EPÍGRAFE 2.1. CONDICIONES GEOFÍSICAS

Los fenómenos naturales como manifestación de los procesos dinámicos que ocurren en nuestro planeta, pueden transformarse en desastres en la medida en que no conozcamos de manera adecuada la amenaza que constituyen para nosotros y de la susceptibilidad que presenta el entorno.

Durante los últimos decenios, la comunidad internacional ha sentido una alarma creciente ante desastres, que por afectar a concentraciones cada vez mayores de población, han tendido a ser cada vez más destructivos. Aunque la respuesta de esta comunidad ha estado fundamentalmente orientada hacia medidas de ayuda, se ha llegado a la conclusión de que las consecuencias reales y potenciales de los desastres están adquiriendo tal gravedad y alcance, que se le debe prestar más atención a las actividades de planificación y de prevención; esto es, porque los efectos de los fenómenos naturales deben analizarse no solo desde el punto de vista humanitario y social, sino también desde el punto de vista económico.

Los desastres naturales constituyen un formidable obstáculo para el desarrollo socioeconómico, ya que las pérdidas causadas por estos, pueden provocar una reducción del Producto Interno Bruto (PIB), que afecta el progreso económico real. De ahí que los gobiernos hayan tomado conciencia de la necesidad de prestar más atención a las actividades de preparación y prevención de los desastres y al hecho de que la planificación anterior a los mismos, debe formar parte de la política general de desarrollo.

Entre los desastres naturales, tienen una connotación especial los terremotos, como uno de los azotes más terribles para la vida del hombre y sus bienes por lo impredecible de su ocurrencia, la rapidez de su aparición y la violencia de las sacudidas que en unos segundos transforman en ruinas a una próspera ciudad, así como los efectos secundarios que producen en el terreno, tales como hundimientos, deslizamientos de laderas y los cambios en el régimen de las aguas subterráneas.

Los terremotos son originados por la liberación súbita de la energía acumulada durante los procesos de deformación de la corteza terrestre, sin embargo, a pesar de que existe una adecuada información acerca de las causas y consecuencias de estos fenómenos naturales, muchas veces ese conocimiento no ha sido trasladado de manera adecuada a la población, para que el ciudadano común tome las medidas de precaución necesarias, con el objetivo de no ser sorprendido sin defensa alguna cuando ocurran estos fenómenos.

Terremotos moderados e incluso pequeños, pueden tornarse catastróficos cuando ocurren en lugares con una alta concentración de población e infraestructura no preparadas para recibir su impacto. La ocurrencia de un terremoto potencialmente destructivo, puede tener consecuencias graves para el desarrollo sostenible de una comunidad, por lo que el conocimiento por parte de la población y de las autoridades competentes, les permitirá adoptar las medidas adecuadas para enfrentarlos.

Durante el tiempo señalado de monitoreo continuo de la actividad sísmica en Cuba, solo se han producido dos sismos fuertes (intensidad sísmica igual o mayor a 7.0 MSK-EMS), ambos al sur de la provincia Granma. Solo en este último, en el año 1992, se realizaron evaluaciones de daños vinculados a la vulnerabilidad de las edificaciones en el área.

La consideración de utilizar solo los datos instrumentales para realizar estimados de peligrosidad sísmica, cambia totalmente el cuadro real conocido, toda vez que las provincias de mayor potencialidad y riesgo (valoración instrumental cualitativa) serían de mayor a menor: Granma, Santiago de Cuba, Villa Clara, Matanzas, Camagüey, Holguín, Guantánamo, Cienfuegos, La Habana, Ciego de Avila, Pinar del Río, etc. La provincia Santiago de Cuba adquiriría mayor importancia, solo en el caso de que se consideraran los datos de las Agencias Internacionales de 1932 y 1947.

La utilización de un Catálogo de Sismos Perceptibles y/o Registrados Instrumentalmente, le permitió al Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIS) extender los estudios de sismicidad, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica a todo el territorio nacional, tanto en tiempo, como en espacio. Así también, ha potenciado evaluaciones sismotectónicas más cercanas a la realidad del peligro sísmico en el archipiélago cubano, incluso mostrando el carácter activo de algunas estructuras tectónicas.

Epicentros de terremotos por datos instrumentales

El mapa de epicentros por datos instrumentales fue elaborado a partir del catálogo de terremotos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIS). Este mapa incluye todos los terremotos de magnitud mayor a 3^0 en la escala de Richter, registrados desde el año 1965 hasta el 2017, por 3 o más estaciones de la red del Servicio Sismológico Nacional de Cuba (SSNC), entre las coordenadas geográficas 72°.00 a 85°.00 de longitud Oeste y de los 17°.00 a los 25°.00 de latitud Norte.

El registro sísmico instrumental en Cuba se inició en el año de 1964 con la instalación de la estación sismológica de Soroa en el occidente del país, y en el año 1965 con la apertura de la estación sismológica de Río Carpintero, cerca de Santiago de Cuba, en la parte suroriental del país. En la actualidad el Servicio Sismológico Nacional cuenta con 20 estaciones, todas con un registro digital con trasmisión en tiempo real a la Estación Central, radicada en la sede del CENAIS en la ciudad de Santiago de Cuba.

El registro sísmico instrumental no ha sido homogéneo debido a los cambios tecnológicos llevados a cabo, a la inestabilidad del monitoreo de algunas estaciones sismológicas y la construcción y el cierre o puesta en marcha de otras. En este sentido se pueden definir dos etapas o periodos diferentes en cuanto a las características del registro sísmico instrumental: uno desde mediados de la década de los años sesenta hasta el año 1997, con estaciones de fabricación soviética en su mayoría de corto periodo de registro analógico, y otro desde el año 1998 hasta la actualidad, con estaciones digitales de banda ancha y de corto periodo.

En la etapa de registro analógico, se conformó la red de estaciones asistidas básicas del SSNC, a la cual pertenecen las Estaciones de Soroa (Artemisa), Río Carpintero (Santiago de Cuba), Maisí (Guantánamo), Las Mercedes (Granma) y Cascorro (Camagüey). A esta red se le incorporaron estaciones sismológicas que operaron de manera temporal en estudios llevados a cabo para la construcción de obras importantes que lo requerían.

En el año 1998 se lleva a cabo una transformación completa de la red de estaciones del SSNC con la adquisición de estaciones digitales de banda ancha y de corto periodo en la República Popular China, alcanzando un total de 13 estaciones, entre ellas seis de banda ancha, las cuales permiten registrar terremotos cercanos y lejanos. A partir de esta transformación tecnológica, comienza a mejorar de manera notable el monitoreo

sismológico en el país, el cual ha continuado modernizándose hasta la actualidad, con la instalación, a partir del 2015, de siete estaciones de banda ancha de fabricación canadiense y alcanzando en el 2017 un total de 20 estaciones sismológicas, 15 de las cuales se encuentran en la región oriental del país, por ser esta región donde se registra la mayor sismicidad para Cuba.

Las mayores concentraciones de epicentros, y los sismos de mayor magnitud mostrados en el mapa, están relacionadas con las zonas límites de placas situadas al sur de la región oriental del país, la falla Oriente, cuyo trazado va desde las inmediaciones de Islas Caimán hasta el norte de Haití y la falla Enriquillo-Plantain Garden, situada desde el sur de Islas Caimán hasta el sur del extremo oeste de Haití. Aquí se destaca la sismicidad registrada al suroeste de Cabo Cruz en mayo de 1992 luego de registrarse un terremoto de magnitud 6.9° en la escala de Richter, el mayor registrado en la etapa instrumental en el territorio nacional. En la zona suroriental también se destaca la sismicidad registrada al sur de las provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo, donde se destacan varias series de terremotos como son las ocurridas en marzo de 2010, posterior al terremoto de magnitud de 7.1°, acontecido el 9 de enero en Haití y las ocurridas en Mar Verde y Uvero, en enero de 2016 y 2017, respectivamente.

La principal sismicidad registrada al norte de las provincias centrales se da, con mayor relevancia, al norte de la localidad de Corralillo, en el límite de las provincias de Villa Clara y Matanzas, donde en enero de 2014 se registró un sismo de 4.9° de magnitud, seguido por un número importante de réplicas de varias magnitudes. No obstante, el sismo de mayor magnitud registrado por la red de estaciones del SSNC, fuera del límite de placas del norte del Caribe, fue el sismo de magnitud 5.4° ocurrido el 12 de diciembre de 1998, al nordeste de la localidad de Moa.

El mapa que se presenta incluye sismicidad registrada fuera del territorio nacional, que por su cercanía a Cuba está incluida dentro del área de monitoreo del SSNC, ya que los sismos fuertes ocurridos en estas zonas, son percibidos en el territorio nacional. En este caso se encuentran las zonas de actividad sísmica situadas al sur de Islas Caimán, norte de Jamaica y sur y norte de Haití.

Magnitudes de los sismos perceptibles e intensidades máximas: 1502-2017

La utilización de la información referida a los terremotos perceptibles y fuertes se hace imprescindible, a partir de la necesidad de definir con mayor precisión la historia sísmica de nuestra región de estudio, de ahí la importancia de disponer de un catálogo de terremotos, confiable y extenso, para la realización de los estimados de peligro sísmico.

Un aspecto que reviste gran importancia en la región de las Antillas Mayores a la hora de evaluar su potencialidad sísmica, es el hecho de que, según la información disponible hasta la fecha, los terremotos más fuertes ocurridos en Cuba, Jamaica y La Española, corresponden a siglos anteriores, de los cuales no hay registro instrumental y en muy pocos casos se realizaron estudios especializados. Los datos instrumentales de las agencias internacionales son solo a partir del siglo XX y el volumen de información disponible depende de la magnitud y distancia a las estaciones, de los sismos considerados.

De esta manera, la utilización de un catálogo de sismos perceptibles y sus mapas asociados, nos permite extender los estudios de sismicidad y peligrosidad sísmica a todo el territorio nacional, tanto en tiempo como en espacio. Así también puede potenciar

evaluaciones sismotectónicas más cercanas a la realidad, del peligro sísmico en el archipiélago cubano, incluso mostrando el carácter activo de algunas estructuras tectónicas.

Para la elaboración del mapa de terremotos perceptibles, primero se realizó una labor sistemática de recopilación, detallamiento, procesamiento y evaluación de datos de sismos reportados, con el objetivo de completar criterios acerca del campo macrosísmico de los terremotos perceptibles y fuertes, determinar con precisión sus parámetros espacial-energéticos para poder establecer un catálogo que posibilitara las evaluaciones de peligrosidad sísmica del país, utilizando metodologías más rigurosas.

No obstante, la búsqueda de datos de estos eventos en los archivos, museos, bibliotecas u otros tipos de centros de información dentro del territorio nacional, tanto a través de crónicas, prensa escrita, documentos coloniales o cualquier tipo de publicación, no siempre dio los frutos esperados. Esto significa mucho más, al considerar los terremotos fuertes que han afectado a la ciudad de Santiago de Cuba, ya que por los efectos descritos e intensidades evaluadas de las localidades vecinas o de las regiones existentes, debió reportarse algún tipo de información al respecto. Solo en algunos casos aparece, ocasionalmente, algún dato de interés o una referencia que permiten establecer criterios sobre la fuerza de los estremecimientos. En particular, la mayoría de los sismos de las regiones central y occidental, adolecen de tener muy poca información. La utilización por el autor de encuestas retrospectivas por áreas de interés, posibilitó ampliar la cantidad e información de terremotos perceptibles para el catálogo de datos macrosísmicos.

Otro aspecto imprescindible fue la necesidad de revisar datos de terremotos fuertes de las vecinas islas de Jamaica y La Española (Haití y República Dominicana); ya que varios de los sismos de mayor fuerza reportados, particularmente en el norte de estas islas, así como en nuestra región suroriental, coincidían en señalar su perceptibilidad en más de un país simultáneamente. Otros aspectos que se tuvieron en cuenta fue que el año 1528, marca el primer terremoto perceptible reportado en Cuba, aunque en 1502 se registra el primer terremoto sentido en La Española.

Solo se presentan los terremotos principales propiamente, no se incluyen los premonitores ni las réplicas, las que en todos los casos presentan intensidades menores que el sismo principal o desconocidas. Sin embargo, no se eliminaron como réplicas los sismos en los que la fecha de su ocurrencia no estuviera definida y fuera posible su relación con un terremoto principal. Estos criterios se extrapolaron con los mapas de isosistas utilizados en la confección del mapa de intensidades máximas, en los que se consideraron dos criterios: la suma de los mapas de isosistas de terremotos reportados en las Antillas Mayores y los epicentros de los terremotos perceptibles y fuertes en las zonas donde no hubiera isosistas.

De hecho, estos mapas están suficientemente documentados y permiten extender los periodos de tiempo que se analizan, limitados normalmente por la información instrumental, considerando sismos cuyo valor de magnitud estimada resultan significativos y ampliando los intervalos de representatividad de los valores de magnitud que se evalúan.

Peligrosidad sísmica de Cuba

Los estudios más recientes sobre la peligrosidad sísmica de Cuba y sus alrededores, fueron realizados a partir de la técnica del árbol lógico de decisión y sus resultados se presentan en forma de mapas y gráficos de espectro uniforme de peligro.

Para este atlas se presenta el mapa de aceleración máxima del suelo (PGA, por sus siglas en inglés) para un periodo de retorno de 475 años y el 10 % de probabilidad de excedencia. Se partió de la preparación de un catálogo de terremotos, desde 1502 hasta el 2012, en la región comprendida entre los 16-24º de latitud Norte y 67-86º de longitud Oeste, lo que conllevó un análisis de la calidad de las determinaciones de coordenadas y magnitudes de las distintas fuentes utilizadas, así como su homogenización a magnitudes por momento (Mw).

Fueron eliminadas las réplicas y los premonitores de los terremotos fuertes, para garantizar la aplicación del modelo poissoniano y se realizó un análisis de completamiento para estimar los parámetros de los gráficos magnitud-frecuencia (la magnitud máxima de cada zona se determinó por estimaciones de expertos).

Como novedad se desarrolló además un modelo no-poissoniano de la sismicidad mediante la técnica de suavizado por Kernel. De ahí se prepararon cuatro ramas principales y cuatro subramas. Las principales consisten en un modelo de zonación general, un modelo de zonación detallada, un modelo de fallas y un modelo de sismicidad distribuida, usando modelos de recurrencia poissoniana generalizada. Para cada una de las cuatro ramas principales existen cuatro subramas que corresponden a cuatro combinaciones diferentes de relaciones de atenuación, dos para corteza activa y dos para regiones continentales estables.

Se creó una base de datos contentiva de la frecuencia de ocurrencia de las sacudidas de diferentes periodos del espectro uniforme de peligro (UHS), de la cual se obtienen diversos mapas para ordenadas espectrales (ocho) de dicho espectro (entre ellos para aceleración máxima) y gráficos del espectro completo para el periodo de retorno que se necesite.

Al igual que los estudios anteriores, se caracteriza también al sur de Cuba, como la zona más peligrosa del país.