en Centroamérica y en países del norte de Sudamérica, en la metodología general de microzonificación se han incluido fenómenos que no son frecuentes o no ocurren en el Perú, como actividad volcánica.

ca, temporales tropicales y huracanes, pero que son importantes para los países mencionados allí.

Con la finalidad de promocionar aun más la incorporación de medidas de mitigación en el proceso de desarrollo económico y social a nivel regional, en junio del presente año se realizará un taller internacional en Piura, con los auspicios de UNCRD, al cual han sido invitados 16 expositores: 4 del Japón, 4 de USA y la ONU, 4 latinoamericanos y 4 peruanos. Participarán las autoridades y responsables de la planificación de la región Grau y delegados de las regiones ubicadas al norte de Lima.

4. COMENTARIOS FINALES

En algo de más de dos décadas se han desarrollado métodos y técnicas de microzonificación, que de sofisticados y costosos han devenido al método simplificado y de costo reducido; que permiten una fácil comunicación entre los diferentes especialistas, preferentemente con la utilización de gráficos como es el mapa de microzonificación. Los mapas de microzonificación son herramientas básicas para el planeamiento urbano y regional que tiene como objetivo la prevención y mitigación de desastres. Se ha encontrado que la región es la unidad política y geográfica más adecuada para optimizar su aplicación.

La experiencia en el desarrollo y la aplicación de los métodos de microzonificación han demostrado que no hay mayor problema desde el punto de vista técnico, ni tampoco desde el punto de vista de la financiación de los estudios, si se formulan buenos proyectos; pero la mayor dificultad se presenta cuando las autoridades locales no toman la iniciativa política de desarrollar y apoyar programas de prevención y mitigación de desastres de su comunidad. En ese sentido los altos funcionarios de las Naciones Unidas y de los gobiernos que asisten a este Seminario tienen por delante un problema que pueden ayudar a resolver, y es este último mencionado.

REFERENCIAS

1. KUROIWA J., DEZA E., JAEN H., y KOGAN J. (1978) "Microzonation Methods and Techniques used in Peru", Memorias II Conferencia Internacional de Microzonificación Sísmica, Vol.1, pp 341-352, San Francisco, California.
2. KUROIWA J., (1982a) "Simplified Microzonation Method for Urban Planning" Memorias III Conferencia Internacional de Microzonificación Sísmica, - Vol.II, pp 753-764. Seattle, Washington.
3. KUROIWA J. y KOGAN J., (1984a) "Estudios de Microzonificación para la Nueva Ciudad Constitución", Informe Especial para HABITAT y el Gobierno del Perú. Nairobi y Lima.
4. KUROIWA J., ALEGRE E., SMIRNOFF V. y KOGAN J., (1984b) "Urban Planning for Disaster Prevention in the Coastal Area of Metropolitan Lima". Memorias VIII Conf. Mundial de Ingeniería Sísmica. Vol VII, pp 801-808, San Francisco, C.A.
5. TOLEDO MONICA (1988) "Planeamiento Urbano para la Mitigación de Desastres en el Distrito de Punta Negra", Tesis de Bachiller, 2 Vol. Fac. de Arquitectura UNI. Lima.
6. KUROIWA J., (1981), "Studies on the Prevention of Earthquake Disasters and their Application in Urban Planning in Peru", 25 pgs. Reunión de Expertos Ad Hoc convocado por Nairobi, Kenya.
7. KUROIWA J., (1986a) "Physical Planning for Multi-Hazard Mitigation". Me

memorias del Simposio Internacional sobre Riesgos Naturales y Provocados por el Hombre", pp.805-816, Reidel Pub. Co. Holland, Rimouski, Quebec, Canadá.

8. KUROIWA J., (1986b) "Planning and Management Regional Development for Earthquake Disaster Mitigation" Seminario Internacional sobre Planeamiento del Desarrollo Regional para la Prevención de Desastres, organizado por el UNCRD, Nagoya. Shizuoka y Tokio.
9. KUROIWA J., (1987a) "Evaluación de los Riesgos Naturales en la Región del Trifinio" Informe Especial para el Proyecto Trifinio y el Departamento de Desarrollo Regional de la Organización de Estados Americanos OEA, 75 pgs., Guatemala.
10. KUROIWA J., (1987b) "Recomendaciones (Normas) Integradas para la Mitigación de Desastres Naturales en la Region del Trifinio y sus Comentarios". Informe Especial para el Proyecto Trifinio y el Dpto. de Desarrollo Regional de la Organización de Estados Americanos OEA, 31 pags., Guatemala.
11. GOBIERNO DEL PERU y PNUD (1971-1974) "Plan Chimbote".
12. MORIMOTO R., KOIZUMI Y., MATSUDA T. and HAKUNO N. (1971) "Seismic Microzoning of Chimbote Area, Peru" OTCA. Agencia de Cooperación Técnica de Ultramar. Gob. del Japón.
13. KUROIWA J., DEZA E. y JAEN H. (1973). "Investigation of the Peruvian Earthquakes of May 31 1970", Memorias V Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica, Vol. 1, pp 447-456, Roma, Italia.
14. KUROIWA J., KUMAGAI Y. y SATO J. (1990a). "El Desarrollo Económico y Social de la Región Grau y los Desastres Naturales Base para el Plan Nacional para su Prevención y Mitigación", Mem. VIII Cong. Nac. de Ing. Civil, 11 pgs., Piura.
15. KUROIWA J., (1990b) "Disaster Prevention and Mitigation in the Social and Economic Development of the New Grau Region. The Basis for a National Plan for Peru". IDNDR. International Conference 1990, Japan, 8 pags. Yokohama & Hiroshima.
16. KUROIWA J., (1983) "Tsunamis, Sus Efectos sobre las Costas de Lima Metropolitana" Vol.91 pgs. Trabajo auspiciado por UNDRO. Ginebra.
17. KUROIWA J., KOGAN J., (LIMA), PREUSS J. y PREUSS R., (Seattle, WA) (1989) "Plan de Preparación para Tsunamis". Investigación coordinada por Defensa Civil del Perú, 3 volúmenes. Auspiciado por USAID/OFDA, Lima & Seattle.

PNUD/UNDRRO **TALLER REGIONAL DE CAPACITACION PARA DESASTRES**

DESASTRES NATURALES TERREMOTOS: ORIGEN, DEFINICIÓN, TIPOS, FUENTES Y USO DE INFORMACIÓN Alberto Sarría Molina¹

INTRODUCCION

Los sismos han sido el azote más temido por la humanidad. Su ocurrencia súbita, casi siempre sin previo aviso y su carácter de violencia aterradora se combinan con la sensación de impotencia de los ciudadanos inermes que ven derrumbarse sobre ellos todo lo que representa su patrimonio, muchas veces logrado mediante una larga vida de dedicación y sacrificio.

Las catástrofes sísmicas, por devastadoras que hayan sido, no guardan relación directa con la preparación de la comunidad para sufrirlas de nuevo. En general, el pasado se olvida a veces fácil e irresponsablemente, con la complicidad de los gobiernos de las áreas propensas a ser destruidas de nuevo por el mismo fenómeno. Una razón que colabora en esta falta de memoria, que por fortuna está en proceso de cambio en algunos países o regiones, es que los funcionarios públicos no son muy conscientes de las verdaderas implicaciones del fenómeno sísmico; y no lo son muchas veces por falta de información sencilla y apropiada.

Este trabajo tiene por objeto presentar algunas implicaciones ingenieriles del fenómeno de un sismo intenso, con el fin de que cualquier persona se entere del asunto en su verdadera dimensión. Por tanto, no se hará referencia a nada técnico sino más bien a las características de los fenómenos sísmicos a la luz del interés del funcionario público o de los organismos de socorro. Para ello se describe el ambiente en el cual ocurre el fenómeno y su potencial como evento capaz de producir una catástrofe.

¹Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Civil

OCURRENCIA DE LOS SISMOS

Los sismos han ocurrido desde tiempos inmemoriales, posiblemente hayan acompañado a la Tierra en su más temprana evolución. Puede afirmarse que seguirán ocurriendo en el futuro porque son fenómenos que obedecen a los movimientos de enormes masas sólidas cuyo motor está originado posiblemente en movimientos del interior terrestre, producidos por el incremento de la temperatura interna en términos de la profundidad. La temperatura en la superficie del planeta es muy pequeña, mientras que hacia el centro puede llegar a varios miles de grados. Tan enormes masas y fuerzas en juego no pueden desaparecer rápidamente, pues su aparición es lenta y lenta será su desaparición. Cuando se habla de lenta debe pensarse en términos geológicos, en cuya escala de tiempo un año es un instante.

Los sismos son manifestaciones de esa dinámica interna, en la cual hay en juego una energía que se acumula muy lentamente y que por diversos motivos se libera súbitamente, de vez en cuando. Algo que se acumula lentamente pasa desapercibido para el hombre pero si aquello se libera muy rápido, puede ocurrir una catástrofe. En términos familiares puede pensarse en la similitud siguiente: sin un tanque de agua elevado se vacía lentamente, nada anormal ocurre; pero si se rompe y se vacía súbitamente, puede haber destrucción y muerte.

En la zona donde ocurre un sismo se producen ondas que se propagan por el interior y la superficie de la Tierra sacudiendo todo lo que encuentran en su camino; por esto, pueden producir fuertes movimientos no sólo en donde ocurre el sismo sino también a distancias importantes. Si el sacudimiento es lo suficientemente fuerte, puede producirse destrucción sobre las construcciones que no se hayan construido teniendo en cuenta esa posibilidad.

Los sismos no ocurren en toda la superficie del planeta. El porcentaje de superficie habitada de la Tierra que puede verse sacudido fuertemente por un sismo intenso es relativamente menor. El llamado Cinturón de Fuego del Pacífico que se inicia en el sur de América del Sur y se prolonga a lo largo de la Costa del Pacífico de las Américas para pasar por Japón y llegar a Nueva Zelanda, es un área muy propensa a ser sacudida por sismos muy intensos. También lo es la zona que se extiende desde el Mediterráneo y pasa por Turquía, Irak, Irán y Pakistán. Hay otras zonas de menor propensión ubicadas en las penínsulas de Italia y los Balcanes. Un aspecto interesante a tener en cuenta es que las zonas a las que se hace referencia son alargadas; son más bien franjas de varios centenares o miles de kilómetros de longitud, con un ancho promedio mucho menor, aunque en determinados casos el ancho puede ser de varios centenares de kilómetros.

Los funcionarios de las agencias internacionales pueden consultar los llamados mapas de amenaza que en la actualidad están disponibles en la mayoría de los países que son propensos a la ocurrencia de sismos intensos, sea en su territorio o en sus vecindades inmediatas. No hay en la actualidad estudios internacionales cooperativos que permitan disponer de mapas de amenaza sísmica integrados bajo conceptos similares que les confieran mayor homogeneidad. Aquí cabe resaltar el esfuerzo que actualmente está iniciando el Instituto Panamericano de Geografía e Historia con sede en Ciudad de México, con la colaboración de CIID de Canadá. En este esfuerzo, la Universidad Autónoma de

México, el Cepredenac de Centro América y Ceresis de Sur América, están uniendo sus capacidades para hacer un mapa de amenaza integrado de América Central incluyendo México, el Caribe y Sur América.

DEFINICIONES Y ASPECTOS COMPLEMENTARIOS

Para poder hablar sobre los sismos es necesario apoyarse en algunas definiciones sobre aspectos de interés común entre sismólogos, geólogos, ingenieros y funcionarios públicos que laboran en aspectos conexos. Una primera apreciación que aparece a la vista es la necesidad de poder comparar un sismo con otro; hay que tener en cuenta que los sismos no pesan, no tienen ni forma ni color. Se los compara entre sí mediante dos procedimientos que se describen a continuación.

El primer procedimiento consiste en evaluar los daños producidos por un sismo sobre determinados tipos de construcción y comparar esos daños con las clasificaciones que aparecen en las llamadas tablas de intensidad. En dichas tablas, que varían de grado en grado de destrucción, a cada grado le corresponde una cierta capacidad de daño sobre construcciones en tierra o adobe, en ladrillo o en otras edificaciones. El analista observa los daños y los compara con lo que presenta la tabla y establece la llamada intensidad local en determinado grado. Esto repetido muchas veces en una misma ciudad o en el área afectada, permite interpolar los valores con igual grado de destrucción para establecer los llamados mapas de isosistas, es decir curvas con daños iguales o similares, en diferentes partes. En la actualidad las escalas más empleadas son la MM, llamada modificada de Mercalli que va desde el grado I correspondiente a sismos imperceptibles, hasta el XII correspondiente a un sismo catastrófico que nada dejó en pie. La otra escala es la MSK, de uso más frecuente en Europa, que va desde el grado I hasta el X, con connotaciones extremas e intermedias similares a las mencionadas para la escala MM.

El segundo procedimiento para comparar los sismos entre sí, corresponde a la evaluación de la magnitud o el momento sísmico. Las magnitudes que más frecuentemente aparecen en los informes técnicos son las denominadas mb (también Mb) y Ms. Son distintas porque se evalúan con base en los registros de ondas diferentes, internas de período corto en el caso Mb y superficiales de período largo en el caso Ms. Los instrumentos que registran las ondas se denominan genéricamente sismógrafos. Son instrumentos de precisión con avanzada tecnología electrónica en la actualidad. Estos instrumentos tomados colectivamente conforman redes de detección que se operan desde observatorios especializados. El momento sísmico es otra medida de comparación más reciente pero que cada día se vuelve más importante; para su evaluación también se requiere el registro de las ondas en los sismógrafos.

Obsérvese entonces que para evaluar las intensidades no hay que recurrir a instrumentos. Además, como muchas construcciones son muy antiguas, se puede recurrir a las descripciones de los daños de sismos del pasado y asignarles intensidades aproximadas porque dichas construcciones eran similares a muchas que resultan afectadas por los sismos actuales. Así se extiende el conocimiento a lapsos mucho mayores; esa es la enorme importancia de las escalas de intensidades, cuando son bien

manejadas. En cambio, cuando se habla de magnitudes no se hace referencia a los daños. La magnitud por sí misma no implica daño. Un sismo de muy elevada magnitud que ocurre a gran distancia de una ciudad no produce ningún daño. Un sismo de muy pequeña magnitud, como el de Popayán Colombia en marzo 31 de 1983 con M_b igual a 5.5, puede producir enormes daños. La distancia debe acompañar a la magnitud para que se la pueda asociar al daño potencial.

Se mencionó antes el término distancia como esencial para establecer la potencialidad de daño catastrófico o grave en una edificación. La distancia mencionada es aquella en línea recta entre el llamado foco o hipocentro y la edificación o ciudad bajo consideración. Los sismólogos pueden evaluar en qué parte se inicia la liberación súbita de la energía, analizando los registros que dejan las ondas en diferentes sismógrafos. A ese punto que es más bien hipotético, se lo denomina foco. Tiene coordenadas de longitud, latitud y profundidad y una hora de ocurrencia. La proyección del foco sobre la superficie terrestre es el epicentro del sismo, que tiene coordenadas de longitud y latitud, pero no de profundidad porque está sobre la superficie.

A la profundidad focal están ligados los conceptos de foco superficial, de profundidad intermedia y profundo. En general, se estima que profundidades focales iguales o inferiores a treinta kilómetros corresponden a sismos superficiales. Profundidades superiores hasta unos ciento veinte a ciento cincuenta kilómetros, corresponden a sismos de profundidad focal intermedia y de allí hasta cerca de setecientos kilómetros que es posiblemente la máxima, son profundos. No hay acuerdo sobre qué profundidades son las que limitan las categorías de sismos anotadas.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta como información general, es que los sismos pueden ocurrir en zonas de expansión en las cuales las masas se alejan una de otra, de compresión en donde las masas chocan entre sí y ambientes de desplazamiento, sean de tipo horizontal, vertical o combinado en los cuales se mueven relativamente entre sí, deslizándose una contra la otra o una sobre la otra. A las zonas de compresión, caso del Cinturón del Pacífico por ejemplo, están asociadas las cadenas montañosas y los volcanes. Por eso se dice que cordilleras, terremotos y volcanes son manifestaciones de las mismas fuerzas internas de la Tierra.

Los sismos destruyen las construcciones porque la cimentación de éstas queda sobre la Tierra; los cimientos se mueven al pasar las ondas sísmicas que tienden a arrastrar a la construcción con su movimiento. Como la construcción pesa, se opone al movimiento desarrollando fuerzas proporcionales al peso de sus componentes. Son las llamadas fuerzas de inercia. Por otra parte, la edificación está compuesta por elementos que pueden arrastrar a las partes de la construcción porque disponen de una propiedad muy importante denominada rigidez. Es la propiedad que tienen muchos cuerpos que hace que no se dejen aplastar o doblar. Estas consideraciones adicionales sirven para mencionar que el efecto de los sismos sobre las construcciones, resulta en general muy diferente al del viento, que también empuja las edificaciones. En los sismos lo más dañino resulta a menudo del efecto oscilante derivado de la acción transitoria de las ondas con la masa y la rigidez de la edificación. En el caso del viento el efecto oscilante resulta mucho menor en la mayoría de los casos, e importante sólo en casos excepcionales, como en grandes puentes colgantes.

FUENTES DE INFORMACION

Muchos países ubicados en zonas propensas a la ocurrencia de sismos intensos, disponen de servicios sismológicos nacionales. En Colombia por ejemplo, la Red sismológica Nacional inicia la operación de una red muy moderna durante el año 1991; esta red tiene cubrimiento nacional y funciona con sede en Ingeominas, Bogotá. Está además el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos que opera seis estaciones sismológicas; funciona con sede en Bogotá. Está el Observatorio Sismológico del Sur Occidente que opera una red regional para la investigación de la zona de subducción y los maremotos; funciona con sede en Cali.

En general, las diferentes redes poseen sus propios boletines informativos, que permiten a los interesados tener acceso a la información sismológica que se va recolectando con los equipos.

A nivel internacional, el Servicio Geológico de Estados Unidos conforma una de las más consultadas y actualizadas fuentes de información. En la actualidad se adelantan esfuerzos cooperativos entre varios países para instalar redes de cubrimiento más amplio, de tipo continental, que intercambien información más rápidamente con otras instituciones similares. Mejor información, permitirá aumentar la calidad de los resultados sobre predicción de la ocurrencia de sismos futuros que en la actualidad se hacen en muchas partes. Estos esfuerzos podrán llegar algún día a limitar las dimensiones de las catástrofes sísmicas, al menos reduciendo muertes y heridas en los habitantes de las ciudades posiblemente afectadas.

CONCLUSIONES

Del material presentado se obtienen las siguientes conclusiones generales:

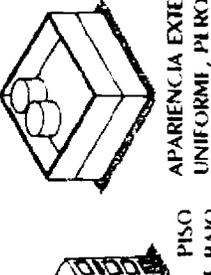
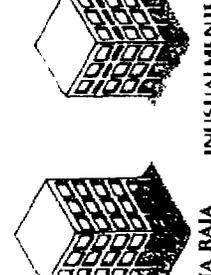
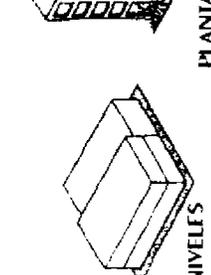
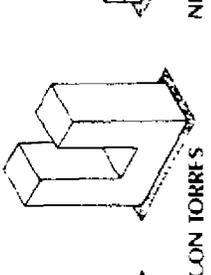
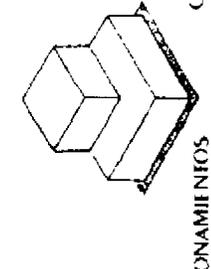
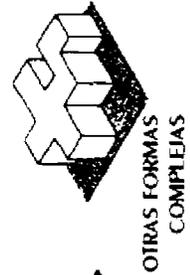
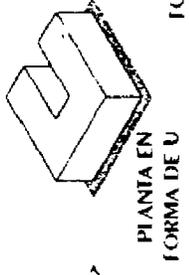
- 1° Los sismos, las montañas y los volcanes, son atribuidos en la actualidad a las manifestaciones de la dinámica del interior terrestre, producida por la variación de la temperatura interna de la Tierra, pequeña en su superficie y superior a seis mil grados centígrados en el centro.
- 2° Los sismos no ocurren igualmente distribuidos sobre la superficie del planeta. Por el contrario, hay ciertas franjas más o menos definidas a lo largo de las cuales se presenta la inmensa mayoría de éstos.
- 3° Lo que la gente siente cuando ocurre un sismo, son los sacudimientos producidos por las ondas de esfuerzo que se propagan por el interior y la superficie de la Tierra.
- 4° Hay dos maneras fundamentales de comparar los sismos entre sí. La primera corresponde a la evaluación de los daños teniendo en cuenta escalas apropiadas, de las cuales la de mayor uso es la de Mercalli. La segunda se apoya en los registros del

paso de las ondas en instrumentos llamados sismógrafos, la cual conduce a la noción de magnitud de un sismo. Intensidad y magnitud son dos conceptos completamente diferentes.

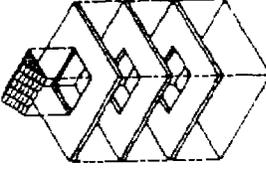
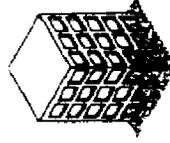
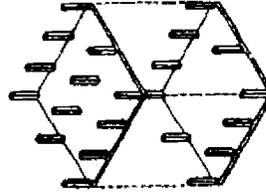
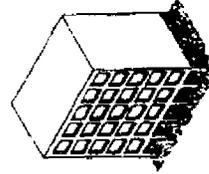
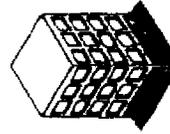
- 5° Las construcciones se sacuden durante un sismo, porque las ondas sísmicas mueven la cimentación y la cimentación trata de arrastrar en su movimiento a la edificación. Por esta razón, hay oscilaciones de la construcción, las cuales a menudo son la causa principal de la destrucción.
- 6° Las principales fuentes de información sobre las características de los sismos se encuentran en el Servicio Geológico de Estados Unidos. Además los diferentes países ubicados en zonas de actividad sísmica poseen sus propias fuentes de información.

ESTRUCTURAS IRREGULARES O SISTEMAS DE MARCOS (SEAOC)

A. EDIFICIOS CON CONFIGURACION IRREGULAR



ESCALONAMIENTOS

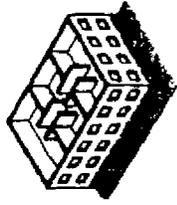


B. EDIFICIOS CON CAMBIOS ABRUPTOS DE RESISTENCIA LATERAL

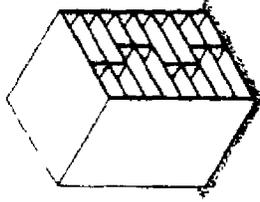
B. EDIFICIOS CON CAMBIOS ABRUPTOS DE RESISTENCIA LATERAL

ESTRUCTURAS IRREGULARES O SISTEMAS DE MARCOS (SEAO)

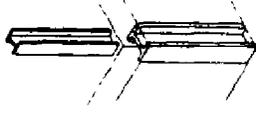
C. EDIFICIOS CON CAMBIOS ABRUPTOS EN SU RIGIDEZ LATERAL



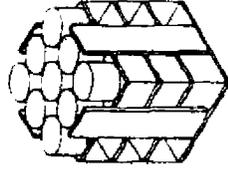
MUROS RESISTENTES AL CORTANTE EN ALGUNOS PISOS, MARCOS RESISTENTES AL MOMENTO EN OTROS



INTERRUPCION DE ELEMENTOS VERTICALES RESISTENTES



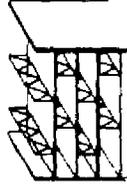
CAMBIOS ABRUPTOS EN EL TAMAÑO DE LOS MIEMBROS



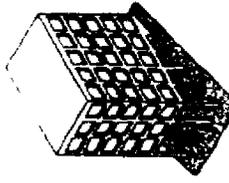
CAMBIOS DRÁSTICOS EN LA RELACION MASA/RIGIDEZ



ESTRUCTURAS SOPORTADAS POR CABLES



ARMADURAS ALTERNADAS



EDIFICIO SOBRE LADERAS DE COLINAS



CASCARONES

D. ASPECTOS ESTRUCTURALES INUSUALES O NOVEDOSOS

**VALOR DE
INTENSIDAD**

DESCRIPCION

- I. No sentido
- II. Sentido por personas en posición de descanso, en pisos altos o situación favorable.
- III. Sentido en el interior. Objetos suspendidos oscilan. Vibraciones como si pasara un camión ligero. Duración apreciable. Puede no ser reconocido como un terremoto.
- IV. Objetos suspendidos oscilan. Vibraciones como al paso de un camión pesado o sensación de sacudida como de un balón pesado golpeando las paredes. Automóviles parados se balancean. Ventanas, plato, puertas vibran. Los cristales tintinean. Los cacharros de barro se mueven. En el rango alto de IV, los tabiques y armazones de madera crujen.
- V. Sentido al aire libre; se aprecia la dirección. Los que están durmiendo se despiertan. Los líquidos se agitan, algunos se derraman. Objetos pequeños inestables desplazados o volcados. Las puertas se balancean, se cierran, se abren. Contraventanas y cuadros se mueven. Los péndulos de los relojes se paran, comienzan a andar, cambian de periodo
- VI. Sentido por todos. Muchos se asustan y salen al exterior. La gente anda inestablemente. Ventanas, platos y objetos de vidrio se rompen. Adornos, libros etc. se caen de las estanterías. Los cuadros se caen. Los muebles se mueven o vuelcan. Los revestimientos débiles y las construcciones de tipo D se agrietan. Las campanas pequeñas suenan (iglesias, colegios) Árboles, arbustos sacudidos visiblemente.
- VII. Difícil mantenerse en pie. Sentido por los conductores. Objetos suspendidos tiemblan. Muebles rotos. Daño a edificios del tipo D incluyen grietas. Las chimeneas débiles se rompen a ras del tejado. Caída de cielos rasos, ladrillos sueltos, piedras, tejas, cornisas, también antepechos no asegurados y ornamentos de arquitectura. Algunas grietas en edificios de tipo C (plazas en estanques, agua enturbiaada con barro). Pequeños corrimientos y hundimientos en arena o montones de grava (campanas grandes suenan. Canales de cemento para regadío dañados.
- VIII. Conducción de los coches afectada. Daños en edificios del tipo C; colapso parcial. Algún daño a construcciones de tipo B; nada en edificios de tipo A. Caída de estuco y algunas paredes de mampostería. Giro, caída de chimeneas, rimeros de fábricas, monumentos, torres, depósitos elevados. La estructura de las casas se mueve sobre los cimientos si no están sujetas; trózos de pared sueltos, arrancados. Ramas de árboles rotas. Cambios en el caudal o temperatura de fuentes y pozos (rietas en suelo húmedo y pendientes fuertes.
- IX. Pánico general. Construcciones del tipo D destruidas; edificios tipo C seriamente dañados, algunas veces con colapso total; edificios tipo B con daños importantes. Daño general en los cimientos. Armazones arruinados. Daños serios en embalses, Tuberías subterráneas rotas. Amplias grietas en el suelo. En áreas de aluvial eyección de arena y barro, aparecen fuentes y cráteres de arena.
- X. La mayoría de las construcciones y estructuras de armazón destruidas con sus cimientos. Algunos edificios bien construidos en madera y puentes, destruidos. Daños serios en presas, diques y terraplenes. Grandes corrimientos de tierras. El agua rebasa las orillas de canales, ríos, lagos, etc. Arena y barro desplazados horizontalmente en playas y tierras llanas (Carriles torcidos.
- XI. Carriles muy retorcidos. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio.
- XII. Daño prácticamente total. Grandes masas de rocas desplazadas. Visuales y líneas de nivel deformadas (objetos proyectados al aire