

MITIGACION



GUIAS PARA LA MITIGACION DE RIESGOS NATURALES EN LAS INSTALACIONES DE LA SALUD DE LOS PAISES DE AMERICA LATINA

Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud

UNA CONTRIBUCION AL DECENIO INTERNACIONAL PARA LA REDUCCION DE DESASTRES NATURALES

Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina

Table of Contents

<u>Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina</u>	1
<u>Prefacio</u>	1
<u>Resumen de recomendaciones</u>	2
<u>Capítulo 1: Alcance y objetivos</u>	3
<u>1.1 Introducción</u>	3
<u>1.2 Objetivos</u>	3
<u>Capítulo 2: Características de las amenazas naturales en los países de América Latina</u>	4
<u>2.1 Introducción</u>	4
<u>2.2 Definiciones generales</u>	5
<u>2.3 Terremotos</u>	6
<u>2.4 Erupciones volcánicas</u>	10
<u>2.5 Huracanes</u>	13
<u>2.6 Inundaciones</u>	15
<u>Capítulo 3: La naturaleza crítica de las instalaciones de ea salud en relación con la mitigación de desastres</u>	16
<u>3.1 Importancia relativa de las instalaciones</u>	16
<u>3.2 Hospitales</u>	16
<u>Capítulo 4: Diseño considerando amenazas naturales</u>	18
<u>4.1 Aspectos generales</u>	18
<u>4.2 Terremotos</u>	19
<u>4.3 Huracanes</u>	21
<u>4.4 Inundaciones</u>	24
<u>Capítulo 5: Diseño de nuevas instalaciones de la salud considerando múltiples amenazas</u>	25
<u>5.1 Diseño conceptual</u>	25
<u>5.2 Proceso de diseño</u>	26
<u>5.3 Comparación de las características de diseño para múltiples amenazas</u>	26
<u>5.4 Aplicación de las guías</u>	27
<u>5.5 Limitaciones para la aplicación</u>	28
<u>5.6 Adquisición, instalación y mantenimiento de equipos</u>	29
<u>Capítulo 6: Intervención y refuerzo de instalaciones de la salud considerando amenazas múltiples</u>	29
<u>6.1 Introducción</u>	29
<u>6.2 Evaluación de la vulnerabilidad</u>	30
<u>6.3 Estrategias para su aplicación</u>	33
<u>Referencias</u>	34
<u>Anexo 1: Escala de intensidad Mercalli modificada (versión de 1956)1</u>	34
<u>Anexo 2: Distribución geográfica de las máximas intensidades sísmicas en América del Sur</u>	35
<u>Anexo 3: Volcanes activos de América Latina</u>	45
<u>Anexo 4: Formato para análisis de vulnerabilidad</u>	52
<u>Anexo 5: Lista de chequeo</u>	54

MITIGACION



GUIAS PARA LA MITIGACION DE RIESGOS NATURALES EN LAS INSTALACIONES DE LA SALUD DE LOS PAISES DE AMERICA LATINA

Organización Panamericana de la Salud
Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud

UNA CONTRIBUCION AL DECENIO INTERNACIONAL PARA LA REDUCCION DE DESASTRES NATURALES

Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina

PROGRAMA DE PREPARATIVOS PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA Y COORDINACION DEL SOCORRO EN CASOS DE DESASTRE

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD

En la cubierta: El sismo que azotó a la Ciudad de México el 19 de septiembre de 1985 fue el más fuerte registrado en América Latina en el último siglo. Este terremoto causó miles de muertos y heridos y daños estructurales severos. Las instituciones del sector salud también sufrieron un tremendo impacto. Por ejemplo, el complejo de ginecología y obstetricia y la residencia de estudiantes del Hospital General de la Secretaría de Salud, mostrado en la foto, se derrumbó totalmente, dejando un total de 350 muertos entre funcionarios y pacientes.

Fotografía: Julio Vizcarra/OPS.

Este documento es el resultado del esfuerzo y la colaboración de un amplio número de ingenieros y administradores del sector de la salud, quienes con sus aportes técnicos permitieron la elaboración del documento *Disaster Mitigation Guidelines for Hospitals and other Health Care Facilities in the Caribbean*; versión original publicada para los países de habla inglesa de la cuenca del Caribe. La OPS agradece al Ingeniero Omar Darío Cardona A., profesor del curso de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de la Universidad de los Andes de Bogotá, Colombia, por la coordinación para su traducción al español, su adaptación y complementación.

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA) y la Oficina para la Asistencia al Exterior en Casos de Desastre de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (OFDA/AID).

Prefacio

Por su localización y sus características geográficas, topográficas, geológicas e hidrometeorológicas, la mayoría de los países de América Latina están expuestos a una amplia gama de fenómenos naturales, tales como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, deslizamientos, inundaciones, etc., que bien pueden considerarse como peligros o amenazas para su desarrollo económico y social. Situación evidente, muy en particular, cuando los elementos que componen el contexto social y material son altamente vulnerables a dichas acciones naturales.

En la mayoría de los países del área, el riesgo, es decir, los efectos o las pérdidas potenciales que pueden ser causadas por estos fenómenos, es muy alto, no solamente debido a la posibilidad de que se presenten muchas víctimas, sino también debido a la grave desestabilización social y al enorme impacto económico que puede ocurrir.

Los hospitales y en general las instalaciones de la salud proveen uno de los servicios esenciales de la sociedad, el cual se hace aún más indispensable cuando ocurre un desastre natural. Sin embargo, no obstante lo anterior y el costo que significa la recuperación de este servicio fundamental, en los últimos años países como Nicaragua, Guatemala, Argentina, Chile, México, El Salvador, Jamaica y Colombia han sufrido graves daños en su infraestructura de salud como consecuencia de terremotos y huracanes.

Los costos de recuperación de estas instalaciones han sido enormes, al tiempo que varios de estos países han estado experimentando situaciones económicas adversas y ajustes económicos estructurales de acuerdo con los requerimientos del Fondo Monetario Internacional.

En consecuencia, es fundamental asegurar que la inversión en nuevas construcciones y en el mejoramiento, mantenimiento y ampliación de antiguas instalaciones de la salud sea realizada considerando diseños y técnicas adecuadas de construcción que garanticen que dichas instalaciones sean resistentes ante la acción de las amenazas naturales, lo que resulta no solo altamente efectivo, porque se minimizan los posibles efectos de los fenómenos, sino eficiente, porque se logra una alta relación de beneficio–costo.

Aunque en los últimos diez años, en América Latina, ha sido más generalizada la aplicación de requisitos sísmo-resistentes y de protección contra huracanes en la construcción de edificaciones, la gran mayoría de la infraestructura de la salud no ha sido construida con dichos requisitos, razón por la cual resulta recomendable tener en cuenta el reforzamiento estructural y la intervención de las condiciones físicas vulnerables en los planes y programas de ampliación, restauración y mantenimiento, que en varios países se vienen adelantando con recursos de crédito y fondos del Banco Interamericano de Desarrollo y de la Comunidad Económica Europea.

Es importante mencionar que en los últimos años en México, Costa Rica, y Colombia se han venido realizando estudios de vulnerabilidad sísmica de hospitales, los cuales en algunos casos se han materializado en la intervención preventiva de las instalaciones evaluadas. En particular, vale la pena destacar el programa de reforzamiento estructural emprendido en Costa Rica, el cual por la magnitud de las obras y el monto de las inversiones puede considerarse como ejemplar.

Este manual ilustra las características de las principales amenazas naturales existentes en América Latina. Realiza reflexiones acerca de la importancia relativa de las instalaciones de la salud en condiciones normales y de desastres. Identifica y explica los requisitos que se deben tener en cuenta en el diseño y construcción de edificios localizados en zonas de riesgo, siendo consistente, en general, con los propósitos y la filosofía de los códigos de construcción sísmo-resistente y contra huracanes que existen en los diferentes países. Resalta los aspectos críticos y las relaciones beneficio–costo relativas a la reducción de la vulnerabilidad e intenta ilustrar de manera sencilla los requisitos básicos que, el personal administrativo y relacionado con el mantenimiento y la construcción de las instalaciones de la salud, debe tener en cuenta para mitigar las graves consecuencias de los desastres naturales.

La prevención y la mitigación de riesgos es el objetivo fundamental del "Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales–DIRDN". La Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud ha querido promover la elaboración y publicación de este manual, como una contribución a los propósitos del mismo.

Omar Darío Cardona A.

Resumen de recomendaciones

1. Los códigos de construcción deben ser una reglamentación obligatoria para el diseño y la construcción de las edificaciones de la salud en todos los países de América Latina.
2. Los administradores, constructores y personal de mantenimiento de los servicios de salud deben tener un conocimiento básico de los requisitos de ingeniería que deben cumplir sus instalaciones para soportar la acción de posibles amenazas naturales.
3. En todas las instalaciones donde operan servicios de salud deben realizarse análisis de vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones y de sus equipos hospitalarios esenciales.
4. El cumplimiento de especificaciones para la reducción de riesgos debe ser un requisito de los procedimientos de adquisición de equipos hospitalarios.
5. Los planes hospitalarios de preparativos para desastres deben ser revisados con el fin de incluir, dentro de sus procedimientos, análisis de vulnerabilidad y medidas de intervención para el mejoramiento de las instalaciones existentes.
6. Los ejercicios para la respuesta en caso de desastre deben ser obligatorios en todas las instalaciones de la salud y deben realizarse por lo menos una vez al año.
7. Los países sin estudios acerca de amenazas naturales tales como sismos, erupciones volcánicas, huracanes, inundaciones, etc., deben procurar obtener dicha información, tan pronto como sea posible, para que sea utilizada en los análisis de vulnerabilidad de las instalaciones existentes.
8. Los hospitales deben mantener en un lugar seguro información y planos actualizados de arquitectura e ingeniería de sus edificaciones y sistemas tecnológicos.

Capítulo 1: Alcance y objetivos

1.1 Introducción

Este documento ha sido preparado para personas sin formación en ingeniería y arquitectura como lo pueden ser propietarios de edificaciones, administradores, funcionarios y personal de mantenimiento de las instalaciones de la salud. Su propósito es informar a las personas involucradas en la planeación, operación y manejo de los servicios como pueden ser afectadas las instalaciones por la ocurrencia de fenómenos naturales y suministrar una herramienta útil que les permita incorporar los procedimientos de mitigación de riesgos, tanto en la inspección de las instalaciones existentes como en el diseño y construcción de nuevas edificaciones y servicios.

Este documento trata temas específicamente relacionados con los problemas potenciales que se pueden generar por terremotos, huracanes, inundaciones o erupciones volcánicas; amenazas naturales que con mayor frecuencia se presentan en los países de América Latina. Igualmente, hace referencia a las medidas que se deben tomar para la mitigación de este tipo de peligros, haciendo especial énfasis en los requisitos necesarios para que las instalaciones puedan mantener su función durante e inmediatamente después de un desastre y, en particular, con el propósito de asegurar que los daños que se presenten no sean una limitante para la evacuación; aunque sea inevitable la interrupción de algunas de sus funciones.

En términos sencillos se intenta describir el tipo de daños que pueden generar las amenazas antes mencionadas y destacar las medidas preventivas para contrarrestarlos, las cuales en buena parte obedecen a las establecidas por la normativa de diseño de los ingenieros; como los códigos de construcción sísmo-resistente se tienen en la mayoría de los países de América Latina.

Un resumen de recomendaciones, y una lista de chequeo han sido incluidos en este documento, con el fin de que sirvan como referencia rápida para el personal ejecutivo del sector de la salud.

Es importante anotar que este trabajo es una versión simplificada del conocimiento técnico y científico y que en muchos aspectos se requiere de la experiencia de expertos en el tema. Por esta razón, se espera que esta guía sea utilizada prudentemente y que la asesoría de profesionales especialistas se tenga en cuenta cuando ésta sea necesaria.

1.2 Objetivos

Los objetivos específicos de este documento son los siguientes:

1. Proveer una herramienta administrativa a las personas que toman decisiones en el sector de la salud en relación con el diseño, la construcción y la intervención o refuerzo estructural de sus instalaciones.
2. Identificar las prioridades en la construcción y refuerzo de edificaciones del sector de la salud teniendo en cuenta, por una parte, la frecuencia y la severidad de las amenazas naturales y, por otra, las limitaciones de carácter financiero.
3. Fomentar la toma de conciencia acerca de las condiciones de vulnerabilidad y proveer un medio para su identificación en las instalaciones existentes de la salud.
4. Facilitar la comunicación entre el personal técnico y administrativo que está relacionado con el diseño y la construcción de nuevas instalaciones y con la reducción de la vulnerabilidad de las edificaciones existentes.

Capítulo 2: Características de las amenazas naturales en los países de América Latina

2.1 Introducción

La necesidad de que las instalaciones de la salud estén preparadas y en capacidad para actuar en caso de situaciones de emergencia es un aspecto de especial importancia ampliamente reconocido en América Latina. En el pasado el impacto de terremotos y huracanes, entre otras amenazas naturales, ha demostrado que los hospitales y las instalaciones de la salud pueden ser vulnerables a dichos eventos, razón por la cual no siempre están en capacidad para responder adecuadamente.

Durante las últimas dos décadas, a consecuencia de terremotos, más de cien hospitales en las Américas han sido afectados, reportando daños severos e inclusive colapso total. Por ejemplo, durante el terremoto de San Fernando, California, el 9 de febrero de 1971, cuatro hospitales sufrieron daños tan severos que no pudieron operar normalmente cuando más se les necesitaba. Aún más, la mayoría de las víctimas se presentaron en dos de los hospitales que se derrumbaron. Irónicamente, los lugares más peligrosos en San Fernando durante el terremoto fueron los hospitales.

Durante los terremotos del 19 de septiembre de 1985 en Ciudad de México tres de las más grandes instituciones de la salud de la ciudad fueron seriamente afectadas: El Centro Médico Nacional del IMSS, el Hospital General y el Hospital Benito Juárez. Entre camas destruidas y las que fue necesario evacuar, los sismos produjeron un déficit súbito de 5.829 camas; en el Hospital General murieron 295 personas y en el Juárez 561, entre las cuales se encontraban pacientes, médicos, enfermeras, personal administrativo, visitantes y recién nacidos (ref. 1). La tabla 2.1 ilustra algunas estadísticas acerca de los efectos generales post-sismo sobre hospitales en América Latina.

Tabla 2.1 Estadísticas sobre Efectos Post-Sismo en Hospitales

IDENTIFICACIÓN Y AÑO	MAGNITUD	EFFECTOS GENERALES
Managua, Nicaragua, 1972	5.6	El Hospital General fue severamente dañado, evacuado Y posteriormente demolido.
Guatemala, Guatemala, 1976	7.5	Varios hospitales fueron evacuados.
Popayán, Colombia, 1983	5.5	Daños e interrupción de servicios en el Hospital Universitario, San José.
Mendoza, Argentina, 1985	6.2	Se perdieron algo más del 10% del total de camas (estatales + privadas = 3.350). De 10 instalaciones afectadas, 2 fueron demolidas y una desalojada.
México, D.F., México, 1985	8.1	Se derrumbaron 5 instalaciones médicas y otras 22 sufrieron daños mayores; por lo menos 11 instalaciones fueron evacuadas. Se estiman pérdidas directas por US\$ 640 millones de dólares.
San Salvador, El Salvador, 1986	5.4	Algo más de 2.000 camas perdidas, se afectaron más de 11 instalaciones hospitalarias, 10 fueron desalojadas y 1 se perdió totalmente. Se estiman daños por US\$ 97 millones de dólares

En el Caribe varios huracanes han causado severos daños a hospitales y otras instalaciones de la salud. Algunos países que han sufrido este tipo de problemas han sido la República Dominicana, Jamaica, Monserrat y St. Kitts. En Jamaica, por ejemplo, algunos edificios tuvieron que ser evacuados por los daños causados por el huracán Gilberto en 1988. Esta situación impidió su adecuado funcionamiento y la prestación normal de los servicios después de ocurrido el evento. En realidad, alrededor del mundo se han presentado un amplio número de casos en los cuales hospitales e instalaciones de la salud han sido afectadas severamente como consecuencia de terremotos, erupciones volcánicas, huracanes, inundaciones, etc.

2.2 Definiciones generales

Para una mejor comprensión del contenido de este documento a continuación se definen algunos términos básicos (ref. 2):

Amenaza natural

Peligro latente asociado a un fenómeno de origen natural que puede manifestarse en un sitio específico y durante un período de tiempo determinado, produciendo efectos adversos sobre las personas, sus bienes y el medio ambiente.

El impacto potencial de una amenaza natural está normalmente representado en términos de su posible magnitud o intensidad. En términos matemáticos la amenaza está expresada como la probabilidad de ocurrencia de un evento de ciertas características en un sitio determinado y durante un tiempo específico de exposición. La probabilidad de ocurrencia de eventos puede obtenerse para diferentes sitios si se tienen registros suficientes de información de eventos ocurridos en el pasado durante un período significativo. Por ejemplo, si se revisa la historia de ocurrencia de sismos en América Latina y se califican sus dimensiones en términos de intensidades obtenidas por la escala modificada de Mercalli, se encuentra que no todos los países de la zona están sometidos a la misma amenaza sísmica.

Vulnerabilidad

Es una medida de la susceptibilidad o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza a sufrir un daño o una pérdida. Estos elementos pueden ser las estructuras, los elementos no-estructurales, las personas y sus actividades colectivas. La vulnerabilidad está generalmente expresada en términos de daños o pérdidas potenciales que se espera se presenten de acuerdo con el grado de severidad o intensidad del fenómeno ante el cual el elemento está expuesto.

Riesgo

Es la probabilidad de que se presenten pérdidas o consecuencias económicas y sociales debido a la ocurrencia de un fenómeno peligroso. Por lo tanto, el riesgo se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad, con la vulnerabilidad, o potencialidad que tienen los elementos expuestos al evento a ser afectados por la intensidad del mismo.

Elementos estructurales

Son las partes de un edificio que resisten y transmiten a la cimentación las fuerzas del propio peso de la edificación su contenido, las cargas causadas por sismos, huracanes u otro tipo de acciones ambientales. Los elementos estructurales de una edificación son, entonces, las columnas, las vigas, viguetas, entrepisos, placas, cubiertas, muros portantes y las cimentaciones que trasladan finalmente las fuerzas al suelo.

Elementos no-estructurales

Todos los demás elementos de un edificio diferentes a su estructura portante, tales como fachadas, ventanas, los cielos rasos, paneles divisorios, equipos, instalaciones eléctricas, mecánicas y hidráulicas y en general los inventarios de muebles y otros enseres, se les conoce como elementos no-estructurales.

2.3 Terremotos

Definición y medida

Los terremotos o temblores de tierra son originados por la liberación súbita de energía acumulada durante procesos de deformación de las rocas en una falla de la corteza terrestre. Los terremotos y las erupciones volcánicas son fenómenos naturales que ocurren comúnmente en la zona de choque de placas tectónicas. El foco es el punto donde se inicia la liberación de energía y el epicentro es la proyección del foco sobre la superficie terrestre. La figura 1 presenta un mapa con la distribución de los terremotos ocurridos en América Latina.

Magnitud. Es una medida obtenida de la cantidad de energía liberada por un sismo, la cual se calcula de registros del evento realizados con un sismógrafo calibrado. El concepto de magnitud local lo introdujo Charles F. Richter en el año 1935 con el objeto de poder comparar la dimensión de diferentes sismos. La escala de Richter es una de las escalas más comúnmente usadas para describir la magnitud de un terremoto.

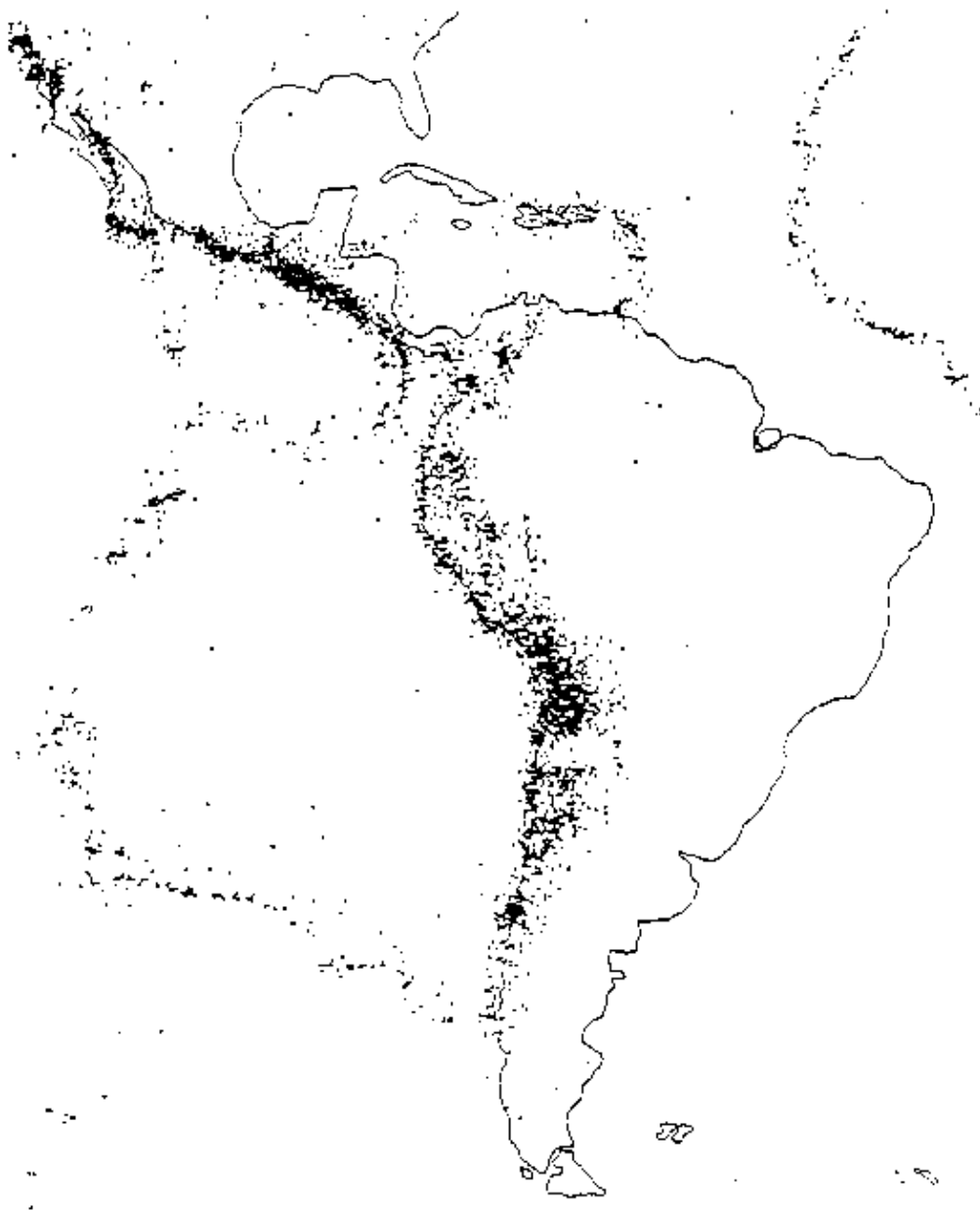


Figura 1. Distribución de terremotos en América Central y del Sur y zonas oceánicas adyacentes. Las alineaciones de los terremotos enmarcan las placas tectónicas. (Fuente: NOAA-NEIC/Departamento de Comercio USA)

Intensidad. Es una medida de la severidad de la sacudida en un sitio particular, cercano o lejano del origen del sismo, que se califica según los efectos que produce el sismo. La diferencia entre la magnitud y la intensidad radica en que la magnitud se obtiene con base en registros instrumentales del evento y para el lugar donde se originó, mientras que intensidad se obtiene de la observación de sus efectos sobre personas, estructuras y la superficie de la tierra, lo cual se realiza en forma cualitativa o mediante instrumentos que miden la aceleración de las ondas en diferentes sitios. Entre las muchas escalas de intensidad, una de las más frecuentemente utilizadas es la escala de intensidades de Mercalli Modificada (MM), que califica los terremotos de 1 a 12 grados según los efectos que pueden observarse (ref. 3) (anexo 1).

La tabla 2.2 muestra doce lugares de América Central y del Sur con una probabilidad del 50% o más de que ocurra un terremoto con magnitud 7 dentro del período entre 1989–2009 (ref. 4). Nótese que de acuerdo con esta evaluación, realizada con información parcialmente disponible, existe una alta probabilidad de que se presenten sismos destructivos en varios sitios de América Latina en un lapso relativamente corto.

Tabla 2.2. Zonas con Alta Probabilidad de Terremotos

UBICACION	MAGNITUD (Richter)	PROBABILIDAD (Porcentaje)
Ometepec, México	7.3	74
Oaxaca Central, México	7.8	(72)
Oaxaca Zona Este, México	7.8	70
Oaxaca Zona Oeste, México	7.4	64
Colima, México	7.5	66
Guerrero Central, México	7.8	(52)
Sudeste de Guatemala	7.5	79
Guatemala Central	7.9	50
Nicoya, Costa Rica	7.4	93
Papagayo, Costa Rica	7.5	55
Jama, Ecuador	7.7	90
Sur de Valparaíso, Chile	7.5	61

() Los datos encerrados son los valores de probabilidad menos confiables.

La América Central y la América del Sur, especialmente en su costa del Océano Pacífico son zonas de alta sismicidad y amenaza sísmica (ref. 5). La figura 2 muestra un mapa con los eventos más importantes que se han presentado en estas zonas, considerados de los más fuertes que han ocurrido en el mundo en tiempos modernos. Algunos de estos eventos de especial importancia han ocurrido entre Costa Rica y Panamá (8.3; 1904), la frontera entre Colombia y Ecuador (8.9; 1906), en el Perú (8.6; 1942), al norte de Santo Domingo (8.1; 1946) y en Chile (8.4; 1960) (ref. 6). En general, todos los países de América Latina tienen algún grado de amenaza sísmica, dado que en sus diferentes provincias se han presentado terremotos que aunque no son recordados como eventos de gran magnitud, si han causado grandes catástrofes y daños frecuentemente (anexo 2). Aproximadamente 100.000 habitantes de esta región han muerto como consecuencia de los terremotos durante el siglo XX, 50.000 como consecuencia de erupciones volcánicas y la cifra de heridos supera ampliamente a la de muertos.

Amenazas sísmicas

Las amenazas o peligros sísmicos pueden ser directos o indirectos:

Peligros Directos

- Temblor de tierra: es una amenaza directa para cualquier construcción ubicada cerca del sitio en donde ocurre un terremoto. El derrumbamiento de edificaciones es la principal causa de fatalidades en áreas densamente pobladas.
- Desplazamientos permanentes del suelo: ocurren como una separación del material a lo largo de la superficie de una falla geológica.

- Deslizamientos, flujos de lodo y avalanchas: Pueden ocurrir inmediatamente después del sismo en áreas de topografía abrupta o de poca estabilidad.
- Licuación de suelos: ocurre en materiales no consolidados saturados de agua que pierden su capacidad de soporte temporalmente mientras ocurre el sismo. La licuación es una de las amenazas geológicas más destructivas.
- Asentimientos diferenciales del suelo: son hundimientos de la superficie como el resultado del asentamiento de sedimento flojo o de terraplenes no consolidados.
- Tsunamis: son olas marinas o maremotos generados por la actividad sísmica del suelo oceánico. Causan inundaciones en áreas costeras y pueden afectar otras áreas ubicadas a miles de kilómetros del sitio donde ocurrió el terremoto generador.



Figura 2. Terremotos en América Central y del Sur con magnitud mayor que 8

Peligros Indirectos

- **Falla de presas:** Las fuerzas del sismo pueden causar la falla de presas, lo cual puede agravar los efectos del evento aguas abajo de los embalses.
- **Contaminación por daños en plantas industriales:** Un terremoto puede desencadenar el escape de gases o sustancias peligrosas, explosiones e incendios.
- **Deslizamientos retardados:** En ocasiones los movimientos en masa (tierra o roca) no ocurren inmediatamente después de que ocurre el sismo sino al cabo de varias horas o días.

La mayoría de los daños causados por sismos se deben a los fuertes movimientos del terreno. Eventos de grandes magnitudes han sido sentidos en áreas del orden de 5 millones de kilómetros cuadrados.

Por esta razón, las decisiones de ingeniería se toman normalmente sobre la base de evaluaciones de grandes movimientos, expresados en términos de la máxima aceleración que se espera del movimiento del suelo en cada sitio.

Efectos locales

Algunos efectos locales son:

- *Amplificación del movimiento:* terremotos ocurridos a grandes distancias que prácticamente no son importantes sobre suelos duros o rocosos se amplifican destructivamente cuando encuentran suelos blandos, usualmente de origen lacustre.
- *Presas naturales:* Movimientos en masa de suelo o roca detonados por el sismo en zonas de topografía irregular pueden conformar presas naturales en ríos o canales que pueden romperse cuando se llenan.
- *Actividad volcánica:* Los sismos pueden estar asociados con actividad volcánica potencial y pueden ocasionalmente ser consideradas como fenómenos premonitorios. En este caso deben tomarse precauciones debido a que las erupciones explosivas normalmente son seguidas por caída de cenizas y/o flujos piroclásticos, lava volcánica, flujos de lodo y gases.

2.4 Erupciones volcánicas

Un volcán es una abertura de la corteza terrestre a través de la cual se expulsa el magma, o rocas fundidas, acompañadas de gases y fragmentos de rocas incandescentes de diferentes tamaños.

Las partes principales de un volcán son: la cámara magmática, localizada a profundidad y comunicada con la superficie por medio de la chimenea. Al orificio de salida se le llama cráter y a la acumulación de los materiales arrojados por el mismo volcán se le denomina cono o edificio volcánico, en el cual igualmente pueden existir otros cráteres secundarios o adventicios.

Las erupciones volcánicas se presentan cuando la presión ejercida por los gases y el magma rompen el equilibrio en el interior de la cámara donde están acumulados, ascendiendo a la superficie a través de la chimenea, por las grietas o fracturas ya existentes o por las que se desarrollan cuando empieza la actividad. Cuando la presión de los gases volcánicos es grande y la lava es viscosa, o los conductos de salida están obstruidos o taponados, se originan explosiones volcánicas de intensidad variable. Si la presión es baja y los conductos están libres, el magma emerge formando corrientes de lava que descienden por la ladera del volcán.

Las erupciones volcánicas se clasifican en los siguientes tipos:

- *Tipo Hawaiano:* en donde predomina la efusión de fluidos y lavas móviles; el desprendimiento de los gases no tiene carácter explosivo.
- *Tipo Estromboliano:* donde se emiten lavas fluidas como desprendimientos de gases y explosiones rítmicas o continuas con formación de bombas y piroclastos.

- *Tipo Vulcaniano*: donde la lava es viscosa y pastosa y rápidamente produce costras superficiales. Por lo general presenta fumarolas en forma de hongo y de color oscuro.
- *Tipo Pliniano*: se caracteriza por erupciones violentas y expulsión de gases que se elevan varios kilómetros de altura.
- *Tipo Peleano*: presenta una alta viscosidad y explosividad con formación de masas sólidas y nubes ardientes incandescentes.

Las explosiones volcánicas son muy comunes en los volcanes del Cinturón Circum-Pacífico y por lo tanto sus consecuencias son mucho mas riesgosas que las emisiones de lava basáltica. En América Latina las amenazas relacionadas con las erupciones volcánicas son los flujos de lava y piroclastos, la caída de cenizas, las corrientes de fango y los gases tóxicos. La actividad volcánica puede a su vez, accionar otros eventos naturales peligrosos, incluyendo tsunamis locales, deformaciones del paisaje, inundaciones por rompimiento de las paredes de un lago o por el represamiento de arroyos y ríos.

La figura 3 ilustra el amplio número de volcanes activos en América Central y del Sur (anexo 3) (ref. 7).

El grado de amenaza de un volcán se calcula por su recurrencia, considerándose que los de cortos lapsos de recurrencia (intervalos menores de 100 años), presentan una mayor amenaza que los de larga recurrencia.

Aun cuando el período de retorno de algunos volcanes puede considerarse largo, es bueno recomendar que no se debe permitir localizar en forma permanente instalaciones de la salud en sus inmediaciones. Sin embargo, reconociendo que las regiones aledañas a los volcanes tienden a contar con suelos extremadamente fértiles y que por lo tanto son áreas atractivas para asentamientos poblacionales, se debe procurar adecuar edificaciones de bajo costo para los servicios de salud en dichas zonas.

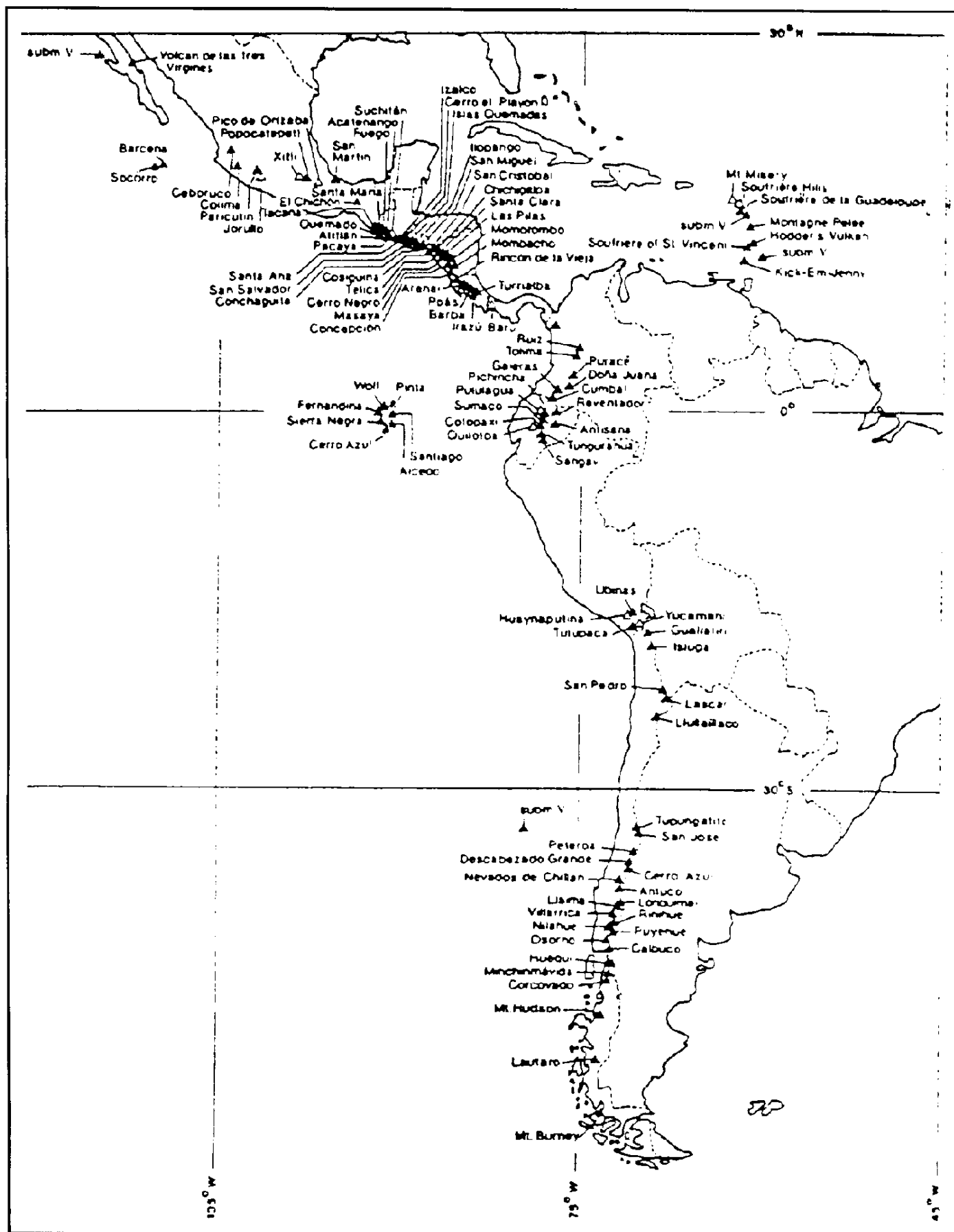


Figura 3. Localización de volcanes activos en América Latina y el Caribe (Fuente: P.F. Krumpke. Briefing Document on Volcanic Hazard Mitigation, Washington, D.C.: USAID/OFDA, 1988)

2.5 Huracanes

Definiciones

Varios países de América Latina y el Caribe están localizados en una de las zonas tropicales donde más se desarrollan ciclones cada año. En México y América Central, los huracanes son una de las principales amenazas naturales. En la figura 4 se observa la ocurrencia de ciclones tropicales y huracanes en el hemisferio occidental (ref. 4).

En las imágenes de satélite se pueden apreciar como una configuración nubosa de apariencia redonda u ovalada con un diámetro promedio de 400 a 500 kilómetros, que se mueve alrededor de un eje central, a manera de un trompo que se va desplazando lentamente.

Este tipo de eventos puede ocasionar pérdidas humanas y materiales debido a la enorme fuerza de los vientos en su interior que puede llegar a superar los 100 Km/h. Así mismo, los aguaceros originados son torrenciales y ocasionan desbordamientos de ríos y quebradas, deslizamientos de tierra e inundaciones en las zonas bajas. En las playas, las olas pueden alcanzar hasta 10 metros de altura, barriendo con su fuerza pequeñas embarcaciones y construcciones débiles.

La denominación de ciclón o huracán depende de las características del fenómeno:

Ciclón. El término "ciclón" se refiere a todas las clases de sistemas de baja presión que se forman cuando una tormenta de vientos organizados se desarrolla sobre aguas tropicales, girando en sentido de las manecillas del reloj en el Hemisferio Sur y en sentido contrario a las manecillas del reloj en el Hemisferio Norte.

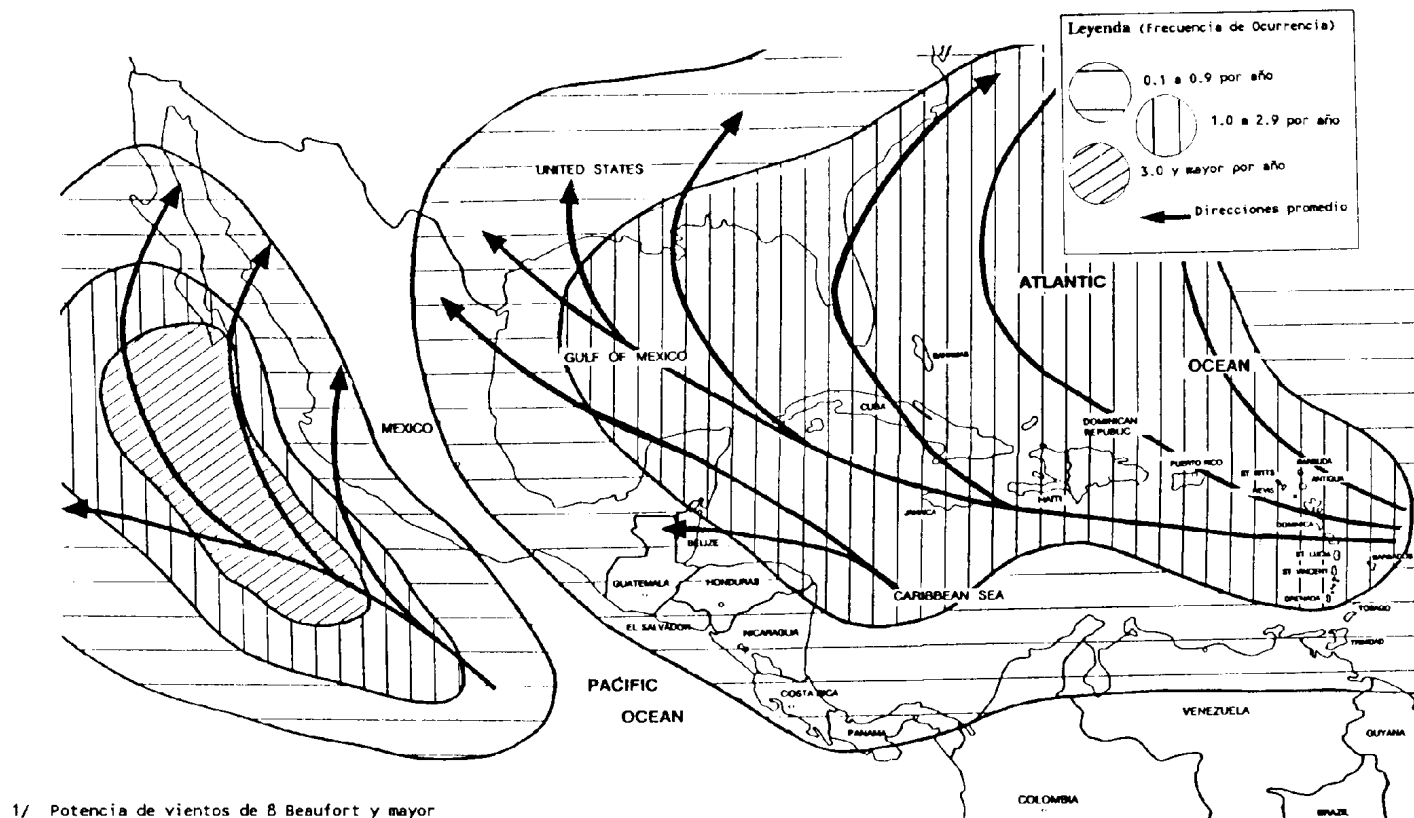
El ciclón tropical, nace sobre el mar. Se forma frente a las costas occidentales de África y avanza hacia el Oeste penetrando en el Mar Caribe. Se puede formar también en el Golfo de México y cerca de las Antillas. En el Mar Caribe la temporada de ciclones tropicales se inicia a comienzos de junio y se extiende hasta finales de noviembre.

En la tabla 2.3 se clasifican los sistemas de baja presión de acuerdo con la velocidad promedio del viento cerca al centro de los mismos.

Tabla 2.3 Clasificación de acuerdo con la Velocidad del Viento

VELOCIDAD DE VIENTO	CLASIFICACION
Menor que 64 Km/h (39 mph)	Depresión Tropical
64 Km/h(40 mph)–118 Km/h (73 mph)	Tormenta Tropical (*)
Mayor que 118 Km/h (73 mph)	Huracán

(*) A partir de esta denominación se les asigna un nombre masculino o femenino en orden alfabético.



1/ Potencia de vientos de 8 Beaufort y mayor

Fuente: Munchener Rock, Mapa Mundial de los Riesgos de la Naturaleza. (Munich, República Federal de Alemania, Munchener Ruckversicherung: 1988)

Figura 4. Ocurrencia de Tormentas Tropicales y Ciclones en el Hemisferio Occidental¹

Nota: Esta figura fue tomada de la publicación de la Organización de Estados Americanos (OEA), **Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños**, Departamento de Desarrollo Regional Y Medio Ambiente, Washington, D.C., 1991, p. 33.

Huracán. Un huracán es un sistema meteorológico a gran escala, de baja presión, que deriva su energía del calor latente de la condensación del vapor de agua sobre mares tropicales calientes. Para desarrollarse un huracán requiere que el mar mantenga una temperatura de al menos 26°C, por varios días y sobre una gran superficie del mar (alrededor de 400 km o 250 millas de diámetro). Un huracán maduro puede tener un anillo de diámetro desde 150 hasta 1000 km (93 a 621 millas) con una velocidad del viento sostenida que frecuentemente excede 187 km/h (116 mph) cerca al centro.

Una de las características particulares de un huracán es el ojo, el cual se forma debido a que el sistema de vientos centrípetos no converge en un punto sino tangencialmente en un círculo. En el ojo, que tiene un radio de 8 a 12 km (5 a 7.5 millas) del centro geométrico del huracán, hay poco viento y por lo tanto al pasar por un punto de la superficie terrestre se presenta una calma temporal que posteriormente se pierde debido al dramático cambio de la dirección del viento. El ojo proporciona un marco conveniente de referencia del sistema y puede ser rastreado con radar, aviones o satélites.

Clasificación

La escala de Saffir/Simpson es usada frecuentemente para clasificar los huracanes basados en la velocidad de viento y en su daño potencial. La tabla 2.4 ilustra las cinco categorías de huracanes.

Tabla 2.4 Escala de Saffir/Simpson

CATEGORIA	VELOCIDAD DE VIENTO		DAÑO
	Km/h	mph	

HC1	119 – 151	74 – 95	Mínimo
HC2	152 – 176	96 – 110	Moderado
HC3	177 – 209	111 – 130	Fuerte
HC4	210 – 248	131 – 155	Severo
HC5	>248	>155	Catastrófico

Experiencia en América Latina

Según la OEA, entre los años 1960 y 1989 los huracanes causaron 28.000 víctimas, alteraron la vida de 6 millones de personas y destruyeron propiedades con un valor aproximado de US\$ 16 mil millones de dólares la Cuenca del Caribe, excluyendo los Estados Unidos y sus posesiones.

Lo que ha sido más notorio es como se ha logrado reducir el impacto de los huracanes. Debido a que la intensidad de estos no ha disminuido se esperaba que al aumentar el número de habitantes, se incrementaría el número de fatalidades. Sin embargo, las últimas estadísticas indican lo contrario. En 1930, de cada tres personas afectadas por un huracán una moría, mientras que en 1989 de cada 100.000 afectados solamente hay un muerto. Esta reducción en la tasa de mortalidad se debe principalmente a la mejora en los sistemas de alerta y preparación para emergencias.

Por otra parte, análisis de los datos disponibles usando sofisticadas técnicas de computador han permitido determinar la frecuencia y la intensidad de huracanes regionales en diferentes presentaciones útiles. Esta información en conjunto con el análisis histórico y las amplias estadísticas meteorológicas están ayudando a pronosticar la ocurrencia y la intensidad de futuros huracanes.

2.6 Inundaciones

Los desastres relacionados con ríos o invasión de aguas del mar no deben ser examinados únicamente desde el punto de vista de la ocurrencia de un fenómeno natural anómalo. En la mayoría de los casos este tipo de eventos están relacionados con aspectos socio económicos, como lo son la utilización de la tierra, la urbanización y las formas de vida. Las inundaciones varían de acuerdo con las diferentes condiciones topográficas y geológicas:

Inundación en cuencas montañosas

Las inundaciones que tienen lugar en zonas de alta pendiente se conocen como "crecidas instantáneas". Se caracterizan por tener una corta duración y un comienzo súbito. Aunque los daños ocurren en áreas limitadas, su alta velocidad de flujo y alto contenido de escombros ocasionan desastres fatales. En la zona Andina la erosión debida a flujo superficial y los deslizamientos causados por excesivos flujos subterráneos, producen enormes cantidades de sedimentos que pueden dar lugar a violentas avenidas de lodo.

Las cuencas de alta pendiente y bajos índices de infiltración poseen tiempos de concentración muy cortos, razón por la cual precipitaciones intensas pueden dar lugar a crecidas instantáneas como resultado de la gran cantidad de agua disponible para flujos superficiales.

Por el contrario, las cuencas de alta pendiente de suelos de origen volcánico con altos índices de filtración, pueden retener mayores cantidades de agua y evitar escorrentías que pueden generar inundaciones. Sin embargo, estas áreas son muy vulnerables a la erosión debido a su naturaleza geológica y las propiedades mecánicas de sus suelos y por lo tanto, son fuente de varias amenazas tales como deslizamientos, la erosión de los cauces y los flujos de lodo.

Inundación en Valles

En los valles y los conos aluviales, la carga de sedimentos de las zonas montañosas es depositada en los lechos de los ríos, elevando su nivel. Al mismo tiempo, la gran cantidad de escombros y maderos provenientes de deslizamientos localizados en las cabeceras de las cuencas son detenidos o atrapados por puentes o acumulados en los canales. Como resultado de lo anterior, las crecientes tienden a fluir en forma desordenada produciendo efectos dañinos para las orillas del cauce o sus diques donde éstos existen. Más aún, si una creciente llega a romper un dique, el área puede ser seriamente afectada por un violento flujo de lodo.

Inundación en Llanuras

Las características principales de las inundaciones en llanuras aluviales son su amplia cobertura y su larga duración. Generalmente, la duración de las inundaciones en los tramos bajos de un río es mucho mayor que aquella de los tramos altos debido a la atenuación de la onda de crecida a medida que se desplaza aguas abajo por el cauce. Por lo tanto, los daños causados por inundaciones en las llanuras aluviales pueden ser enormes.

Capítulo 3: La naturaleza crítica de las instalaciones de ea salud en relación con la mitigación de desastres

3.1 Importancia relativa de las instalaciones

La mayoría de los servicios de salud en América Latina están representados por hospitales, clínicas y puestos de salud, los cuales son manejados por el gobierno y por el sector privado. Los hospitales normalmente ofrecen servicios de atención médica de emergencia, atención secundaria y terciaria, mientras que los puestos de salud ofrecen atención primaria y algunos cuidados básicos o de primeros auxilios.

Las instalaciones de la salud juegan un papel muy importante y significativo en la mitigación de desastres debido a su particular función en el tratamiento de heridos y enfermedades.

Los hospitales geriátricos y psiquiátricos son de menor importancia relativa excepto cuando ocurren danos en sus instalaciones o cuando hay un gran impacto psicológico sobre los individuos de la población afectada.

El papel fundamental de los puestos de salud es la vigilancia. Evidencias históricas han demostrado que la aparición descontrolada de enfermedades transmisibles después de un desastre natural ha sido la excepción y no la regla (ref. 8).

Algunos puestos de salud están equipados para tratar personas con heridas leves, lo cual es extremadamente útil para reducir la congestión y remisión hacia los hospitales e instalaciones de mayor complejidad.

3.2 Hospitales

Consideraciones especiales

Los hospitales requieren consideraciones especiales en la mitigación de riesgos debido a los siguientes factores:

- Sus características de ocupación;

- Su papel durante situaciones de desastre, en relación con la preservación de la vida y la buena salud, especialmente en el diagnóstico y tratamiento de heridas y enfermedades;
- Los costos sociales de su inmovilización y los costos económicos de la restauración en caso de daño.

Características de ocupación

Los hospitales pueden tener en cualquier momento una alta población de pacientes residentes, pacientes transitorios, funcionarios, empleados y visitantes. Por esta razón, hay tres motivos principales para la planeación, de preparativos para desastres:

- El tratamiento de los pacientes debe continuar durante la ocurrencia de un evento peligroso: Provisiones deben ser realizadas por el personal y servicios de soporte deben estar realmente disponibles en todo momento.
- La protección de todos los ocupantes debe estar asegurada. Se debe hacer un análisis de vulnerabilidad de las instalaciones y, si es necesario, la instalación debe ser reforzada de acuerdo con los requisitos actuales de diseño y construcción. Hay métodos rentables para hacer esto; en este documento se presenta una guía apropiada para realizar este tipo de análisis.
- Puede ser necesario, en algún momento durante el evento peligroso, evacuar pacientes ambulatorios y no ambulatorios. Este problema puede ser grave si el evento peligroso se presenta súbitamente y ocurre al tiempo que el hospital está lleno de visitantes quienes, en la mayoría de los casos, no están familiarizados con los procedimientos de evacuación.

Los visitantes en este caso agravan el problema, debido a que la visita a los pacientes es una práctica popular. En toda la América Latina y el Caribe el número de visitantes en períodos picos, como los fines de semana, pueden llegar a doblar los pacientes residentes.

La mayoría de hospitales tienen una cama de acompañante lo que significa que un buen porcentaje de los pacientes residentes pueden estar acompañados en las noches. Por esta razón, los planes de evacuación deben realizarse teniendo en cuenta situaciones reales como las antes mencionadas.

El papel de la instalación en situaciones de desastre

En caso de desastre, un hospital debe continuar con el tratamiento de los pacientes alojados en sus instalaciones y debe atender las personas lesionadas por el evento. Para realizar ésto el personal debe estar en el sitio y conocer como responder ante la situación. También, el edificio y su dotación deben permanecer en condiciones de servicio. La mayoría de las autoridades de los hospitales reconocen estos hechos, razón por la cual han elaborado planes formales para la mitigación de desastres. Sin embargo, todos estos planes son deficientes en proveer alternativas de organización en caso de daños severos e inmovilización de las instalaciones. A esto se le ha prestado poca atención, lo cual resulta preocupante debido a que en muchos lugares la atención médica depende de sólo un hospital. Daños a un hospital de este tipo podía causar una enorme crisis debido a la falta de alternativas en la zona.

Un ordenamiento sistemático y una fácil movilización del personal, de equipos y suministros dentro de un ambiente seguro es fundamental para ofrecer una respuesta efectiva al desastre. Esto enfatiza la naturaleza crítica y la interdependencia de procesos, edificaciones y equipamiento. Deficiencias en cualquiera de uno de estos elementos del sistema funcional de un hospital podría inducir una crisis en la institución.

Procesos. Tienen que ver especialmente con la movilización de gente, equipos y suministros. La organización de estos procesos incluye el establecimiento de un Comité dedicado a formular las medidas para la mitigación de desastres. Los términos de referencia del comité de preparativos para desastres incluye invariablemente la formulación de un plan formal de preparativos para la atención, su difusión entre el personal con el fin de crear conciencia y conocimiento del mismo, entrenamiento para su ejecución, y pruebas y ejercicios para evaluar la efectividad del plan teniendo en cuenta diferentes tipos de amenaza. Los

planes deben ser revisados y actualizados en forma frecuente.

Edificaciones. Los planes deben incluir alternativas de organización en caso de presentarse serios daños en las instalaciones hospitalarias. Eventos pasados han demostrado claramente que ésta es una clara deficiencia de los planes existentes. La experiencia indica que se deben hacer consideraciones en el diseño y construcción de las edificaciones, con el fin de proveer seguridad y preservar ciertas áreas críticas del hospital, tales como el departamento de emergencias, las instalaciones de diagnóstico, salas de operación, la farmacia, las áreas de almacenamiento de alimentos y medicinas, y los servicios de registro y reserva.

En el pasado, el énfasis en el diseño de los hospitales estuvo en la óptima asignación del espacio y la configuración de los servicios de tal forma que se pudiese contar con la mejor interrelación de las funciones y las actividades de los diferentes departamentos. El desarrollo de nuevos hospitales con modernas técnicas en diseño y construcción también han mostrado ser vulnerables debido a defectos en sus componentes no-estructurales. Muchas instalaciones fallan debido a simples omisiones en el diseño, las cuales podrían haberse corregido o considerado con un costo marginal durante la construcción o la intervención de su sistema estructural existente.

Equipamiento. El contenido de las edificaciones causa más problemas cuando ocurren terremotos que cuando ocurren huracanes. Muchos daños pueden ser evitados aplicando medidas sencillas y poco costosas, como asegurar los estantes a las paredes y colocar las plantas y equipos en posiciones estratégicas y seguras. Inspecciones regulares y mantenimiento apropiado de estos elementos podrían también asegurar que siempre estarán en servicio y en buen estado.

Costos económicos y sociales

La salud es generalmente entendida como un derecho individual y de toda la comunidad. Por esta razón, en muchos países las instalaciones de salud son de propiedad del estado y la operación la lleva a cabo el gobierno. En la mayoría de los casos la salud es financiada por rentas generadas principalmente de impuestos, razón por la cual los servicios de salud pública se suministran a bajo costo o sin costo y dependen de la capacidad económica de los gobiernos. En otras palabras, debido a que las instituciones de salud son creadas con inversión gubernamental, su supervivencia depende del estado de la economía y desarrollo de los gobiernos.

Cualquier impacto adverso a la economía del país afectará su capacidad para ofrecer servicios de salud. De otra parte, debido a la importancia y alto costo de las instalaciones hospitalarias, un daño severo a las mismas no sólo afectará la capacidad productiva del país, sino también las finanzas públicas debido al costo de la rehabilitación y reconstrucción.

En los últimos años, muchos recursos de capital han sido invertidos en expansión de hospitales y en intervención de la vulnerabilidad; no obstante que este capital no es generador de renta y puede crear una carga adicional al gobierno al tener que encontrar recurrentemente los recursos que le permitan el manejo de las instalaciones en forma adecuada. Esto hace que sea muy importante asegurar que todas las inversiones en programas sociales, particularmente en tiempos de dificultad económica, estén aseguradas y no sujetas al azar de las amenazas naturales.

Capítulo 4: Diseño considerando amenazas naturales

4.1 Aspectos generales

Los centros de salud presentan características especiales de ocupación, complejidad, suministros críticos, sustancias peligrosas, dependencia de servicios públicos y una continua interacción con el medio ambiente externo. Muy a menudo, debido a que los desastres naturales son poco frecuentes, estos son ignorados en la planeación, y diseño de hospitales y de otras instalaciones relacionadas; inclusive en regiones donde los riesgos son bien conocidos. Actualmente es posible predecir con exactitud que puede pasar en una instalación como consecuencia de huracanes, inundaciones, terremotos o erupciones volcánicas, pero dada

la gran variedad de actividades que pueden ocurrir en un hospital, es necesario tener cuidado en analizar los escenarios posibles para evitar una caótica interrupción de su funcionamiento.

Una estructura insegura puede sufrir daños estructurales o puede llegar al colapso o derrumbamiento. Si esto último ocurre el desastre es mayor, pues el hospital se convierte en un problema que exige una alta atención y no en un apoyo para la comunidad afectada. Ahora bien, daños graves pueden inducir a una evacuación total y, por lo tanto, la pérdida del servicio durante un lapso prolongado y desconocido.

4.2 Terremotos

Requisitos sísmicos de diseño

Aunque este documento no intenta ser un manual de diseño para ingenieros, es importante indicar que muchos problemas del diseño de las instalaciones de la salud pueden ser reconocidos por el propietario de los servicios, el administrador, el planificador, el arquitecto o el ingeniero de la obra, como son los factores que pueden sustancialmente incrementar el riesgo sísmico de las edificaciones existentes o de las nuevas que se piensan construir.

Evaluación la Amenaza Sísmica. Una apropiada evaluación de la amenaza sísmica, incluyendo las condiciones locales del suelo, es de primordial importancia. Aunque dicho análisis es un requerimiento general de diseño de resistencia sísmica, casos donde la amenaza no ha sido revisada o tenida en cuenta debidamente han terminado en situaciones catastróficas. Esto significa que el daño en un edificio depende tanto de su resistencia y del tipo de suelo que lo soporta como de la intensidad y las características del movimiento mismo que la puede afectar. Una inadecuada atención a la cimentación puede ser la causa de asentamientos diferenciales en las fundaciones. Por ejemplo, en casos extremos donde ocurre licuación, las edificaciones pueden sufrir inclinación, agrietamiento y eventualmente daños irreparables que pueden conducir a la pérdida total. Los asentamientos son también propensos a ocurrir si las zapatas aisladas de cada columna se encuentran en diferente tipo de suelo o si se utilizan cimentaciones mixtas en la misma edificación..

Requisitos de comportamiento sísmico

El diseño de nuevas instalaciones de salud de acuerdo con los requisitos de los códigos sismo–resistentes de cada país intenta garantizar un nivel de seguridad aceptable desde el punto de vista económico y social. No obstante, se reconoce que un sismo fuerte con una baja probabilidad de ocurrencia, es decir con una recurrencia de muchos siglos, podría causar daños estructurales y no–estructurales significativos aunque no se llegue a comprometer la estabilidad de la estructura de la edificación.. Este criterio de riesgo aceptable radica en el hecho que no es práctico o económico la absoluta seguridad ante un evento natural de cualquier intensidad.

En consecuencia, la aplicación de los requisitos de los códigos de construcción estructural no necesariamente protege contra daños sobre los elementos no–estructurales. Los propietarios de las instalaciones de salud deben considerar como implementar requerimientos adicionales de comportamiento sísmico para proteger a los ocupantes y los componentes internos de la edificación.. La estrategia básica para reducir los daños no–estructurales es la consideración, para este tipo de elementos, de precauciones similares a las establecidas por los códigos sismo–resistentes para las estructuras.

Los siguientes son los objetivos de comportamiento sísmico que se sugiere deben cumplir las instalaciones de la salud:

- Los daños después de un sismo intenso deben ser reparables y no deben ser una amenaza para la vida.
- Pacientes, personal y visitantes deben ser protegidos durante un terremoto.

- Los sistemas de servicios de emergencia de la instalación deben permanecer operacionales después del terremoto.
- Los ocupantes, los rescatistas y el personal de emergencia deben estar en capacidad de circular en forma segura al interior de las instalaciones.

Estos objetivos intentan garantizar que la instalación esté disponible para cumplir con su papel mediante la activación de su plan de respuesta a desastres después del evento.

Aunque algunos de esos problemas son tratados en códigos de diseño y comportamiento sísmico de edificaciones, las soluciones residen más en el entendimiento de la respuesta sísmica por parte del diseñador que de los requisitos especificados por los códigos.

Los problemas están esencialmente ligados con la selección del sitio, la configuración del edificio y a los aspectos no-estructurales.

Selección del sitio

Por muchos años se ha conocido que las condiciones locales del terreno tienen una influencia definitiva sobre las características del movimiento del suelo. Suelos duros compactados, tipo roca, son acelerados con movimientos de alta frecuencia, en contraste con depósitos blandos de poco espesor no consolidados donde el movimiento tiende a ser de períodos largos. Más recientemente, se determinó que las irregularidades topográficas pueden amplificar significativamente el movimiento esperado en relación con el plano del terreno, y la topografía de valles que contienen depósitos suelo pueden jugar un papel importante en las características del movimiento en el sitio.

La localización encima o cerca de fallas activas o en áreas propensas a los efectos de un tsunami debe ser definitivamente evitada. El estudio del sitio antes del diseño y la construcción de nuevas instalaciones de la salud es más que justificado al, en efecto, debe ser parte del procedimiento normal para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes.

Configuración de las edificaciones

Ingenieros y arquitectos han aprendido que un factor importante en el comportamiento esperado de edificaciones es la regularidad y la simetría en la forma del edificio. Un edificio en forma de caja es inherentemente menos vulnerable que uno en forma de L 6 U, que uno con aletas o que uno con una torre que se levanta por encima de una plataforma más baja. Un edificio con forma irregular puede torcerse en cada sacudida, concentrando esfuerzos sobre la edificación demasiado fuertes que incrementan significativamente los daños.

Se puede concluir por lo tanto que:

- Los edificios rectangulares simples son más convenientes, la longitud no debe ser mayor que tres veces su ancho;
- Las edificaciones simétricas en planta y elevación son mejores que las asimétricas. Las irregularidades deben ser examinadas en ambos sentidos horizontal y vertical.

Efectos en los Elementos No-estructurales. Estos componentes no solo pueden sufrir daño sino que pueden, en efecto, causarlo. Lo que quiere decir que algunos elementos no-estructurales pueden interactuar con la estructura de algún modo, cambiando la respuesta dinámica esperada durante el sismo. Esto debe ser evaluado cuidadosamente para evitar interacciones desfavorables.

Elementos de Unión. La experiencia de sismos pasados ha demostrado que una causa frecuente de desastres tiene su origen en conexiones inadecuadas de elementos del edificio o de sus partes anexas. En ocasiones ésto puede ocurrir como consecuencia de la falta de mantenimiento y revisión de elementos propensos a la corrosión.

Particular atención, por ejemplo, debe dársele a las conexiones de los elementos prefabricados de fachada.

Aspectos no-estructurales

Además de la consideración de los requisitos impuestos por los códigos para las estructuras, los cuales requieren de aproximaciones racionales de diseño, especial atención debe dársele a una serie de aspectos que pueden ser evitados teniendo en cuenta medidas poco costosas. Por ejemplo, estantes que almacenan abastecimientos médicos deben ser asegurados a las paredes para prevenir su volcamiento o la falla los compartimentos durante un movimiento intenso. Tal reducción de vulnerabilidad no-estructural puede ser la diferencia entre tener una instalación estructuralmente segura, pero inservible, y una instalación funcional y operacional en la fase de emergencia post-sísmica.

4.3 Huracanes

Criterios de diseño

Ciertas instalaciones de la salud y algunos de sus departamentos son de mayor importancia que otros después de un desastre natural. Hospitales de urgencia y edificios que almacenan equipos especiales de atención médica requieren un nivel mayor de seguridad que, por ejemplo, instalaciones que alojan servicios de lavandería.

Se debe mencionar que con relación a la intensidad, los huracanes son fenómenos que hay que entender de manera muy flexible. Por ejemplo, no es posible decir que existe un máxima velocidad tope del viento para todos los huracanes. En consecuencia, tampoco es factible económicamente diseñar contra la ocurrencia de todos los huracanes concebibles. Sin embargo, cuando los consultores son comisionados para llevar a cabo el diseño de instalaciones de la salud, es esencial que las especificaciones tanto de los componentes críticos del hospital como los criterios de diseño para fuerzas del viento sean empleados.

En el segundo capítulo de este documento se mencionaron las categorías de los huracanes de Saffir/Simpson, las cuales deben tenerse en cuenta en el diseño. La probabilidad de ocurrencia de un huracán es menor en la medida que aumenta su intensidad o sea el número de la categoría. En otras palabras, un huracán de categoría 5 (daño potencial catastrófico) es menos probable de que ocurra en un año que un huracán de categoría 1 (daño potencial mínimo). La metodología "Factor S3" utilizada por los ingenieros del Caribe, es una de las técnicas más utilizadas para el cálculo y el diseño de edificaciones teniendo en cuenta la velocidad del viento. Este factor se incrementa con la vida útil de diseño del edificio por la probabilidad de que una velocidad específica del viento sea excedida en cualquier año.

Las especificaciones de diseño de velocidad del viento deben estar dadas en relación con un periodo promedio particular sobre el cual el viento es medido. Los períodos típicos son: 1 hora (Código Canadiense), 10 minutos (Caribbean Uniform Building Code), 3 segundos (Barbados Association of Professional Engineers Wind Code) y la milla más rápida (Código de USA). En la tabla 4.1 figuran las velocidades del viento equivalentes para un viento de 120 mph expresadas para cada velocidad promedio e ilustra claramente la necesidad de especificar la velocidad promedio:

Tabla 4.1 Periodo Promedio para una Velocidad del Viento Equivalente a 120 mph

Periodo Promedio	Velocidad del Viento			
1 hora (Canadá)	<u>120</u>	113	91	79
10 minutos (CUBIC)	127	<u>120</u>	96	84
Milla más rápida (USA)	158	149	<u>120</u>	105
3 segundos (BAPE)	181	171	137	<u>120</u>

Los diseñadores frecuentemente siguen por seguridad las categorías 2 y 3 de huracanes. Es conveniente que las instalaciones más críticas sean diseñadas para las categorías de huracanes 4 y 5. El huracán Hugo

en 1989 fue de categoría 4, el Alberto en 1988 y el Andrés en 1992 fueron de categoría 5. La determinación de los criterios de diseño para las instalaciones de salud requiere una evaluación inicial de su importancia por administradores del sector salud y luego una cuidadosa selección de los valores de diseño en conjunto con el consultor. Los primeros esquemas básicos arquitectónicos preparados para el diseño de nuevas instalaciones de salud proveen la mejor oportunidad para que los administradores de salud exijan la seguridad de toda la estructura en relación con las amenazas naturales incluyendo huracanes y vientos fuertes.

Además de la selección de la velocidad básica del viento para ser usada en el diseño, otros aspectos deben ser considerados tales como la localización, la forma del edificio y el tipo de estructura. Esos aspectos son tratados a continuación.

Localización de la instalación

La intensidad del huracán es modificada por la topografía del entorno. Algunos ejemplos son:

- Los valles de suaves declives pueden actuar como embudo acelerando la velocidad del viento.
- En cimas de colinas muy expuestas se sabe que la acción del viento siempre es fuerte.
- Abismos, acantilados y valles estrechos pueden proveer un refugio contra el viento.
- Bosques densos pueden servir de barrera de protección contra las ráfagas del viento.

Se debe tener en cuenta, por lo tanto, la topografía del medio circundante cuando se realiza la localización y el diseño de las estructuras.

Forma del edificio

Domos y formas poligonales presentan pocos bordes con el filo suficiente para modificar el flujo del viento sobre la edificación.. Esto significa que no se presenta una alta posibilidad de succión del viento y por lo tanto existe una mayor seguridad. La mayoría de edificios, sin embargo, son rectangulares en planta. Relaciones longitud–ancho de 3:1 o menos son favorables. La relación más eficiente para la resistencia al viento es 1:1, que corresponde al cuadrado. La vulnerabilidad aumenta en el caso de relaciones por encima de 3:1.

Las plantas en forma de L son más vulnerables que las cuadradas. Un incremento en presión ocurre cuando el viento se canaliza por la arista de las dos aletas. En general, los edificios que son asimétricos en planta o elevación son más vulnerables que los de forma simétrica a las cargas laterales generadas por el viento.

En aquellos edificios donde se utilizan techos livianos, la forma de la cubierta será el factor determinante de la posibilidad de daños a causa de huracanes.

Techos livianos

Uno de los elementos más importantes de una edificación es su techo, pues su pérdida causa en el caso de huracanes muchos daños en el contenido de la edificación.. El comportamiento de cubiertas ante cargas generadas por el viento está influenciado por los materiales utilizados en su construcción. La mayor protección contra vientos fuertes la proveen los techos pesados como las placas o losas de concreto reforzado.

En varios países de Centro y Sur América, las cubiertas livianas son comúnmente utilizadas tanto en las edificaciones del sector público como del sector privado. Generalmente son construidas con acero corrugado, listones o vigas de madera. Alternativamente, los techos, cubiertas y otros revestimientos son soportados en entramados de madera que a su vez están soportados por vigas o bien de madera o de acero en celosía. No obstante, debido a su resistencia relativamente reducida comparada con las estructuras de concreto reforzado, las cubiertas livianas son inherentemente inseguras.

A continuación se indican algunas recomendaciones que se pueden tener en cuenta para mejorar la seguridad de este tipo de techos:

- Elección de la forma del techo. El orden de preferencia de las formas es:
 - (i) Cubierta de 4 aguas (declive por los cuatro lados)
 - (ii) Cubierta muy inclinada de 2 aguas
 - (iii) Cubierta poco inclinada de 2 aguas
 - (iv) Cubierta de una sola inclinación
 - (v) Cubierta plana

La experiencia ha demostrado que las inclinaciones entre 20° y 40° proveen la mejor resistencia al viento.

- Uso de láminas pesadas de 0.5 mm mínimo de espesor en acero y de 0.9 mm de espesor mínimo en aluminio. El espesor de la lámina brinda la menor probabilidad de falla bajo cargas de fatiga o fuerza a través de la misma. Las láminas de asbesto–cemento no son recomendadas debido a que son frágiles y más susceptibles al daño por el impacto de elementos arrastrados por el viento.

- Uso de tableros de madera. Estos proveen una segunda línea de defensa. Los elementos de revestimiento sirven para la protección ante el agua (impermeabilizante) y su pérdida no conduce inmediatamente a la falla de la estructura del techo.

- Elementos atornillados son menos propensos a safarse que aquellos que solamente están clavados. En zonas de alta succión los elementos deben fijarse con esparcimientos pequeños particularmente en las zonas adyacentes a elementos tales como alerones y caballetes. Los pernos deben ser instalados en los valles de las ondulaciones de las tejas, con el fin de reducir la posibilidad de flexión de las mismas o de falla por fatiga debido a las succiones cíclicas generadas por vientos huracanados. Sin embargo, especialmente en tejas con perfiles sinusoidales, este tipo de fijación causar goteras, por lo tanto en caso de que los pernos se instalen en los lomos de la teja, deben colocarse bloques entre la teja y las celosías.

- Uso de aleros cortos o sin traslapo. Si es requerido contar con sombra sobre puertas y ventanas, deben usarse cobertizos separados del techo, de tal manera que su falla no contribuya a poner en peligro el techo completo.

- Utilización de parapetos o áticos que reduzcan la posibilidad del levantamiento en los bordes.

- Incorporación de caballetes ventilados para reducir la presión interna contra el techo y las paredes.

Ventanas, puertas y paredes

Las aberturas de las ventanas y las puertas son zonas vulnerables. Las ventanas de vidrio son particularmente vulnerables y deben ser protegidas con el uso de contraventanas. Donde sea factible, las contraventanas deben fijarse permanentemente a la edificación.. Esto asegurará que estén siempre disponibles y eliminará la necesidad de almacenamiento. Las contraventanas pueden ser fabricadas en el sitio o pueden ser adquiridas prefabricadas en madera o en aluminio, lo cual permite su fácil instalación y disponibilidad.

Las puertas externas deben ser de construcción robusta y deben estar en buenas condiciones. No es suficiente contar con conectares comunes para la seguridad de puertas y grandes ventanas. La alta presión y succión generada durante un huracán puede causar fallas en los puntos de fijación de cerrojos y bisagras. Por esta razón es recomendable que se usen elementos de arriostramiento para reforzar puertas y ventanas. Estos arriostramientos deben ser asegurados en ranuras o abrazaderas conectadas directamente con la pared. Los huracanes más recientes en el Caribe han demostrado que, incluso, paredes de bloques de concreto pueden ser derribadas por los vientos huracanados. Por lo tanto un adecuado refuerzo estructural

debe proveerse en lo posible a este tipo de muros.

Conexiones en los edificios

Es imperativo que todos los componentes de un edificio sean conectados en forma segura. Un techo bien construido puede no quedar en su lugar si no está adecuadamente conectado al resto del edificio. El uso de pasadores y correas de metal son recomendados para la conexión. En el caso de uniones entre madera y concreto, los pernos deben ser anclados debidamente dentro de los miembros de concreto para garantizar la conexión.

Resumen

En general, existen muchas medidas que pueden ser incorporadas en el diseño de nuevas instalaciones de la salud para garantizar su seguridad ante la ocurrencia de huracanes. Por esta razón, se debe mantener una continua comunicación entre administradores y consultores durante la fase de diseño, con el fin de que se tengan en cuenta en forma detallada los requisitos necesarios para reducir los posibles daños que se pueden producir en caso de huracán.

4.4 Inundaciones

Diseño de sistemas de drenaje

Los sistemas de drenaje para las instalaciones de la salud deben diseñarse de acuerdo con la importancia relativa de cada instalación, la cual puede ser determinada por los profesionales del sector. Los drenajes comunes de las instalaciones normalmente se diseñan para acomodar lluvias con períodos de retorno del orden de los 20 años. Sin embargo, en las últimas dos décadas se han presentado lluvias con períodos de retorno que se estima exceden los 50 años.

Los sistemas de control de inundaciones para las instalaciones esenciales, como lo son las del sector de la salud, deben tener un diseño más riguroso que el que se aplica convencionalmente. Las siguientes guías podrían además ser utilizadas como criterios para el diseño de sistemas de drenaje en las instalaciones de la salud:

- Pavimentos, especialmente de acceso de vehículos, deben estar libres cuando se presenten tormentas que generen inundaciones con períodos de retorno superiores a 50 años.
- Debe evitarse el ingreso de agua a los edificios principales aún en el caso de inundaciones de grandes dimensiones.
- Alternativas en la trayectoria del flujo deben proveerse con el fin de evitar inundaciones por bloqueo o colmatación.

El tiempo de concentración del área de drenaje, es decir, los tiempos usados como de duración de las lluvias, puede ser muy corto para este tipo de instalaciones. Los 10 minutos utilizados en forma convencional pueden resultar insuficientes. La intensidad de las lluvias puede incrementarse significativamente para pequeños cambios en la duración de eventos cortos. Razón por la cual es muy importante calcular con precisión la duración de los aguaceros.

Debido a que datos de lluvias de pluviómetros son escasos, en la mayoría de los países no se cuenta con suficiente información, en consecuencia deben realizarse extrapolaciones con base en la información existente o tomar información de zonas que tienen condiciones similares, que permitan obtener curvas de intensidad–duración–frecuencia y períodos de retorno mayores para las precipitaciones.

Localización

Instalaciones de la salud localizadas cerca de corrientes de agua, como valles o planicies inundables, son más susceptibles a inundaciones que aquellas localizadas en terrenos altos o alejados de los cursos de agua. Las condiciones aguas arriba de la instalación influyen en la escorrentía hacia la misma. Por ejemplo, una vegetación densa reduce la velocidad máxima de la escorrentía por la capacidad de intercepción de las lluvias y por el incremento en el tiempo de concentración; mientras que en un área altamente urbanizada hay una mayor escorrentía y no se reduce de la misma manera el tiempo de concentración. Instalaciones de la salud localizadas en elevaciones tienden a tener menores áreas de captación, razón por la cual se recomienda considerar este aspecto con el fin de evitar los efectos de posibles inundaciones.

Condiciones del Subsuelo. Las condiciones del subsuelo, la cobertura del terreno y la manera como se eliminan las aguas de lluvia influyen sobre los volúmenes de escorrentía. Por ejemplo, hay suelos porosos y fisurados que tienen altas tasas de absorción, como también hay suelos de formación volcánica que son impermeables, por lo cual el flujo es solamente superficial o a través de conductos o de corrientes naturales. En consecuencia debe revisarse el tipo de suelos del lugar con el fin de tener en cuenta este aspecto en la localización de las instalaciones de la salud y el diseño de su sistema de drenaje.

Sistemas de Drenaje. El tipo de sistema de drenaje escogido tiene un efecto significativo sobre el comportamiento total del mismo. Sistemas cerrados que usan tuberías y cámaras son más susceptibles a bloquearse y su mantenimiento es más difícil. Por otra parte, zanjas y canales incorporados al terreno son fáciles de construir, se les puede hacer mantenimiento más fácilmente y son menos costosos aunque menos agradables desde el punto de vista estético. No obstante lo anterior, estos tipos de sistemas deben ser considerados en la medida que sea posible.

Mantenimiento del Sistema. Los sistemas para el control de inundaciones pueden funcionar efectivamente si se les hace un mantenimiento adecuado en forma regular. Probablemente el mayor número de inundaciones en las instalaciones se debe al bloqueo parcial o total de los sistemas de drenaje o de los cursos de agua.

En el diseño de sistemas de drenaje para las instalaciones de salud los ingenieros y diseñadores deben escoger un sistema que cumpla con todos los requerimientos antes mencionados, teniendo en cuenta la importancia que reviste el hecho de que sean sistemas que se les pueda realizar fácilmente su mantenimiento tanto a corto como largo plazo.

Capítulo 5: Diseño de nuevas instalaciones de la salud considerando múltiples amenazas

5.1 Diseño conceptual

El diseño conceptual involucra una serie de decisiones entre las cuales se encuentran:

- Ubicación de la edificación;
- Geometría, forma o configuración de la edificación;
- Sistema estructural;
- Materiales de construcción;

Estas decisiones son tan básicas que deben realizarse en forma conjunta en las primeras etapas de la realización del proyecto entre los propietarios, administradores de la salud, arquitectos, ingenieros, constructores y todos aquellos profesionales que por alguna razón estén involucrados con su concepción y realización.

Desafortunadamente la actual organización de la industria de la construcción, en la mayoría de los países, hace que se dificulte el poder reunir todas estas partes en el desarrollo del diseño. Razón por la cual es una obligación de los arquitectos diseñadores lograr una mayor justificación de los procesos de construcción previstos, teniendo en cuenta muchas veces aspectos que no son tan obvios a simple vista, y asumiendo una

mayor responsabilidad en relación con las implicaciones que tienen las decisiones de diseño sobre los costos y las facilidades de construcción.

Las técnicas de construcción afectan el costo, la disponibilidad de los materiales, las características de los equipos, la mano de obra y el tiempo de construcción, razón por la cual en algunos países la responsabilidad del seguimiento de los costos está a cargo de otras disciplinas, como el supervisor de campo. No obstante, lo ideal sería que los diseñadores desde el inicio contaran con un profesional o un grupo de profesionales que integren todos los aspectos que deben tenerse en cuenta, tales como los requisitos para enfrentar amenazas naturales. En otras palabras, lo deseable sería que hubiese un diseñador conceptual con la suficiente experiencia en arquitectura, ingeniería, estimación de costos y construcción, que logre considerar aspectos que hasta ahora no han sido debidamente tenidos en cuenta para lograr la máxima eficiencia en el diseño.

5.2 Proceso de diseño

El verdadero diseño conceptual precede a los cálculos detallados. Algunos cálculos son requeridos durante la conceptualización pero la mayoría de los cálculos se requieren después que el diseño conceptual está relativamente avanzado. Las matemáticas son la herramienta para refinar el diseño y para determinar los detalles de construcción, situación que no significa que el análisis estructural y el detallado técnico no jueguen un papel fundamental. Una apropiada cronología de estas funciones es la siguiente:

- (i) Diseño conceptual
- (ii) Análisis estructural
- (iii) Detallado técnico
- (iv) Construcción e inspección
- (v) Mantenimiento
- (vi) Demolición

Cada función está afectada por cada una de las otras etapas del ciclo, pero esto no implica variación en el orden de precedencia mencionado anteriormente. Un buen análisis no puede realizarse si el diseño conceptual es deficiente y una construcción óptima no puede ser el resultado de un deficiente detallado técnico.

5.3 Comparación de las características de diseño para múltiples amenazas

El diseño considerando múltiples amenazas es complejo, en particular cuando se trata de amenazas como el viento y los sismos. Muchas de las características consideradas como favorables para diseños anti-huracanes son desfavorables para diseños anti-sísmicos y viceversa:

- Las estructuras pesadas resisten mejor al viento. Las livianas resisten mejor los sismos.
- Las estructuras flexibles atraen grandes fuerzas de viento. Las estructuras rígidas generalmente atraen grandes fuerzas de sismos.

Tanto los huracanes como los sismos imponen cargas horizontales sobre los edificios. Los sismos imponen también cargas verticales significativas sobre todo el edificio, mientras que las cargas verticales derivadas del viento son significativas usualmente sólo en aquellas partes de la edificación en las cuales existen ciertas propiedades aerodinámicas.

Sin embargo, hay algunas similitudes en el diseño y construcción de edificaciones para resistir huracanes y sismos:

- Las formas simétricas son favorables.
- Las formas compactas son favorables.
- Existe un riesgo real de que las fuerzas de 'diseño' puedan ser excedidas. Particularmente en el caso de sismos donde las fuerzas de diseño son determinadas deliberadamente menores que las esperadas durante la vida útil del edificio. Esto conduce a un requisito de

redundancia de la estructura y de ductilidad o de habilidad para absorber todas las cargas sin colapso.

- Las conexiones son de suprema importancia. Cada elemento crítico debe ser firmemente conectado a los elementos adyacentes.

Hay diferencias básicas en el comportamiento esperado en caso de un huracán o un sismo. Un edificio debe sobrevivir a su "huracán de diseño" prácticamente sin sufrir daños, excepto en el caso de un huracán catastrófico en el cual pueden ocurrir algunos daños reparables. Por el contrario, ante el "sismo de diseño" se espera que se presenten algunos daños, con la esperanza de que sean reparables, y ante un sismo catastrófico se espera que la edificación pueda soportarlo aún cuando ésta no pueda ser reparada y sea necesario demolerla. Situación en la cual, se considera exitoso el diseño si no se presentan víctimas y heridos graves.

La tabla 5.1 resume las principales diferencias que afectan el diseño estructural en el caso de huracanes y terremotos.

Tabla 5.1. Principales Diferencias entre Huracanes y Sismos

	EFFECTOS DE HURACANES	EFFECTO DE SISMOS
(1) Fuente de Carga	Fuerzas externas debidas a la presión del viento	Movimientos aplicados debido a la vibración del suelo.
(2) Tipo y Duración de la carga	Tormenta de muchas horas de cíclicas, la mayoría de pocos duración; cargas fluctuantes, pero con una dirección predominante.	minutos de duración; las cargas cambian de dirección continuamente.
(3) Predicción de las cargas	Usualmente bueno, por extrapolación de registros o por análisis del sitio y los patrones del viento.	Pobre; baja certeza estadística acerca de la magnitud de las vibraciones o de sus efectos.
(4) Influencia de las condiciones locales del suelo sobre la respuesta	Sin importancia.	Puede ser importante.
(5) Diferentes factores que afectan la respuesta de la construcción	Forma externa y tamaño del edificio; las propiedades dinámicas no son importantes, excepto para estructuras esbeltas.	Respuesta gobernada por las propiedades dinámicas: período fundamental, amortiguamiento y masa.
(6) Diseño normal basado en el evento de máxima credibilidad	Se requiere respuesta elástica.	Se permite respuesta inelástica, pero se debe proveer una adecuada ductilidad; se diseña para una pequeña fracción de las cargas correspondiente a la respuesta elástica.
(7) Diseño de elementos no-estructurales	Cargas aplicadas solo al recubrimiento externo.	El contenido de todo el edificio se sacude y debe ser diseñado apropiadamente.

5.4 Aplicación de las guías

La configuración estructural es el factor más importante en la determinación del comportamiento de edificaciones sometidas a terremotos y huracanes. Se proponen las siguientes recomendaciones, las cuales son particularmente apropiadas para construcciones sin ingeniería y para construcciones de bajo costo:

- (1) Limitar la altura de las edificaciones a dos pisos.
- (2) Usar pisos y techos livianos para reducir el riesgo en caso de sismo, asegurándose que están adecuadamente conectados a las paredes para mejorar su comportamiento en caso de huracanes. Alternativamente, si los techos son de concreto como una estrategia contra los huracanes, asegurarse que los elementos verticales (muros y columnas) se construyan adecuadamente para soportar cargas horizontales causadas por terremotos.

- (3) La forma de las edificaciones debe ser simétrica tanto como sea posible. Esta simetría también se aplica a la composición de particiones y aberturas, lo que conduce a una distribución de fuerzas más balanceada sobre la estructura.
- (4) Proveer una distancia suficiente entre aberturas para evitar elementos estrechos y esbeltos. Lograr aberturas con anchos moderados para evitar largos tramos de dinteles.
- (5) Unir los topes de todos los muros colocando una viga en forma de anillo en los niveles de piso y techo.
- (6) Los techos livianos no deben tener una inclinación menor de 20° para mejorar su resistencia al viento. Como regla general, entre más inclinada sea la cubierta su comportamiento será mucho mejor hasta llegar a 40°.
- (7) Para mejorar la resistencia al viento los techos livianos debe tener preferiblemente pendiente hacia todos los lados. Pendiente a cuatro aguas es mejor que a dos aguas, y a dos aguas es mejor que un techo con una sola pendiente.
- (8) Para mejorar la resistencia al viento el techo debe tener un mínimo de traslapo con los aleros. De hecho es mucho mejor que no existan traslapos y colocar un parapeto (ático). La necesidad de sombra para proteger ventanas y puertas del sol y lluvia se puede lograr mediante elementos separados.
- (9) La incorporación de ventiladores en caballete podría reducir las presiones internas y ayudar a mantener los techos livianos ante la acción de un huracán.

Las recomendaciones anteriores son muy restrictivas, pero pueden ajustarse de acuerdo con el criterio del ingeniero, quien debe mantener su responsabilidad de llevar a cabo la construcción cumpliendo los mínimos requisitos de seguridad. La tecnología moderna permite hacer casi todo; de hecho, se puede decir que los avances de la tecnología se deben en muchos casos a tratar de resolver los problemas que han presentado malos diseños. La tecnología y la disponibilidad de recursos permiten que a edificios mal diseñados se les mejore la seguridad. Estos aspectos no pretenden restringir el diseño, sino sensibilizar a los profesionales de que estos aspectos requieren cuidado.

5.5 Limitaciones para la aplicación

La pérdida de vidas y de propiedades causadas por huracanes y terremotos se pueden evitar con la aplicación de tecnologías existentes y sin realizar enormes esfuerzos financieros. Lo único que se requiere es la voluntad de hacerlo. Debido a que se requieren alrededor de dos generaciones para reemplazar el actual inventario de edificaciones en la mayoría de comunidades, se debe prestar bastante atención a la intervención estructural de las edificaciones existentes tanto como la atención que se le otorga al diseño y construcción de nuevas edificaciones. En este momento existen muy pocas limitantes técnicas que gobiernan el diseño y la construcción de la mayoría de edificaciones a prueba de huracanes y sismos. Esto no significa que la investigación y el desarrollo no deban continuar. Sin embargo, existen severas restricciones culturales, socio-económicas, burocráticas y políticas para lograr con éxito avanzar en este campo.

Los programas de educación y capacitación necesitan tener un gran énfasis en los requerimientos específicos de diseño resistente a sismo y huracán. En los niveles más altos de educación, el tema debe ser tratado desde el punto de vista de los principios fundamentales y los estudios de fondo. La experiencia ha demostrado que la sola enseñanza de un código de requisitos mínimos no es suficiente.

La falta de un código es un serio impedimento para el progreso en muchos territorios, sin embargo, un código no es suficiente por sí mismo sin su debido cumplimiento. Agencias de préstamos y donaciones, instituciones de hipotecas domésticas y compañías aseguradoras podrían desempeñar un papel fundamental para lograr ese objetivo.

5.6 Adquisición, instalación y mantenimiento de equipos

En relación con la mitigación de riesgos no se ha prestado mucha atención en el pasado a la adquisición, instalación y mantenimiento de equipos, aunque hay una amplia evidencia de que es un factor importante. Se pueden tener en cuenta medidas sencillas, efectivas y poco costosas durante las primeras etapas de la construcción o remodelación de instalaciones con el fin de prevenir daños costosos en etapas posteriores.

En el lugar donde el equipo quede expuesto, es importante que tanto como sea posible, se le proteja contra la acción de los huracanes. Ahora bien, además de proteger la planta del daño directo se debe prevenir la afectación que le pueden causar estructuras adyacentes que se deterioren o que le pueden producir escombros u otros elementos que arrastra el viento.

En áreas propensas a sismos, la elección del lugar donde se localizarán los equipos de especial importancia es fundamental, teniéndose en cuenta las condiciones del subsuelo y que los mismos deben quedar adecuadamente fijos a sus cimentaciones.

Cuando la orden de adquisición de los equipos se hace a través de un consultor, los criterios de diseño para las cargas de viento y terremoto deben ser definidas y especificadas claramente, de acuerdo con el código particular vigente.

Una vez que los equipos y sus sistemas de fijación han sido diseñados de acuerdo con las especificaciones para el sitio, es necesario asegurarse que su montaje se realice de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Tanto la instalación como la supervisión son muy importantes.

Finalmente, debe realizarse el mantenimiento de los equipos y el chequeo de sus sistemas de fijación en forma continua. Especial atención debe prestarse a la posible corrosión de los elementos de fijación. Cuando sea necesario los conectares deben reemplazarse con las mismas especificaciones con las que originalmente fueron instalados. El desarrollo de un buen mantenimiento manual es, tal vez, la mejor forma para asegurar que los procedimientos anteriores se realicen eficientemente.

Capítulo 6: Intervención y refuerzo de instalaciones de la salud considerando amenazas múltiples

6.1 Introducción

En América Latina ya existe alguna consciencia acerca de la importancia que tiene la dotación de las instalaciones de salud para satisfacer necesidades del futuro.

Probablemente muchas de estas instalaciones, sean vulnerables en grados variables a daños por fuerzas sísmicas, fuerzas de vientos huracanados u otras amenazas naturales. Sin embargo, existe la posibilidad de que puedan mejorarse. La experiencia indica que existen casos en que la aplicación de medidas relativamente poco costosas han permitido el mejoramiento y la seguridad de estructuras existentes. La adecuación o intervención de las instalaciones existentes, para que sea realmente eficiente y beneficiosa, debe realizarse de una manera sistemática y consistente.

Muchas edificaciones existentes actualmente no cumplen con los requisitos técnicos. Esto significa que su vulnerabilidad a ciertas amenazas naturales puede ser tan alta que su riesgo asociado puede exceder ampliamente los niveles aceptados actualmente. Acciones remediales basadas en conocimientos científicos deben, por lo tanto, llevarse a cabo para reducir el riesgo y garantizar un comportamiento adecuado. Por lo tanto, esta adecuación o refuerzo debe ser consistente con los requisitos ingenieriles actuales y de acuerdo con los requisitos establecidos por los códigos de diseño de cada país.

6.2 Evaluación de la vulnerabilidad

Consideraciones generales

En las instalaciones para la salud es una responsabilidad evaluar la vulnerabilidad local que dichas instalaciones tienen ante la posible ocurrencia de amenazas naturales, con el fin de obtener estimaciones precisas de los niveles de riesgo existentes. Una vez elaborado este tipo de análisis, con la información obtenido se podrá decidir cuánto riesgo se está en disposición de aceptar. En muchos casos, personas sin formación en ingeniería podrían realizar una evaluación preliminar del nivel de riesgo mediante el uso de la información que se presenta en este documento y teniendo en mente dos preguntas básicas para cada elemento no-estructural en consideración:

- (i) Podría algo causarle daño a dicho elemento en caso de un sismo o un huracán?
- (ii) Podría la interrupción de su funcionamiento ser un problema serio?

Esto producirá una lista preliminar de elementos para una consideración más detallada. En esta etapa es preferible ser conservador y sobrestimar vulnerabilidades que ser optimista. En la tabla 6.1 se ilustra un ejemplo de cómo puede resumirse este tipo de información en relación con sismos.

Este formato general de muestreo (anexo 4) puede ser utilizado para enfatizar los factores críticos en caso de huracanes y sismos. Hay básicamente dos tipos de elementos para ser evaluados dentro de este aspecto de mitigación de desastres: la edificación con su contenido y la infraestructura de la misma.

Edificaciones y su contenido

Para identificar los elementos bajo riesgo, primero se debe identificar el tipo de construcción predominante, segundo se analiza la resistencia y la estabilidad de los elementos y uniones de la construcción y, tercero, se evalúa la vulnerabilidad de equipos e instalaciones.

Instalación: OFICINA XYZ
Intensidad supuesta: Severa

Tabla 6.1 Ilustración de la Aplicación de un Formato

PRIORIDAD	ELEMENTOS NO	LOCALIZACION	CANTIDAD	VULNERABILIDAD			COSTO ESTIMADO DE INTERVENCION UNITARIA	COSTO ESTIMADO DE INTERVENCION SUBTOTAL	I
				(+)	(\$)	(@)			
4	Aire acondicionado	Techo	1	mod	25-75%	mod	\$100	\$100	Co sob sist
5	Cielos rasos suspendidos	Por todos lados	5000 pies cuadrados	mod	100 %	mod	\$.20/pie ²	\$ 1,000	Sim ala dia
1	Calentador de agua	Cuarto de servicio	1	alta	100 %	alta	\$50	\$50	Ga infl tub flex anc
3	Estantes	Sitios de almacenamiento	40 pies lineales	alta	100	baja*	\$200	\$200	* B deb que con ese sin

6	Divisiones libres	Zona de secretarias	20 cada 6 pies	baja	0-5 %	baja	0	0
2	Lutos fluorescentes	Oficinas y lobby	50	alta	25-100%	mod	\$1,500	\$1,500
TOTAL								\$2,850

(+) PELIGRO PARA LA ATENCION MEDICA DE PACIENTES

(\$) DAÑO EN % DEL VALOR DE REEMPLAZO

(@) REQUERIMIENTO POST-SISMO

Estructura. En América Latina las edificaciones usualmente son de concreto reforzado, mampostería y edificaciones de madera con techos livianos. La evaluación de la vulnerabilidad estructural de este tipo de edificaciones deben realizarla ingenieros especializados.

Elementos No-estructurales. Dentro de los elementos no-estructurales se incluyen muros exteriores no-portantes, paredes divisorias, sistemas de tabiques interiores, ventanas, cielo rasos, ascensores, equipos mecánicos y eléctricos, sistemas de alumbrado y la dotación del edificio. Los daños no-estructurales frecuentemente son los causantes de enormes pérdidas, particularmente a causa de terremotos. Los daños en componentes no-estructurales pueden ser severos, aún cuando la estructura de la edificación permanezca intacta.

Las implicaciones en los costos pueden ser altas, dado que la estructura del edificio sólo representa entre 15% y el 20% del costo total de la edificación.. Por lo tanto, entre más vulnerables sean los elementos no-estructurales a los sismos y los huracanes, mayor será el riesgo para los ocupantes y mayores serán las pérdidas esperadas.

La interrupción de los servicios puede ser agravada por el hecho de que los códigos de diseño no tienen normalmente en cuenta requerimientos específicos para el diseño de sistemas mecánicos y eléctricos. La experiencia ha demostrado que los efectos de segundo orden causados por daños no-estructurales pueden agravar significativamente la situación. Por ejemplo, cielos rasos y acabados de paredes que caen sobre corredores o escaleras pueden interrumpir el tráfico; incendios, explosiones y escapes de sustancias químicas pueden ser peligrosos para la vida. Los daños en los servicios pueden hacer de un moderno hospital virtualmente inútil porque su funcionamiento depende de los mismos.

Mucha parte de la dotación de las instalaciones de la salud es esencial para su operación. Equipos costosos para registro de los pacientes es altamente necesario inmediatamente después de un sismo o un huracán. Los códigos de construcción no cubren este tipo de equipos, razón por la cual medidas de protección deben considerarse por los administradores y el personal de manejo.

Los incidentes observados en sismos pasados pueden ilustrar el tipo de problemas que pueden presentarse:

- Volcamiento de cilindros de oxígeno y de gases inflamables, con pérdida de su contenido, creando una situación de alta peligrosidad.
- Volcamiento del generador de emergencia debido a la corrosión y poca resistencia del anclaje con la fundación, causando interrupción del sistema de energía y creando un peligro que puede conducir a un incendio.
- Volcamiento total o parcial de transformadores de alto voltaje y derramamiento de aceite, causando también interrupción del sistema energía de emergencias y creando una situación de incendio potencial.
- Desplazamiento de la consola de control de comunicaciones telefónicas, causando una interrupción temporal de las comunicaciones del hospital.
- Volcamiento de estanterías para el almacenamiento y rompimiento de los frascos de los gabinetes, dando como resultando la pérdida de su contenido y por consiguiente la pérdida de drogas y medicamentos requeridos.

- Caída de equipos de laboratorio y rompimiento de sistemas de instrumentación tales como, microscopios y computadores.
- Rompimiento de los cables y caída de los contrapesos de los ascensores.

Hay también muchos problemas asociados con huracanes, tales como la destrucción de techos y ventanas con daño consecuente en equipos, muebles y otros elementos por el viento y el agua.

La vulnerabilidad de la dotación del edificio puede ser altamente reducida. Medidas específicas para sismos han sido propuestas e implementadas por FEMA (US Federal Emergency Management Agency). Ellas son de gran importancia porque garantizan la protección contra daños dentro de la instalación (ref. 9). En el documento antes mencionado se describen situaciones que deben ser evitadas en lo posible: las señales y los planos de orientación en cada piso no debe ser confusos y poco familiares para los visitantes; debe tenerse en cuenta que posiblemente el fluido eléctrico se interrumpa; los ascensores no deben ser usados aún cuando estén en capacidad de operación, por lo tanto para el descenso deben utilizarse las escaleras aún cuando en el caso de terremoto, puede haber desmoronamiento de escombros debido a que los elementos rígidos entre pisos atraen fuerzas altas y son propensos a los daños; las puertas pueden atascarse por el movimiento de la edificación y muchas pueden dificultar el egreso de la instalación; debe enfatizarse que aún cuando no se presenten daños no-estructurales y la instalación pueda continuar su operación, es necesario que se realice una inspección de la estructura en forma inmediata por profesionales capacitados para el efecto.

Muchos de los problemas que están considerados en dicho manual son el resultado de la falta de atención a las acciones que se espera se presenten como consecuencia de amenazas naturales.

Aunque el diseño de las edificaciones se hace de acuerdo con los códigos modernos de construcción de cada país, no se puede garantizar la no ocurrencia de daños, pero sí se asegurará un nivel básico de seguridad que es difícil de obtener por otros medios. Los códigos establecen requerimientos mínimos que pueden ser incrementados de acuerdo a la importancia de la instalación.

Infraestructura

La infraestructura incluye los recursos físicos externos de los cuales depende el hospital, tales como las comunicaciones, el suministro de agua, alcantarillado, energía y los sistemas de información de la instalación.

El impacto de las amenazas naturales sobre dichos recursos se analiza brevemente a continuación:

Telecomunicaciones. Las líneas de teléfonos pueden ser seriamente dañadas por eventos naturales; no obstante que las líneas subterráneas no son susceptibles a huracanes y son, normalmente, lo suficientemente aisladas y flexibles para resistir daños causados por inundaciones y sismos.

Suministro de Agua. El sistema principal de suministro de agua consiste normalmente de estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de agua y tuberías subterráneas. El sistema sufre interrupciones debido a fallas en el bombeo y más, frecuentemente, debido al rompimiento de las tuberías. Por esta razón, los hospitales deben tener tanques de reserva, los cuales deben estar incorporados al sistema de suministro diario, con el fin de garantizar que el agua se encuentre en buenas condiciones en el momento que ocurra la emergencia.

Suministro de Energía. Un sistema de suministro de energía consiste de generadores, líneas de alta tensión y subestaciones, etc. Los equipos localizados sobre el terreno son las partes más vulnerables del sistema. Los transformadores y equipos de aisladores de porcelana son los puntos más débiles, puesto que los daños pueden producir incendios. Los postes de las líneas son particularmente vulnerables a vientos fuertes. Hay buenas razones para que las instalaciones de la salud cuenten con generadores de emergencia que puedan entrar en operación en cualquier momento. Una buena práctica es revisarlos semanalmente. Deben tomarse precauciones para asegurar que estos sean cuidadosamente anclados a su cimentación.

Alcantarillado. Si el drenaje de aguas es combinado con afluentes domésticos, la vulnerabilidad puede ser alta durante inundaciones. Durante un sismo, la vulnerabilidad de canales abiertos será más baja que la de sistemas subterráneos de alta presión. La vulnerabilidad de sistemas subterráneos puede ser disminuida con

el uso de uniones flexibles. Es necesario un análisis detallado de las condiciones del sitio en zonas propensas a sismos.

Suministro de Gas y Combustibles. Durante sismos, la vulnerabilidad de tuberías de gas y combustibles depende de su resistencia y flexibilidad. Una alta flexibilidad de las tuberías puede evitar el rompimiento durante un sismo moderado; los asentamientos diferenciales pueden ser compensados y el desplazamiento del suelo no necesariamente conduciría a una ruptura. Especial atención se le debe dar a las conexiones en los edificios, las cuales necesitan cumplir requerimientos especiales de diseño.

6.3 Estrategias para su aplicación

Consideraciones físicas

Cómo el mejoramiento puede ser llevado a cabo? La respuesta depende de las condiciones físicas de la instalación y de las características de la organización.

Por ejemplo, en términos simples, el intervención de los hospitales de la Administración de Veteranos de los Estados Unidos se llevó a cabo por ellos mismos con la colaboración de consultores expertos (ref. 10).

Primero se realizó un análisis de vulnerabilidad para revisar las instalaciones y para evaluar las amenazas naturales del sitio, segundo, se establecieron acciones específicas y finalmente se estimaron los costos.

Un análisis de vulnerabilidad podría comenzar con una inspección visual de las instalaciones y con la preparación de un reporte preliminar de evaluación (anexo 5). Esta inspección permite identificar áreas que requieran atención. El reporte puede ser discutido con los consultores y las autoridades de la instalación con miras a definir las prioridades y los cronogramas para llevar a cabo el trabajo. Una vez el programa de reforzamiento ha sido diseñado, otras revisiones y análisis deben desarrollarse en áreas específicas identificadas para ser intervenidas.

En general, es posible dividir las recomendaciones en dos categorías:

- (i) Aquellas que son fáciles de implementar en el corto plazo, como dotar de contraventanas y arriostramientos a las puertas, instalar pernos adicionales a las tejas de los techos, fijar plantas externas, relocalizar sistemas de almacenamiento en edificios seguros si el edificio en que se encuentran es vulnerable. Estos trabajos deben realizarse por el personal de mantenimiento de la instalación o por pequeños contratistas.
- (ii) Aquellos que requieren asesoría de especialistas, de capital significación, como modificaciones costosas o construcciones nuevas por implementar a mediano y largo plazo.

En el ejemplo de la Administración de Veteranos las decisiones variaron desde demoliciones hasta intervenciones menores. En muchos casos, la implementación de este tipo de medidas es de la responsabilidad del grupo de mantenimiento, lo cual puede ser una ventaja dado su conocimiento del sitio y su posibilidad de llevar a cabo revisiones periódicas de las medidas adoptadas. En efecto, el mejoramiento de edificios existentes y estructuras puede llevarse a cabo mediante la realización de reparaciones rutinarias y de mantenimiento.

Consideraciones acerca de los costos

Los costos adicionales necesarios para hacer un edificio resistente a huracanes, terremotos e inundaciones pueden considerarse como un seguro. Estudios comparativos han demostrado que la diferencia en los costos entre una edificación construida con especificaciones contra amenazas como la sísmica, en relación con una similar donde el código ha sido ignorado puede estar entre el 1% y el 4% del costo total del edificio. Si el costo de la dotación del hospital es considerado, el porcentaje podría ser mucho más bajo, puesto que los costos de los equipos puede llegar a ser del orden del 50% de los costos de la edificación.

Si se analiza el problema en términos del costo para proteger un equipo determinado, la diferencia Podría también ser sorprendente. Por ejemplo, la interrupción de electricidad en un hospital como consecuencia de daños severos de un generador de electricidad cuyo costo puede acercarse a la cifra de US\$ 50.000 dólares puede ser evitada mediante la instalación de aisladores sísmicos y restricciones para evitar su volcamiento cuyo costo puede ser de escasos US\$ 250 dólares.

Los costos estimados pueden ser considerados sólo como una guía aproximada, debido a las diferentes condiciones de construcción propias de cada sitio y debido a la variación en costos entre los diferentes contratistas. Normalmente, si las medidas de protección no-estructural son tomadas en cuenta desde la etapa de diseño, el costo será mucho más bajo a que si dichas medidas se toman en etapas avanzadas de la construcción o después de que la instalación ha sido construida.

Referencias

1. Organización Panamericana de la Salud (OPS); Terremoto en México 1985; Crónicas de Desastres No. 3, Washington, D.C., 1987
2. Cardona, Omar D.; Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo; Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres, OPS/PNUD/UNDRO/OEA/ONAD, Bogotá, 1991.
3. Sarria, Alberto; Ingeniería Sísmica, Ediciones Uniandes, Bogotá, 1990.
4. Organización de los Estados Americanos (OEA); Desastres, Planificación y Desarrollo; Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños; Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Washington D. C., 1991.
5. Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS); Programa para la Mitigación de los Efectos de los Terremotos en la Región Andina; Proyecto SISRA, Lima, 1985.
6. Bolt, Bruce A.; Terremotos; Serie Reverte Ciencia y Sociedad, Barcelona, 1981.
7. Organization for American States (OAS); Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning; Department of Regional Development and Environment, Washington, D.C., 1991.
8. Pan American Health Organization (PAHO); Report on Disasters and Emergency Preparedness for Jamaica, St. Vincent, and Dominica; Disaster Report No. 2, Washington, D.C., 1983.
9. Federal Emergency Management Agency; Seismic Considerations: Health Care Facilities; Earthquake Hazard Reduction Series 35 FEMA 150, Washington, D.C., 1987.
10. Veterans Administration; Study of Establish Seismic Protection Provisions for Furniture, Equipment and Supplies for VA Hospitals; Office of Construction, Washington, D.C., 1980.

Anexo 1: Escala de intensidad Mercalli modificada (versión de 1956)¹

¹ Versión original de 1931 en Wood H.O. y Neumann F., 1913, Escala de Intensidad Mercalli Modificada de 1931: "Seismological Society of America Bulletin", vol. 53, núm. 5, pp. 979-987. Versión preparada por Charles F. Richter en "Elementary Seismology ", 1958, pp. 137- 138. W.H. Freeman and Company.

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, platos, 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 período.

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 D² se agrietan. Las campanas pequeñas suenan (iglesias, colegios). Árboles, arbustos sacudidos visiblemente.

² Construcciones A, B, C, D. Para evitar ambigüedades de lenguaje, la calidad de la construcción, ladrillo, u otro material, se especifica por las siguientes letras: Construcciones A: estructuras de acero y hormigón armado, bien diseñadas, calculadas para resistir faenas laterales. Buena construcción, materiales de primera calidad. Construcciones B: estructuras de hormigón armado, no diseñadas en detalle para resistir faenas laterales. Buena construcción y materiales. Construcciones C: estructuras no tan débiles como para fallar la unión de las esquinas, pero no reforzadas ni diseñadas para resistir fuerzas horizontales. Construcción y materiales corrientes. Construcciones D: construcciones de materiales pobres, tales como el adobe; baja calidad de construcción. No resistente a fuerzas horizontales.

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. Olas en estanques, agua enturbada 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; trozos de pared sueltos" arrancados. Ramas de árboles rotas. Cambios en el caudal o temperatura de fuentes y pozos. Grietas en suelo húmedo y pendientes fuertes.

IX. Pánico general. Construcciones del tipo D destruidas; edificios C seriamente dañados, algunas veces con colapso total; edificios tipo B con daños importantes. Daño general en los cimientos. Estructuras de almacén, si no están sujetas, desplazadas de 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 almacén destruidas con sus cimientos. Algunos edificios bien contruidos 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.

Anexo 2: Distribución geográfica de las máximas intensidades sísmicas en América del Sur

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica					
	VI	VII	VIII	IX	X	XI
ARGENTINA						
<u>Provincia</u>						
Catamarca	x	x				
Chaco	x					
Chubut	x					
Córdoba	x	x				
Corrientes	x					
Entre Ríos	x					
Jujuy	x	x	x			
La Rioja	x	x	x			
Mendoza	x	x	x	x		
Neuquén	x	x				
Río Negro	x					
Salta	x	x	x	x		
San Juan		x	x	x		
San Luis	x	x	x			
Santa Cruz	x					
Santiago del Estero	x					
Tierra del Fuego	x					
BOLIVIA						
<u>Departamento</u>						
Cochabamba	x	x				
Chuquisaca	x	x	x			
La Paz	x	x	x			
Oruro	x	x				
Potosí	x	x	x			
Santa Cruz	x	x				
Tarija	x	x	x	x		
BRASIL						
<u>Estado</u>						
Ceará	x					
Santa Catarina	x					
CHILE						
<u>Provincia</u>						
Aisén	x					
Aconcagua		x	x	x	x	
Antofagasta	x	x	x			
Arauco			x			
Atacama	x	x	x	x		
Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica					
	VI	VII	VIII	IX	X	XI
CHILE (continuación)						
Bío Bío	x	x	x			
Cautín	x	x	x			
Chiloé	x	x	x			
Colchagua	x	x	x			

Concepción		x	x			
Coquimbo		x	x	x		
Curicó	x	x	x			
Linares	x	x	x	x		
Llanquihue	x	x	x			
Magallanes	x	x				
Malleco	x	x	x			
Maule		x	x			
Ñuble	x	x	x	x		
O'Higgins	x	x	x			
Osorno	x	x	x			
Santiago		x	x	x		
Talca	x	x	x	x		
Tarapacá	x	x	x			
Valdivia		x	x	x		
Valparaíso			x	x	x	

COLOMBIA

<u>Departamento</u>						
Antioquía	x	x	x			
Arauca	x	x	x			
Atlántico	x	x				
Bolívar	x	x				
Boyaca	x	x	x			
Caldas			x	x		
Caquetá	x	x	x	x		
Cauca	x	x	x	x		
Chocó		x	x	x		
Córdoba	x	x	x			
Cundinamarca		x	x	x		
Guajira	x	x	x			
Huila	x	x	x	x		
Magdalena	x	x	x			
Meta	x	x	x	x		
Nariño		x	x	x	x	
Norte de Santander		x	x	x	x	
Putumayo	x	x				
Santander	x	x	x	x		
Tolima		x	x	x		

Nota: Los cuadros en este anexo fueron tomados de la publicación de la Organización de Estados Americanos (OEA), **Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños**, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Washington, D.C., 1991, pp. 64–70.

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica					
	VI	VII	VIII	IX	X	XI
<u>COLOMBIA</u> (continuación)						
Valle del Cauca		x	x	x		
Vaupés	x					
Vichada	x					
<u>ECUADOR</u>						

<u>Provincia</u>						
Azuay		x	x			
Bolívar			x	x		
Cañar	x					
Carchi	x	x	x			
Chimborazo		x	x	x		
Cotopaxi	x	x	x	x		
El Oro		x				
Esmeraldas	x	x	x	x		
Guayas	x	x	x			
Imbabura	x	x	x			
Los Ríos		x	x			
Loja	x	x	x			
Manabí			x	x		
Morona Santiago	x	x	x			
Napo	x	x	x			
Pastaza	x	x				
Pichincha		x	x	x		
Tungurahua		x	x	x	x	
Zamora						
Chinchipe	x	x				
<u>GUYANA</u>		x	x			
PERU						
<u>Departamento</u>						
Amazonas	x	x	x	x		
Ancash	x	x	x	x		
Apurímac		x	x			
Arequipa		x	x	x	x	
Ayacucho	x	x	x	x		
Cajamarca	x	x				
Cuzco	x	x	x	x		
Huancavelica	x	x	x			
Huánuco		x	x	x		
Ica		x	x	x		
Junín	x	x	x	x		
La Libertad	x	x	x	x		
Lambayeque	x	x	x			
Lima	x	x	x	x		
Loreto	x	x	x	x	x	
Madre de Dios	x	x				
Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica					
	VI	VII	VIII	IX	X	XI
PERU (continuación)						
Moquegua		x	x	x		
Pasto	x	x	x			
Piura		x	x	x		
Puno	x	x	x			
San Martín	x	x	x	x	x	
Tacna		x	x	x		

Tumbes			x	x		
<u>URUGUAY</u>						
Departamento				x		
Artigas	x					
<u>VENEZUELA</u>						
<u>Estados</u>						
Delta Amacuro	x	x	x	x		
Amazonas	x					
Apure	x	x	x			
Aragua		x	x	x		
Anzoátegui	x	x	x	x		
Barinas		x	x	x		
Bolívar	x	x				
Carabobo		x	x			
Cojedes		x	x			
Dist. Federal				x		
Falcón		x	x			
Guarico	x	x	x			
Lara				x	x	
Mérida				x	x	
Miranda			x	x	x	
Monagas			x	x		
Portuguesa		x	x	x		
Sucre				x	x	
Táchira			x	x	x	
Trujillo			x	x		
Yaracuy			x	x		
Zulia		x	x	x		

Fuente: Adaptado del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa de Intensidades Máximas de América del Sur. (Santiago Chile: CERESIS 1985).

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA Y PROBABILIDAD CONDICIONAL DE OCURRENCIA DE UN TERREMOTO DE GRAN ESCALA PARA LOCALIDADES COSTERAS EN AMERICA DEL SUR

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica Probable	<u>Probabilidad Condicional</u> ^{a/}		
		1989–1994 (%)	1989–1999 (%)	1989–2009 (%)
COLOMBIA				
<u>Departamento</u>				
Cauca	X	?1	?1	?1
Chocó	IX	?	?	?
Nariño				
Norte	X	?1	?1	?1
Sur	X	8	19	6
Valle	IX	?1	?1	?1
CHILE				
<u>Provincia</u>				
Aconcagua	X	?1	?1	?1
Aisén				
Norte	VI	?1	?1	?1
Sur	VI	?	?	?

Antofagasta				
Norte	VIII	(10)	(20)	(39)
Sur	VIII	?1	?1	15
Arauco	VIII	1	3	12
Atacama				
Norte	IX	?1	?1	15
Sur	IX	2	4	10
Cautín	VIII	1	3	12
Chiloé	VIII			
Colchagua				
Norte	VIII	?1	?1	?1
Sur	VIII	17	33	59
Concepción	IX	1	3	12
Coquimbo				
Norte	IX	2	4	10
Sur	IX	11	24	49
Curicó	VIII	?17	?33	?59
Llanquihue	VIII	?1	?1	?1
Magallanes				
Norte	VII	?	?	?
Sur	VII	4	11	29
Maule	IX	1	3	12
Ñuble	IX	1	3	12
Osorno	VIII	?1	?1	?1
Santiago	IX	?1	?1	?1
Talca	IX	1	3	12
Tarapacá	IX	10	20	39
Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica Probable	Probabilidad Condicional ^{a/}		
		1989–1994 (%)	1989–1999 (%)	1989–2009 (%)
<u>CHILE</u> (cont.)				
Valdivia				
Norte	VIII	1	3	2
Sur	VIII	?1	?1	?1
Valparaíso	X	?1	?1	?1
<u>ECUADOR</u>				
Provincia				
El Oro	VIII	?	?	?
Esmeraldas	X	(41)	(66)	(90)
Guayas	IX	?	?	?
Manabí				
Norte	IX	(41)	(66)	(90)
Sur	IX	?	?	?
<u>PERU</u>				
Departamento				
Ancash				
Norte	IX	?	?	?
Sur	IX	?1–3	?1–8	1–24
Arequipa				
Norte	X	(?1)	(?1)	(?1)

Centro	X	6	13	29
Sur	X	(?1–112)	(?1–23)	(?1–43)
Ica				
Norte	IX	(14)	(27)	(47)
Sur	IX	?1	?1	?1
La Libertad	IX	?	?	?
Lambayeque	VIII	?	?	?
Lima				
Norte	IX	?1–3	?1–8	1–24
Sur	IX	?1	?1	?1
Moquegua	IX	(?1–12)	(?1–23)	(?1–43)
Piura	VIII	?	?	?
Tacna				
Norte	IX	(?1–12)	(?1–23)	(?1–43)
Sur	IX	4	11	29
Tumbes	IX	?	?	?

^{a/}El término probabilidad condicional se refiere principalmente a terremotos causados por movimientos de las placas tectónicas

? Información no disponible

() Los valores entre paréntesis representan estimativos menos confiables.

Fuente: Adaptado del Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa de Intensidades Máximas de América del Sur. (Santiago, Chile: CERESIS, 1985); y Nishenko, S.P. Summary of Circum–Pacific Probability Estimates (cuadro no publicado). (Gulden, Colorado: US Geological Survey, 1989).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS EN AMERICA CENTRAL

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica					
	VI	VII	VIII	IX	X	
BELIZE						
<u>Distrito</u>						
Stann Creek	x					
Toledo	x	x				
COSTA RICA						
<u>Provincia</u>						
Alajuela	x		x	x		
Cartago			x	x		
Guanacaste			x	x		
Heredia	x		x	x		
*Limón	x		x	x		
Puntarenas	x		x	x		
San José	x		x	x		
EL SALVADOR						
<u>Departamento</u>						
Ahuachapán			x	x		
Cabañas	x	x				
Chalatenango	x	x				
Cuscatlán	x	x				
La Libertad	x	x				
La Paz	x	x				

La Unión	x	x	x		
Morazán			x	x	
San Miguel	x		x	x	
San Salvador	x		x	x	
San Vicente			x	x	
Santa Ana	x	x	x		
Sonsonate	x	x			
Usulután	x	x			
GUATEMALA					
<u>Departamento</u>					
Alta Verapaz	x	x	x		
Baja Verapaz	x	x			
Chimaltenango	x	x			
Chiquímula	x	x			
El Petén	x				
El Progreso	x	x	x		
El Quiché	x	x	x		
Escuintla	x	x			
Guatemala	x	x	x		
Huehuetenango	x	x	x		
Izabal	x	x			
Jalapa	x	x			
Jutiapa	x	x			
Quezaltenango	x	x	x		
Retalhuleu	x	x			
Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica				
	VI	VII	VIII	IX	X
GUATEMALA (continuación)					
Sacatepéquez	x				
San Marcos	x	x			
Santa Rosa		x	x	x	
Sololá		x	x		
Suchitepéquez		x	x		
Totonicapán		x	x		
Zacapa		x	x		
HONDURAS					
<u>Departamento</u>					
Atlántida	x	x	x		
Choluteca	x	x			
Colón	x	x			
Comayagua	x	x	x		
Copán	x	x	x		
Cortes	x	x	x		
Distrito Central	x				
El Paraíso	x				
Fco. Morazán	x				
Gracias a Dios	x				
Intibuca	x	x	x		

La Paz	x				
Lempira	x	x	x		
Ocotepeque	x	x	x		
Olancho	x				
Santa Bárbara	x	x	x		
Valle	x	x			
Yoro	x				
NICARAGUA					
<u>Departamento</u>					
Boato	x				
Carazo	x				
Chinandega	x	x	x		
Granada	x	x			
León	x	x	x		
Managua	x	x	x		
Masaya	x	x			
Matagalpa	x				
Río San Juan	x				
Rivas	x				

Fuente: Adaptado de White, R.A. Maximum Earthquake Intensities in Central América (mapa no publicado). (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey, 1988).

MAXIMA INTENSIDAD SISMICA Y PROBABILIDAD CONDICIONAL DE OCURRENCIA DE UN TERREMOTO DE GRAN ESCALA PARA DETERMINADAS LOCALIDADES EN AMERICA CENTRAL

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica Probable	Probabilidad Condicional ^{a/}		
		1989–1994 (%)	1989–1999 (%)	1989–2009 (%)
COSTA RICA				
Provincia				
Alajuela				
Oeste	VIII	9	43	93
Centro y Este	VIII	?1–3	?1–8	4–25
Guanacaste				
Oeste	VIII	16	31	55
Este	VIII	9	43	93
Heredia (Oeste)	VIII	?1	?1	?4
Puntarenas				
Norte	VIII	3–9	8–43	25–93
Centro	VIII	?1	?1	?4
San José (Oeste)	VIII	?1	?1	?4
EL SALVADOR				
Departamento				
Ahuachapán	VIII	29	51	79
Cabañas	VII	?1	?1	?1
Cuscatlán	VII	29	51	79
La Libertad	VIII	29	51	79
La Paz				
Oeste	VIII	29	51	79

Este	VIII	?1	?1	?1
San Miguel (Oeste)	VIII	?1	?1	?1
San Salvador	VIII	29	51	79
San Vicente	VIII	?1	?1	?1
Santa Ana	VIII	29	51	79
Sonsonate	VIII	29	51	79
Usulután	VIII	?1	?1	?1

GUATEMALA

<u>Departamento</u>				
Alta Verapaz	VIII	(4)	(8)	(15)
Baja Verapaz	VIII	(4)	(8)	(15)
Chimaltenango	VIII	10	23	50
Chiquimula	VIII	29	51	79
El Progreso	VIII	29	51	79
Escuintla	VIII	10	23	50
Guatemala	X	10–29	23–51	50–79

Ubicación	Máxima Intensidad Sísmica Probable	Probabilidad Condicional ^{a/}		
		1989–1994 (%)	1989–1999 (%)	1989–2009 (%)

GUATEMALA (Cont.)

<u>Departamento</u>				
Huehuetenango				
Este	X	(4)	(8)	(15)
Oeste	X	5	13	34
Izabal				
Este	VIII	?1	?1	?1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Jalapa	VII	29	51	79
Jutiapa	VIII	29	51	79
Quezal tenango	IX	5	13	34
Quiché	VIII	(4)	(8)	(15)
Retalhuleu	VIII	5	13	34
Sacatepéquez	VIII	10	23	50
San Marcos	IX	5	13	34
Santa Rosa	IX	10–29	23–51	50–79
Solola	VIII	10	23	50
Suchitepéquez	VIII	10	23	50
Totonicapán	VIII	10	23	50
Zacapa	VIII	(4)	(8)	(15)

HONDURAS

<u>Departamento</u>				
Comayagua	VIII	?	?	?
Copan				
Este	VII	?1	?1	?1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Intibuca	VIII	?	?	?
Lempira	VIII	?	?	?
Ocatepeque				

Este	VII	?1	?1	?1
Oeste	VIII	(4)	(8)	(15)
Santa Bárbara (Oeste)	VIII	?1	?1	?1
<u>NICARAGUA</u>	VIII	?	?	?

^aEl término probabilidad condicional se refiere principalmente a terremotos causados por el movimiento de las placas tectónicas.

? Información no disponible.

() Los valores entre paréntesis representan estimativos menos confiables.

Fuente: Adaptado de White, R.A. Maximum Earthquake Intensities in Central América (mapa no publicado). (Menlo Park, California: U.S. Geological Survey); y Nishenko, S.P. Summary of Circum-Pacific Probability Estimates (cuadro no publicado). (Gulden, Colorado: U.S. Geological Survey, 1989).

Anexo 3: Volcanes activos de América Latina

VOLCANES ACTIVOS, AMENAZAS VOLCANICAS Y PERIODICIDAD DE ERUPCIONES VOLCANICAS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE DURANTE LOS ULTIMOS 10.000 AÑOS

País, Volcán, Periodicidad	Ubicación		Fecha Última Erupción	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán	Comer
	Lat.	Long.		Fatl	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV	Ni.	
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
<u>México</u>													
Pinacate, Picos	31.75N	113.50W	Holoceno										
San Quintín, Campo Volcánico	30.48N	116.03W	Holoceno										
San Luis Isla	29.97N	114.43W	Holoceno										
Jaraquay Campo Volcánico	29.33N	114.50W	Holoceno										
Tortuga, Isla	27.39N	111.86W	Holoceno										
TRES VIRGENES, VOLCAN DE LAS	27.47N	112.58W	1857?										
BARCENA (ISLA REVILLAGIGEDO)	19.27N	110.80W	1952			x	x		x		2		
SOCORRO (ISLA REVILLAGIGEDO)	18.75N	110.95W	1951								2		
CEBORUCO, VOLCAN	21.15N	104.50W	1870			x	x		x		3		
Brenal	24.15N	104.45W	Holoceno										
SANGANGUEY	21.45N	104.98W	1859										
COLIMA y EL VOLCANCITO	19.42N	103.72W	1977		x	x	x	x	x		1-4		
PARICUTIN, CAMPO VOLCANICO	19.48N	102.25	1943		x	x			x		3		
Jorullo	19.03N	101.67W	1759		x	x	x		x	x	4		
Zacapu, Campo Volcánico	19.80N	101.80W	Incierto										
Valle de Santiago	20.38N	101.22W	Holoceno						x				
Sin nombre	19.10N	099.50W	Holoceno						x		4		
Xitli	19.25N	099.22W	Holoceno						x		0?		
	19.08N	099.13W	Holoceno										

Chichinautzin, Sierra del													
Santa Catarina Sierra	19.20	098.97W	Holoceno										
Gordo, Cerro	19.75N	098.82W	Holoceno										
Pitos, Sierra de las	19.92N	098.73W	Holoceno										
POPOCATEPETL	19.02N	098.62W	1943								1–3		
ORIZABA, PICO DE	19.03N	097.28W	1687						x		3		
SAN MARTIN, VOLCAN DE	18.58N	095.17W	1838						x		2–4		
Catemaco, Lago	18.42N	095.07W	Incierto										
Santa Marta, Volcán	18.30N	095.00W	Holoceno										
CHICHON, EL	17.33N	093.20W	1985										
TACANA	15.13N	092.10W	1878?								1		En la frontera de Guatemala. Amenazó erupcionar en 1985 y en 1986.
<u>Guatemala</u>													
TAJUMULCO	15.043N	091.898W	1863?		X						2		
Siete Orejas	14.82N	091.62W	Holoceno										
SANTA MARIA	14.758N	091.548W	1990	x	x	x	x		x	x	2–6		Muy alto IEV. Incluye el domo de Santiaguito (SE del ala de Santa María)
QUEMADO, CERRO	14.798N	091.52W	1823?		x				x		2		
Oro, Cerro de	14.88N	091.38W	Holoceno										
País, Volcán, Periodicidad	Ubicación		Fecha Ultima Erupción	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán	Comentarios
	Lat.	Long.		Fatl	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV	Ni.	
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
<u>Guatemala</u> (continuación)													
ATITLAN	14.588N	091.182W	1856?		x	x			x		2–3		
Tolimán	14.614N	091.117W	Holoceno										
ACATENANGO	14.503N	090.873W	1972			x		x			1–3		
FUEGO	14.482N	090.882W	1977	x	x	x	x		x	x	0–4		
Agua	14.47N	090.742W	Holoceno										
PACAYA	14.38N	090.603W	1989		x	x					0–3		
13 Volcanes menores	14.03–	089.35–	Holoceno										
al este de la Ciudad de Guatemala	14.83N	090.45W											
<u>El Salvador</u>													
Ahuachapán	13.90N	089.82W	1900	x	x	x							

Campo Geotérmico													
3 Volcanes menores	13.90–	089.47–	Holoceno										
	14.27N	089.77W											
SANTA ANA	13.853	089.630W	1920			x					2–3		
IZALCO	13.815N	089.635W–	1966–	x	x	x	x			x	0–3		
SAN MARCELINO	13.807N	089.577W	1722		x						0		
Coatepeque Caldera	13.87N	089.55W	Holoceno										
SAN SALVADOR	13.738N	089.288W	1917	x	x	x				x	0–4		
Guazapa	13.90N	089.12W	Holoceno										
ILOPANGO	13.672N	089.053W	1879	x	x	x	x			x	3–6?		Muy alta
6 Volcanes menores	13.42–	088.32–	Holoceno										
al rededor de San Vicente	13.623N	088.852W											
SAN MIGUEL	13.437N	088.272W	1976		x	x			x	x	1–3		
Conchagua	13.227N	087.853W	Incierto										
CONCHAGUITA	13.22N	087.765W	1892								2		
Nicaragua						x							
COSIGUINA	12.98N	087.57W	1852				x				2–5		Muy alta
SAN CRISTOBAL	12.70N	087.00W	1977		x	x			x		1–3		
Casita	12.70N	086.97W	1550			x							
TELICA	12.60N	086.85W	1976			x			x	x	1–3		
Rota	12.55N	086.75w	Holoceno										
NEGRO, CERRO	12.50N	086.70W	1971		x	x				x	x	1–3	
PILAS, LAS	12.50N	086.68W	.1954			x			x		1		
MOMOTOMBO	12.42N	086.53W	1905		x	x				x	2–3		
Apoyeque	12.242N	086.342W	Holoceno										
MASAYA, NINDIRI, SANTIAGO, y SAN PEDRO	11.98N	086.15W	1974		x	x				x	0–3		
Apoyo	11.92N	086.03W	Holoceno										
MOMBACHO	11.83N	085.98W	1850?			x					2–3		
Zapatera Isla	11.73N	085.82W	Holoceno										
CONCEPCION	11.53N	085.62W	1978			x				x	2		
Madera, La	11.45N	085.52W	Incierto										
3 Volcanes menores	12.30–	085.73–	Holoceno										
	12.53N	086.138											
	Ubicación		Fecha Última	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán Ni.	Comentarios
País, Volcán, Periodicidad	Lat.	Long.	Erupción	Fatl	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV		
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Costa Rica													

OROSI	10.98N	085.47W	1849			x					2		
RINCON DE LA VIEJA	10.83N	085.33W	1970		x	x		x			2-3		
Miravalles	10.75N	085.15W	Holoceno										
Tenorio	10.67N	085.02W	Incierto										
ARENAL	10.47N	084.73W	1968	x	x	x	x	x	x	x	3-4		
Poco Sol, Cerro	10.320N	084.660W	Incierto										
Platanar, Cerro	10.299N	084.366W	Holoceno										
POAS	10.20N	084.22W	1980			x		x			1-3		
BARBA	10.13N	084.08W	1867			x					2		
IRAZU	09.98N	083.85W	1974	x	x	x		x	x	x	1-3		
TURRIALBA	10.03N	083.77W	1866			x					2-3		
<u>Honduras</u>													
Yojoa Lago	14.98N	087.98W	Holoceno										
Utila Isla	16.10N	086.90W	Holoceno										
<u>Panamá</u>													
Baru	08.80N	082.558W	1550?		x	x							
<u>Colombia</u>													
RUIZ	04.88N	075.37W	1985	x	x	x			x	x	2-4	2	
Mesa Nevada de Herveo	05.30N	075.47W	Holoceno										
TOLIMA	04.65N	075.37W	1943			x					2	1	
Machin	04.15N	075.37W	Holoceno										
Huila	03.00N	075.98W	Holoceno										
PURACE	02.37N	076.38W	1977	x	x	x			x	x	2-4	3	
Sotara	02.22N	076.62W	Holoceno										
Petacas	01.57N	076.78W	Incierto										
DOÑA JUANA	01.52N	076.93W	1897	x		x	x		x	x	4	4	
GALERAS	01.22N	077.30W	1974			x			x		2-4	5	
Azufra de Tuquerres	01.08N	077.73W	Holoceno										
CUMBAL	00.98N	077.88W	1926			x					2	6	
Negro de Mayasquer, Cerro	00.80N	077.95W	Holoceno			x					2	7	
<u>Ecuador</u>													
REVENTADOR	00.08S	077.67W	1976			x	x		x	x	2-3	8	
Cuicocha	00.30N	078.37W	Holoceno										
Pululagua	00.05N	078.48W	Holoceno			x	x						

	Ubicación		Fecha Ultima	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán Ni.	Comentarios
País Volcán Periodicidad	Lat.	Long.	Erupción	FatI	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV		
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
<u>Ecuador</u> (continuación)													
GUAGUA PICHINCHA	00.17S	078.60W	1881			x	x				2-4	9	
ANTISANA	00.48S	078.13W	1801			x			x		0-2	10	
SUMACO	00.57S	077.65W	1933?			x					2-3?		
COTOPAXI	00.65S	078.43W	1942	x	x	x	x		x	x	0-4	12	
QUILTOA	00.85S	078.90W	1759?								2-4?	13	

TUNGURAHUA	1.47S	078.45W	1944		x	x	x	x	x	x	2-4	14	
SANGAY	02.03S	078.33W	1976	x	x	x	x		x		2-3+	15	
FERNANDINA (GALAPAGOS)	00.37S	091.55W	1978			x		x	x		0-4		
6 VOLCANES EN ISLA ISABELA	00.02N-	091.12-	Holoceno	x		x		x	x		0-3		
	00.90S	091.55W	1979										
9 VOLCANES EN ISLAS GALAPAGOS	00.58N-	089.50-	Holoceno						x		0		
	00.88S	090.77W	1958										
<u>Perú</u>													
4 Volcanes menores	14.37-	071.17-	1990										Volcán Sabancaya
	15.80S	072.70W											
MISTI, EL	16.302S	071.414W	1870?		x	x					2-3	16	
UBINAS	16.35S	070.903W	1969		x	x					2-3?	17	
HUAYNAPUTINA	16.584S	070.87W	1667	x	x	x	x		x	x	2-4	18	
Ticsani	16.77S	070.60W	Holoceno										
TUTUPACA	17.025S	070.358W	1902								2-3	19	
Yucamani	17.18S	070.20W	1787									20	
<u>Norte de Chile y Bolivia</u>													
Chupiquina Nevado	17.67S	069.80W	Holoceno										
Tacora	17.72S	069.78W	Holoceno										
6 Volcanes menores	17.92-	068.53-	Holoceno										
	18.42S	069.80W											
GUALLATIRI	18.42S	069.10W	1960		x						2	21	
6 Volcanes menores	18.38-	068.08-	Holoceno										
	19.15S	069.47W											
ISLUGA	19.15S	068.83W	1960		x	x			x		2	22	
11 VOLCANES MENORES	20.73-	066.50-	Holoceno										
	21.78S	068.47W	1865										
SAN PEDRO	21.88S	068.40W	1960?		x	x			x		2	24	
11 VOLCANES MENORES	21.92-	067.18-	Holoceno										
	23.13S	068.23W	1972										
LASCAR	23.37S	067.73W	1986		x						2-3	26	
5 Volcanes menores	23.58-	067.53-	Holoceno										En la frontera de Chile y Argentina
	24.45S	068.57W											
	Ubicación		Fecha Última	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán Nº.	
País, Volcán, Periodicidad	Lat	Long.	Erupción	FatI	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV		
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
<u>Norte de Chile y Bolivia</u> (continuación)													

LLULAILLACO	24.72S	068.55W	1877			x			x		0-2	27	
4 Volcanes menores	2S.17-	067.88-	Holoceno										En la frontera de Chile y Argentina. El volcán N es uno de estos 4 volcanes.
	27.32S	069.13W											
Centro y Sur de Chile. Argentina													
TUPUNGATITO	33.40S	069.80W	1980			x			x		2	29	
SAN JOSE	33.80S	069.92W	1895			x					2	30	En la frontera de Chile y Argentina. Luego siguió actividad fumarólica.
MAIPO	34.17S	069.87W	1912?			x						31	En la frontera de Chile y Argentina.
TINGUIRIRICA	34.82S	070.35W	1917			x						32	
PETEROA	35.25S	070.57W	1967			x			x	x	1-4	33	En la frontera de Chile y Argentina.
DESCABEZADO GRANDE	35.58S	070.75W	1932			x					2	34	
AZUL, CERRO	35.67S	070.77W	1967			x			x		2-5	35	Muy alto.
Maule, Laguna del	36.02S	070.58W	Holoceno										
CHILLAN, NEVADOS DE	36.87S	071.38W	1973			x			x	x	1-3	36	
ANTUCO	37.40S	071.37W	1972			x			x		0-2	37	
CALLAQUI	37.92S	071.42W	1850?			x						38	En la frontera de Chile y Argentina.
Copahues	37.85S	071.17W	1750?			x						39	
LONQUIMAY	38.37S	071.58W	1889			x			x		0-2	40	
LLAIMA	38.70S	071.70W	1979		x	x			x	x	2-4?	41	
VILLARRICA	39.42S	071.95W	1980	x	x	x	x		x	x	2-3	42	
Quetrupillán	39.48S	071.70W	Holoceno										
RINI HUE (o CHOSHUENCO-MOCHO)	39.93S	072.03W	1864			x					2	43, 44	
NILAHUE	40.35S	072.07W	1979	x	x	x			x	x	2-4	45	
Casablanca, Volcán	40.75S	072.20W	Holoceno									46	
PUYEHUE	40.57S	072.10W	1960			x			x		3-4	47	
PUNIIAGUDO, CERRO	40.95S	072.27W	1930?										
OSORNO	41.10S	072.50W	1869			x			x		0-2	48	
CALBUCO	41.32S	072.60W	1961		x	x		x	x	x	1-2	49	
Cayute-La Viguera	41.98S	072.27W	Holoceno										
HUEQUI	42.37S	072.58W	1920?			x			x		0-2	50	
MINCHINMAVIDA	42.78S	072.43W	1835						x		2	51	
CORCOVADO	43.18S	072.80W	1835			x					2		
Maca	45.10S	073.20W	Holoceno									52	
HUDSON, MONTE	46.17S	072.92W	1971	x	x	x				x	3	53	
LAUTARO	49.02S	073.55W	1961			x					1-2	54	

BURNEY, MONTE	52.33S	073.40W	1910				x					2	55	
Palei–Aike Campo Volcánico	52.15S	069.95W	Holoceno				x			x				
	Ubicación		Fecha Última	Efectos		Amenazas Volcánicas						Volcán	Comenta	
País, Volcán, Periodicidad	Lat.	Long.	Erupción	FatI	Prop	Exp	Piro	ExpFr	Lava	TF	IEV	Ni.		
(1)			(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)		
Indias Occidentales														
<u>Saba</u> (Caribe)														
Mountain, The	17.63N	063.23W	Holoceno											
<u>San Eustatius</u>														
Quill, The	17.48N	062.95W	Holoceno											
<u>San Kitts y Nevis</u>														
MISERY, MOUNT (SAN KITTs)	17.37N	062.80W	1843?			x		x						
Nevis Peak (Nevis)	17.15N	062.58W	Holoceno											
<u>Montserrat</u>														
Soufriere Hills	16.72N	062.18W	Holoceno			x								
<u>Guadalupe</u>														
SOUFRIERE DE LA GUADELOUPE	16.05N	061.67W	1976			x	x	x		x	1–3			
<u>Dominica</u>														
Diable, Morne au	15.62N	061.45W	Holoceno											
Diablotins, Morne	15.50N	061.42W	Holoceno											
MICOTRIN	15.33N	061.33W	1880					x			3			
Patates, Morne	15.22N	061.37W	Holoceno											
<u>Martinica</u>														
MONTAGNE PELEE	14.82N	061.17W	1929	x	x	x	x	x	x	x	3–4			
<u>Sta. Lucía</u>														
Qualibou	13.83N	061.05W	1766					x			1			
<u>San Vicente</u>														
SOUFRIERE	13.33N	061.18W	1979	x	x	x	x	x	x	x	0–4			
<u>Grenada</u>														
KICK–EM–JENNY (submarino)	12.30N	061.63W	1977								0			

Notas:

1.	Fuente de información para nombre del volcán, ubicación, periodicidad, fecha de última erupción, efectos y amenazas volcánicas: Simkin, T. et al. Volcanoes of the World. (Stroudsburg, Pennsylvania: Hutchinson Ross Publishing Company, 1981). Los volcanes de corta periodicidad están escritos en mayúsculas. Se define como volcán de corta periodicidad a aquellos con periodicidad de erupción de 100 años o menos y/o a aquellos que han ecupcionado después del año 1800.
2.	La fecha de ultima erupción ha sido simplificada de Volcanoes of the World utilizando tres categorías: (1) "Histórica"– fecha real de erupción, algunas veces clasificada como "?" cuando los datos son cuestionables. (2) "Holoceno"– incluyendo las siguientes subcategorías: (a) erupciones fechadas por Carbono 14, datos hidrofónicos, dendrocronología, conteo de varvas, evidencia antropológica, liquenometría, magnetismo, tefrocronología, capa de hidratación o análisis de fisión; (b) volcanes que actualmente presentan actividad fumarólica o solfatárica y que muestran clara evidencia de haber ecupcionado recientemente, no obstante no se dispone de fecha exacta; (c) volcanes que indudablemente han erupcionado en tiempos post–glaciales, aún cuando no hay presencia de productos fechados ni de características termales. (3) "Incierto"– denotando posible actividad

	Holocénica pero documentación cuestionable.
3.	Fatalidades ocasionadas por una o más erupciones.
4.	Destrucción de tierras agrícolas u otros daños a la propiedad ocasionados por una o más erupciones.
5.	Una o más erupciones fueron explosivas.
6.	Flujos piroclásticos o marejadas y/o explosiones lateralmente dirigidas que fueron asociadas con una o más erupciones.
7.	Explosión freática asociada con una o más erupciones.
8.	Flujo de lava, domos de lava o agujas asociadas con una o más erupciones.
9.	Torrentes de fango destructivos asociados con una o más erupciones.
10.	IEV = Índice de Explosividad Volcánica: el tamaño o "grandeza" de una erupción volcánica. El IEV combina el volumen total de productos, altura de nube eruptiva, duración de erupción, inyección troposférica, inyección estratosférica y algunos términos descriptivos para producir el siguiente índice de explosividad: 0–no explosivo, 1–pequeña, 2–moderada, 3–moderadamente larga, 4–larga, 5–muy larga, 6 a 8–cataclísmica.
11.	Numero de volcán de acuerdo a la referencia encontrada en: Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Mapa Neotectónico Preliminar de América del Sur. (Santiago, Chile: CERESIS, 1985).

Nota: Los cuadros en este anexo fueron tomados de la publicación de la Organización de los Estados Americanos (OEA., **Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños**, Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente, Washington, D.C., 1991, pp. 71–77.

Anexo 4: Formato para análisis de vulnerabilidad

EDIFICIO: _____

GEOMETRIA: _____

Pisos: _____ Altura: _____ metros.

Máximas Dimensiones Planas – metros

	Largo	Ancho	Area
Sótano			
Primer Piso			
Segundo Piso			
Tercer Piso			
Edad Aproximada			

DESCRIPCION DE LA EDIFICACION

Indique la condición en el cuadro correspondiente con:

B – Bueno **R** – Regular **M** – Malo

PORTICO

Concreto Reforzado	Acero Estructural	Madera	Muros de Carga	Otros (cuál?)

PISOS

	Concreto Reforzado	Acero Estructural	Madera	Muros de Carga	Otros (cuál?)
Sótano					

Primero	L				
Segundo					
	Columna tamaño mm	Viga tamaño dxd mm	Losa espesor mm	Losa luz m	
Sótano					
Primero					
Segundo					

TECHO

Indique la condición en el cuadro correspondiente con:

B – Bueno **R** – Regular **M** – Malo

	Concreto Reforzado	Madera	Acero	Aluminio	Otros	Tamaño dxd
Miembros Principales						
Miembros Secundarios						
Revestimiento						

* o espesor de las unidades de revestimiento en milímetros

	3 ó más aguas	Dos aguas	Una sola agua	Plano	Otro (cuál?)
Forma					
	0 – 12	13 – 25	26 – 35	> 35	
Pendiente					
	Aleros m		Extremos techo a dos aguas m		
Volado de la cubierta					
Conectores	Tipo	Esparcimiento	Valle	Lomo	Condición
Primario a la Edificación					
Secundario a Primario					
Revestimiento secundario					

MUROS

Condición	Mampostería de Piedra	Bloque de concreto	Madera	Otros especificar
Exterior				
Interior				
Espesor				

VENTANAS

Tamaño	Número	Material	Condición	Contraventanas		Condición
				Disponibles	Requeridas	

Son requeridas contraventanas en:

Interiores	Exteriores	Una hoja	Dos hojas	Número

PUERTAS

Tamaño dxb (m)	No.	Material	Condición	Bisagras*	Pasadores*	Riostras	
						Puestas	Reqd

* Indique **SI** ó **NO** si tiene o no bisagras y pasadores con adecuada resistencia. Indique el número en buenas condiciones.

DESCRIPCION DEL SITIO

	Llanura	Loma	Valle	Pico	Costa	
Localización						
	Otros (Especificar)					
			Alto	Moderado	Bajo	Comentarios
Riesgo de inundación						
Riesgo de caída de árboles o postes						

Anexo 5: Lista de chequeo

**** Alfa prioridad para evaluación**

(1)	Objetos pesados localizados en el cielo raso: lámparas, ductos, tuberías, láminas suspendidas.
(2)	Ventanas grandes y divisiones de vidrio.
(3)	Televisores altoparlantes u objetos similares localizados a más de 120 centímetros del piso, estabilidad de gabinetes o archivadores, medicinas y drogas almacenadas en altas estanterías, especialmente si contienen sustancias peligrosas.
(4)	Anclajes de generadores de emergencia, de baterías, computadores y sistemas de comunicación.
(5)	Cilindros de gas y tanques de almacenamiento de agua.
(6)	Transformadores y equipos eléctricos grandes.
(7)	Unidades de computador y otros equipos de oficina.
(8)	Equipos mecánicos de las habitaciones.
(9)	Ornamentos exteriores como revestimientos de fachada, avisos, o algún otro elemento prefabricado adosado como parapetos.
(10)	Sistemas de suministro de gas y otros servicios por tuberías.

**** Menor prioridad para evaluación sísmica**

(11)	Extintores.
(12)	Archivadores.
(13)	Ascensores.
(14)	Tabiques divisorios.
(15)	Paquetes livianos u objetos pesados almacenados a una altura menor de 120 centímetros del suelo.
(16)	Muebles.
(17)	Sistemas principales de gas para calefacción.
(18)	Cielo rasos livianos.
(19)	Equipo de aire acondicionado, generalmente en la parte alta de la edificación, sistemas de distribución de aire.
(20)	Tuberías de agua.

Huracanes e inundaciones

(21)	Diseño de edificaciones.
(22)	Localización de edificaciones y accesos en áreas propensas a inundaciones.
(23)	Forma de la edificación..
(24)	Tipo de techo. Para el caso de techos livianos: forma, revestimientos, conexiones, etc.
(25)	Muros y aberturas en paredes, como puertas, ventanas y bloques decorativos.
(26)	Conexiones de la edificación..
(27)	Oportunidades de intervención o adecuación.
(28)	Condiciones de las edificaciones y sistemas de drenaje.



Organización Panamericana de la Salud
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
Organización Mundial de la Salud
525 Twenty-third Street, N.W.
Washington, D.C. 20037, EUA