

BASE MEXICANA DE DATOS DE SISMOS FUERTES. UN SISTEMA QUE INTEGRA LA INFORMACIÓN ACELEROGRÁFICA REGISTRADA EN MÉXICO EN LOS ÚLTIMOS 35 AÑOS

R. Quags^{1,2}, L. Alcántara¹, J.M. Espinosa⁴, E. Mena³, J.A. Otero⁵, S. Medina², C. Javier³, B. López², C. Pérez¹, R. Vázquez⁴, J.A. Flores², F. González³

¹ Instituto de Ingeniería, UNAM

² Centro Nacional de Prevención de Desastres

³ Comisión Federal de Electricidad

⁴ Centro de Instrumentación y Registro Sísmico

⁵ Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica

RESUMEN

La instrumentación sísmica de movimientos fuertes inicia en México en 1960. En los pasados 35 años, esta red creció hasta 438 estaciones que han registrado más de 7200 acelerogramas de tres componentes, generados por cerca de 1000 temblores con magnitudes entre 2.9 y 8.1. La mayor parte de esta información ha sido publicada parcialmente y exceptuando a un grupo reducido de personas, ha estado fuera del alcance de investigadores, ingenieros y estudiantes. A lo largo de los años la red creció con diferentes tipos de acelerógrafos y medios de grabación, produciendo datos con una gran variedad de formatos que han hecho difícil el intercambio y procesamiento de la información. Como un esfuerzo conjunto de varias instituciones de investigación, se inició en 1992 un proyecto para crear la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes. Contiene toda la información disponible sobre redes, estaciones, instrumentos, instituciones, acelerogramas y sismos recolectados en México desde 1960, la cual ha sido compilada en un banco homogéneo de datos. El objetivo del sistema es la disseminación de la información a nivel nacional y mundial a través de catálogos, discos compactos y la red de computadoras Internet. La estructura de este sistema de bases de datos y detalles de su contenido se describen en este trabajo.

ABSTRACT

Strong motion instrumentation in Mexico goes back to 1960 when the first accelerograph was installed. In the past 35 years, this network has grown to 438 recording stations and has produced over 7200 three-component accelerograms from close to 1000 earthquakes with magnitudes between 2.9 and 8.1. Most of this information has only been partially published and released by the research institutions which operate the networks and therefore, except by a reduced group of people, has been generally inaccessible to researchers, engineers and students. Along the years the network has been growing with many different types of accelerographs and recording media, thus producing data with a variety of formats which have made information interchange and processing difficult. As a joint effort of several research institutions, a project to create the Mexican Strong Motion Database started in 1992. It contains all information available regarding networks, stations, instruments, institutions, accelerograms and earthquakes gathered since 1960, which is compiled in a homogeneous database system. The objective of this system is to disseminate this information, national and worldwide through data catalogs, CDs and Internet. The structure of this database system and details of its contents is described in this paper.

LA INSTRUMENTACIÓN PARA MOVIMIENTOS FUERTES EN MÉXICO

Han pasado ya 35 años desde que los primeros instrumentos de registro sísmico de temblores fuertes se instalaron en México. Después del destructivo terremoto de San Marcos ($M=7.5$), ocurrido en 1957, los ingenieros reconocieron la necesidad de medir las ondas sísmicas generadas por temblores fuertes y estudiar sus efectos en suelos y especialmente en estructuras vulnerables a daños. En ese tiempo sólo estaban disponibles sismógrafos de alta ganancia que siempre saturaban sus registros durante esos movimientos y por consiguiente eran poco adecuados para propósitos de ingeniería. En 1961 se instalaron los primeros dos acelerógrafos en la Ciudad del México, uno en la Alameda Central y el otro en Ciudad Universitaria.

Los primeros registros que se obtuvieron fueron durante los terremotos de Acapulco de 1962 y motivaron el despliegue de más instrumentos en la ciudad y otras regiones sísmicas del país, particularmente en las grandes presas hidroeléctricas en obra en ese tiempo. Se reco-

lectó valiosa información de mediciones directas de varios sismos importantes. Este esfuerzo por mejorar y extender la red de observación continuó en forma progresiva durante las siguientes tres décadas y en especial a partir de 1985. Desde 1960 cerca de 450 estaciones acelerográficas han sido instaladas. 438 estaciones, la mayor parte con registradores digitales, operan actualmente en varias redes las cuales se localizan en la ciudad de México y estados vecinos, a lo largo de la zona de subducción en la costa del Pacífico y también en la parte noroeste del país.

En la figura 1 se presenta un mapa con la localización de todas las estaciones acelerográficas instaladas en México. Quaas *et al*, (1993b, 1995c) describe con detalle estas redes, así como la distribución y características de los instrumentos.

A lo largo de tres y media décadas esta red ha sido muy productiva generando hasta 1995 más de 7200 acelerogramas de tres componentes de alrededor de 1000 sismos (Quaas, 1995a). Las magnitudes de estos eventos están entre 2.9 y 8.1. La figura 2 muestra la distribución de todos estos eventos.

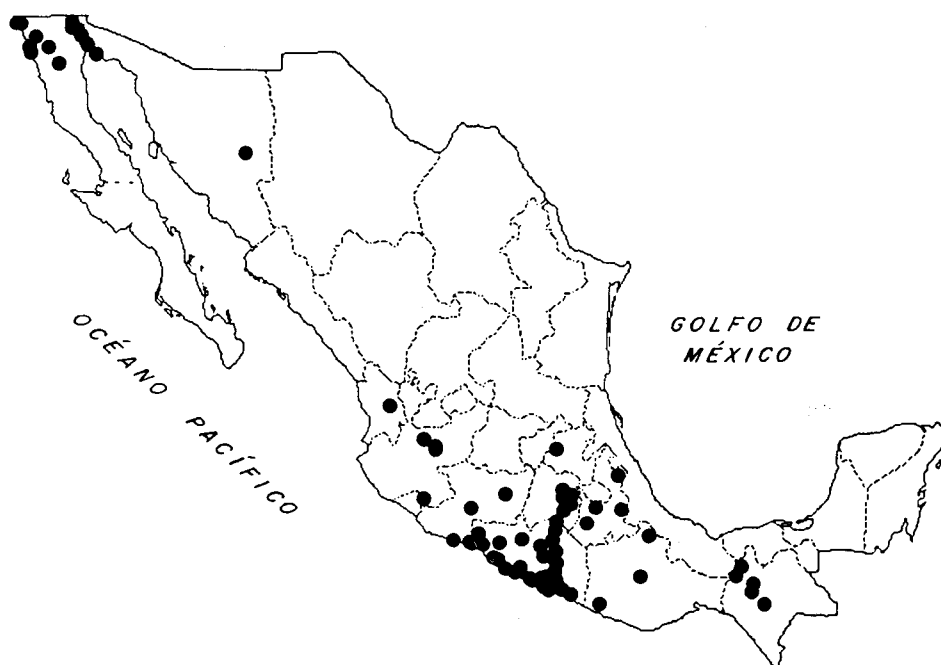


Fig 1. Red mexicana de acelerógrafos

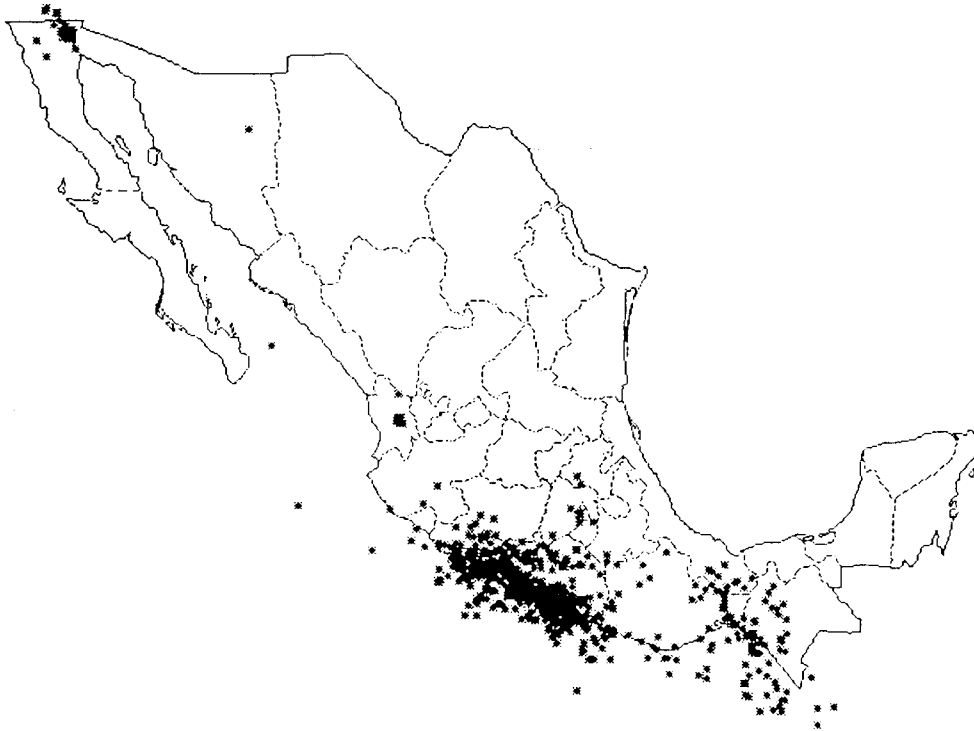


Fig 2. Localización de todos los sismos en México entre 1960 y 1994 que produjeron por lo menos un acelerograma

El crecimiento de la red acelerográfica en México y la generación de registros desde 1960 se muestra en la figura 3. Como puede verse, el número de acelerogramas aumentó casi exponencialmente, en particular después de 1985, año del destructivo terremoto de Michoacán durante el cual sólo estaban en operación 110 estaciones, en la actualidad son 438. Después de ese evento, más instituciones se sumaron al esfuerzo por instalar y operar estas redes y recolectar datos de movimientos fuertes.

Además de la extensa red en la ciudad del México, que consta de 220 estaciones, una de las redes más importantes y productivas ha sido la Red Acelerográfica de Guerrero (Anderson *et al*, 1994). Está integrada por 30 estaciones digitales las cuales fueron instaladas a principio de 1985 sobre roca a lo largo de la costa del Pacífico, principalmente en el estado de Guerrero, y algunas más ubicadas en una línea hacia la ciudad del México. Parte de esta red se localiza dentro de la brecha sísmica de Guerrero, franja de la costa que tiene una alta probabilidad de producir un temblor grande en un futuro

cercano. Esta red por sí sola ha producido más de 1300 acelerogramas digitales de alrededor de 500 eventos, siendo los más importantes los terremotos del 19 y 21 de septiembre de 1985 ($M=8.1$ y $M=7.6$) (Anderson *et al*, 1986) y el sismo de Copala del 14 de septiembre de 1995 ($M=7.2$) (Anderson *et al*, 1995).

LA BASE DE DATOS DE MOVIMIENTOS FUERTES

La operación de estas extensas redes de aparatos y el procesamiento de la enorme cantidad de datos producida, han sido llevadas a cabo independientemente por muchas instituciones y personas. La evolución de las técnicas e instrumentos de medición provocaron que a lo largo de los años la red creciera con muchos tipos diferentes de acelerógrafos y medios de grabación y por consiguiente haya producido los datos en una amplia gama de formatos, lo cual dificultó su intercambio y procesamiento. La mayor parte de esta impresionante cantidad de información sólo ha sido publicada parcial-

mente por las instituciones de investigación que operan las redes y por consiguiente, exceptuando a un reducido grupo de personas, general-

diseñó un sistema de programas especiales de computadora.

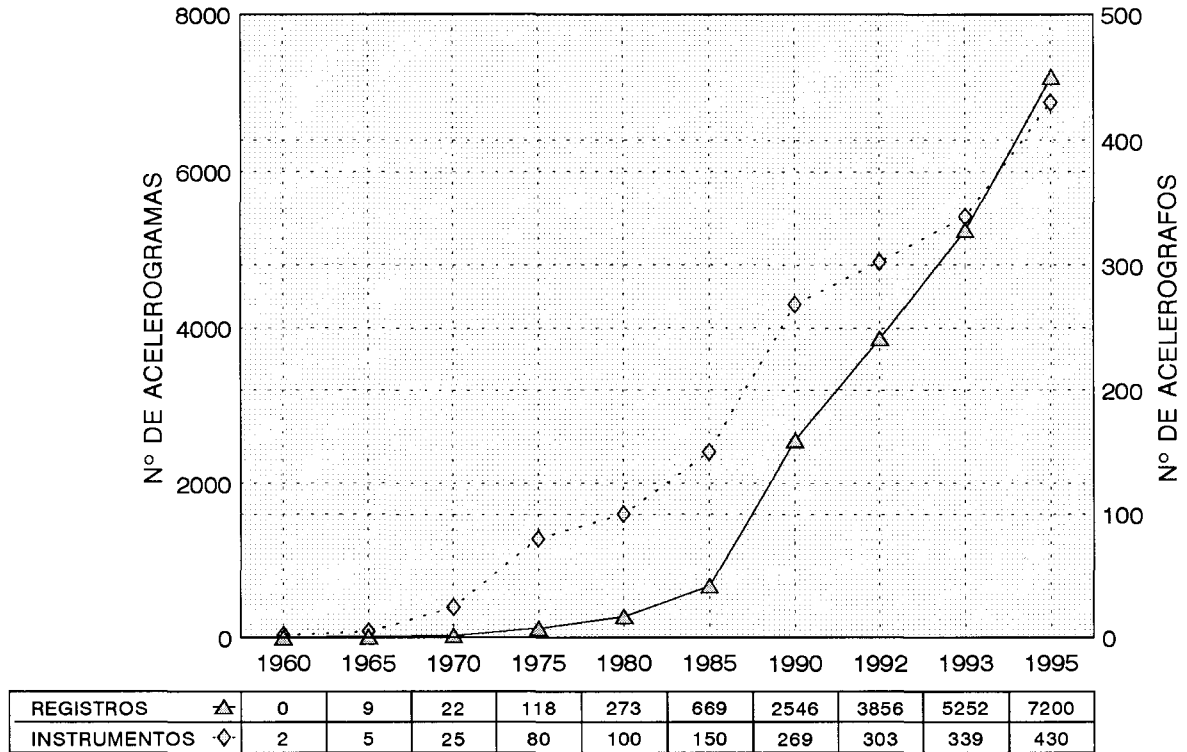


Fig 3. Crecimiento de la red acelerográfica y registros producidos en los pasados 35 años en México

mente ha estado inaccesible a investigadores, ingenieros y estudiantes del ramo.

Con el objetivo de organizar y disseminar toda esta información sobre instrumentación y registros de movimientos fuertes disponible en México, en 1992 varias instituciones que operan redes de acelerógrafos y procesan datos, establecieron un acuerdo para comenzar de manera coordinada la creación de la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes.

El primer paso consistió en hacer un inventario de lo que estaba disponible en el país respecto a instrumentación y datos de movimientos fuertes y también establecer contacto con las instituciones y personas involucradas. Para capturar y concentrar toda esta información se

Esta tarea tomó varios años de intenso trabajo e interacción entre muchas personas y organizaciones culminando en el desarrollo de un sistema interactivo y funcional de bases de datos. Su estructura general se muestra en forma de un diagrama de bloques en la figura 4.

El sistema se desarrolló para una plataforma de PC utilizando el compilador Clipper bajo el sistema operativo MS-DOS (Medina y Quaas 1993). Esta se escogió por la simple razón que todo el mundo actualmente tiene acceso a una computadora PC y puede correr fácilmente el software sin restricciones severas de hardware. Esto hace el sistema universal y de fácil manejo, particularmente para el proceso de recolección y captura de datos de tantas fuentes diferentes.

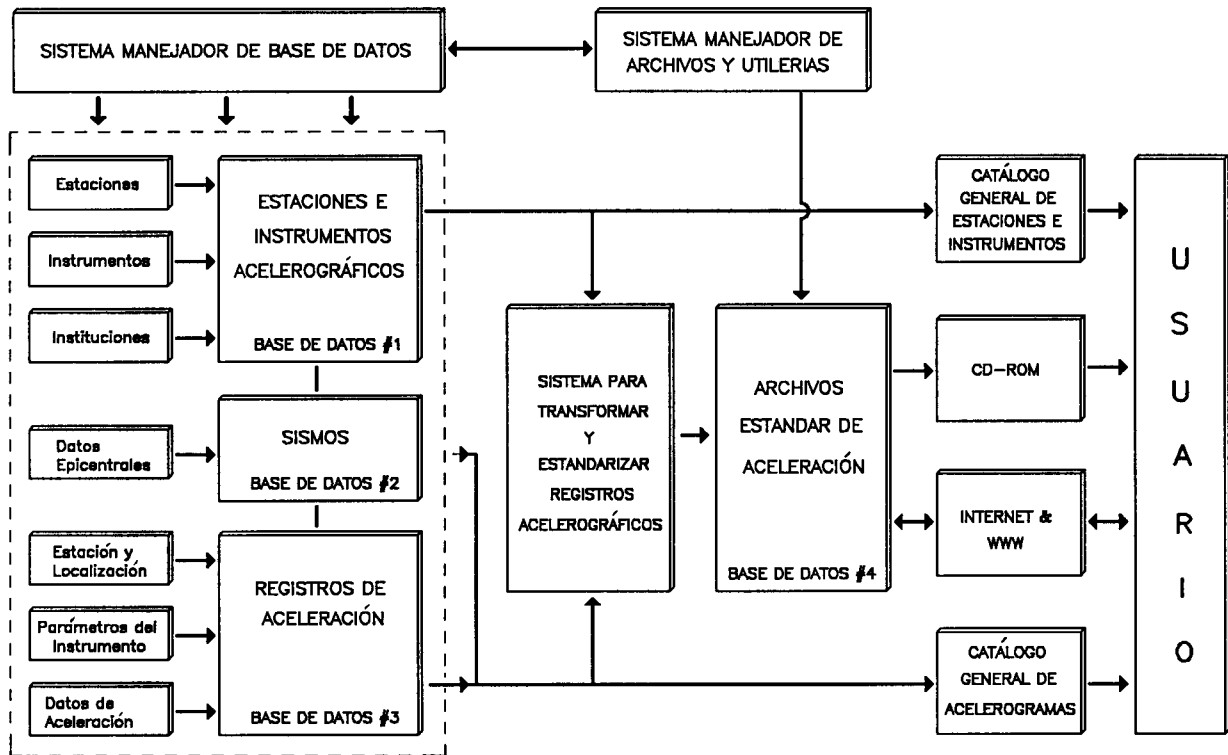


Fig 4. Diagrama general de bloques de la Base Mexicana de Datos Sismos Fuertes

Como puede observarse de este diagrama, la información se estructuró en cuatro bases o bancos de datos:

- Banco de datos #1: para información sobre las redes, estaciones e instrumentación.
- Banco de datos #2: para información sobre los sismos registrados
- Banco de datos #3: para información sobre los acelerogramas.
- Banco de datos #4: para todos los acelerogramas reprocesados y convertidos a un formato estándar.

El primer banco de datos es esencialmente un inventario de la instrumentación de movimientos fuertes disponible en el país. Contiene información detallada de más de 450 estaciones acelerográficas hasta ahora operadas, incluyendo su localización, descripción del sitio,

características técnicas del instrumento, fecha de instalación y estado de operación y finalmente, datos sobre la institución y personal responsable a cargo de la operación.

El banco de datos #2 se creó para manejar la información sobre los cerca de 1000 sismos capturados. Para cada uno se tienen los siguientes datos: código del evento, fecha y hora de ocurrencia, localización epicentral y profundidad, magnitud y la fuente que proporcionó estos datos.

De una manera similar, el tercer banco de datos está relacionado con los datos de movimientos fuertes hasta ahora producidos. Mas de 7200 acelerogramas han sido analizados y cuidadosamente catalogados junto con datos del terremoto e instrumento que produjo cada registro. Entre los datos compilados para cada

acelerograma están: institución, código y nombre de la estación, código de identificación, fecha y hora de inicio, exactitud del tiempo, longitud, aceleración máxima de cada componente, tipo y número de serie del instrumento y comentarios sobre su calidad y disponibilidad.

El banco de datos #4 constituye la parte principal del sistema. Eventualmente tendrá los 7200 o más archivos de la aceleración convertidos cada uno de su formato original, en un nuevo formato estándar de aceleración. Esta plataforma homogénea se diseñó para facilitar la disseminación y procesamiento de la información. Cada archivo con este formato contiene datos detallados sobre el instrumento de grabación, estación, institución, tiempo, datos epicentrales del sismo, datos sobre el registro mismo y finalmente, los datos numéricos con posibilidad de hasta 12 componentes de aceleración.

Los primeros tres bancos de datos son controlados por un sistema manejador de base de datos relacional, específicamente diseñado para capturar los datos, ordenarlos, editarlos, almacenarlos y también desplegarlos en pantalla e imprimirlos.

Como un proceso separado, pero parte integral del sistema, se escribieron varios programas especiales para transformar y reconvertir los archivos originales (nativos) de aceleración al formato estándar (García y Cruz, 1996). Es importante resaltar que en las pasadas tres décadas se han utilizado 15 tipos de acelerógrafos diferentes, cada uno produciendo un acelerograma con un formato distinto. Por ello y debido al gran número de acelerogramas del banco de datos, esta parte del proceso de integración de la base de datos ha sido el más difícil de manejar y coordinar.

Asociado al banco de datos estándar de aceleración se desarrolló también un manejador de datos y diversas utilerías de apoyo. El programa manejador de archivos interactúa con el sistema de manejo de la base de datos siendo su función principal la de organizar y administrar esta compleja estructura de archivos. Las utilerías permiten la edición, búsqueda y ordenamiento de los archivos, su inspección, despliegue numérico y gráfico de datos y asiste al

manejador para dirigir los datos a los medios de distribución.

Para la disseminación y distribución de la información, están disponibles tres canales básicos de comunicación hacia el usuario:

a) Catálogos impresos con información sobre la red acelerográfica, su instrumentación, resumen y descripción de los sismos y acelerogramas.

b) Discos compactos con archivos estándar de aceleración.

c) La red Internet con una hoja electrónica en el World Wide Web.

Formato del archivo estándar de aceleración

Este es un archivo de texto con caracteres ASCII estándar. Como tal puede desplegarse fácilmente y modificarse con cualquier editor de texto. Asimismo puede comprimirse eficientemente, preservando espacio en disco y facilitando su transportación a otros equipos de cómputo. Se ha demostrado que en la mayoría de los casos, archivos ASCII comprimidos solo son un poco más grandes que los archivos binarios nativos.

Este formato estándar se escogió básicamente por su universalidad y fácil manejo. Como se verá a continuación, el archivo es auto-explicativo y no requiere por parte del usuario ninguna información adicional para su interpretación y manejo. Debe mencionarse que las principales instituciones de investigación han acordado apoyar esta estandarización de los archivos de aceleración y han convenido producir de ahora en adelante su datos en este nuevo formato. Además varios fabricantes de instrumentos en principio también han accedido en desarrollar utilerías especiales para generar directamente archivos en este formato. De esta manera se prevé que en el futuro inmediato se facilite substancialmente el manejo de esta información y se promueva la generación de programas de procesamiento y análisis aplicables por todos los usuarios.

La estructura general del Archivo Estándar de Aceleración se muestra en la figura 5. Se divide básicamente en dos bloques de datos: un encabezado y un bloque para los datos numéricos de aceleración. A continuación se presenta una breve descripción de cada bloque. En la figura 6 se presenta como ejemplo un encabezado completo de un archivo (con datos ficticios) junto con las primeras líneas de los datos numéricos de aceleración. Mas detalles de la estructura, forma y contenido del archivo estándar se dan en Quaa *et al*, 1995d y 1996.

Título: Datos de identificación de la institución responsable, su nombre, dirección, teléfonos, etc.

Nombre del archivo: Nombre del archivo, versión del formato, fecha y hora de su creación

y referencia al catálogo general de acelerogramas (número del registro y página) (Quaa *et al*, 1995a).

Estación e instrumento: Incluye una breve descripción de la estación, su nombre, código asignado, dirección y localización (coordenadas), altitud, tipo de suelo e institución a cargo de su operación. Con respecto al instrumento se especifican los siguientes datos: modelo, número de serie, número de canales, orientación, tasa de muestreo, escala completa de registro, frecuencia natural, amortiguamiento, intervalo de muestreo, umbral de disparo para cada canal, memoria del pre-evento y tiempo de pos-evento.

Datos sobre el sismo: Este bloque incluye la fecha y tiempo de origen (GMT) del evento,

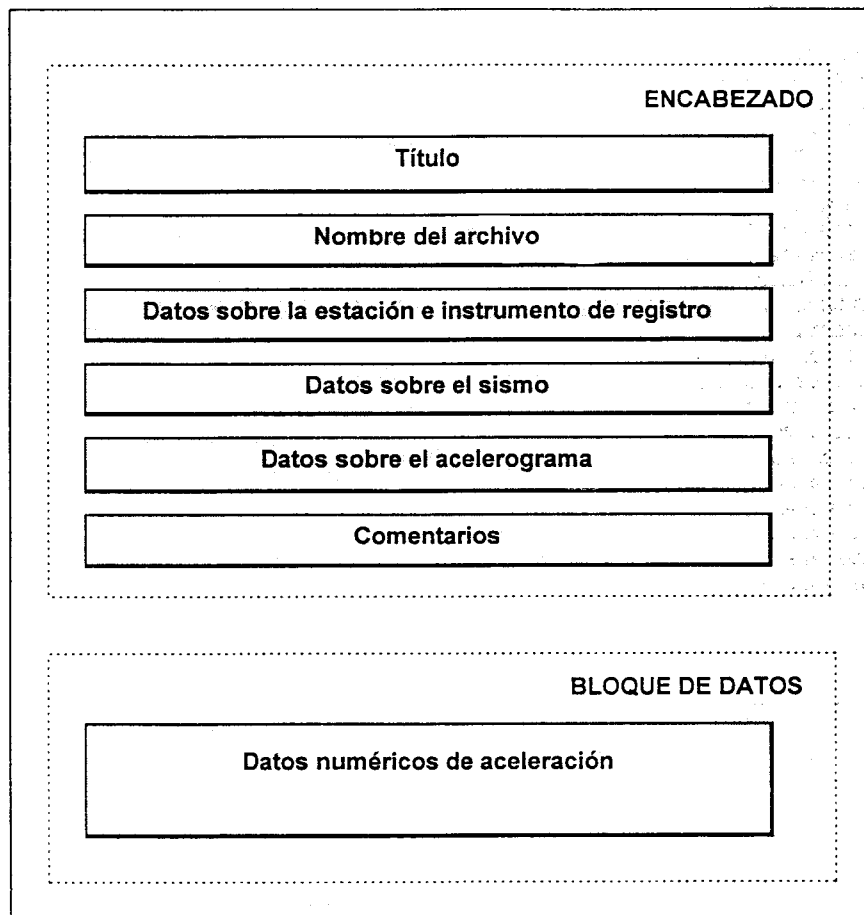


Fig 5. Estructura de archivo estándar de aceleración

Base mexicana de datos de sismos fuertes...

```

55. =====
56. DATOS DEL SISMO:
57. FECHA DEL SISMO (GMT)           : 15 de abril 1994
58. HORA EPICENTRO (GMT)           : 18:36:20
59. MAGNITUD(ES)                   : /Mb=5.3/Ms=5.2/Mc=6.5
60. COORDENADAS DEL EPICENTRO      : 15.912 LAT. N
61.                                : 99.230 LONG. W
62. PROFUNDIDAD FOCAL (km)         : 15
63. FUENTE DE LOS DATOS EPICENTRALES : Instituto de Geofisica, UNAM
64.                                : Servicio Sismologico Nacional
65.
66. =====
67. DATOS DE ESTE REGISTRO:
68. HORA DE LA PRIMERA MUESTRA (GMT) : 18:38:20.34
69. EXACTITUD DEL TIEMPO (s)         : 0.001
70. DURACION DEL REGISTRO (s), C1-C6 : /65.54/65.54/65.54
71. DURACION DEL REGISTRO (s), C7-C12 :
72. NUM. TOTAL DE MUESTRAS, C1-C6    : /6554/6554/6554
73. NUM. TOTAL DE MUESTRAS, C7-C12  :
74. ACEL. MAX.(Gal), C1-C6          : /-104.45/39.56/-159.32
75. ACEL. MAX., C1-C6, EN LA MUESTRA : /2458/2344/1754
76. ACEL. MAX.(Gal), C7-C12         :
77. ACEL. MAX., C7-C12, EN LA MUESTRA :
78. UNIDADES DE LOS DATOS           : Gal (cm/s/s)
79. FACTOR DE DECIMACION            : 2
80. FORMATO DATOS (FORTRAN,10 campos/dato) : 3F10.2
81.
82.
83. =====
84. CALIDAD DEL ACELEROGRAMA:
85. Registro digital sin la parte final. Tiempo absoluto correcto.
86.
87.
88. =====
89. COMENTARIOS:
90. El sismo que genero este acelerograma produjo moderados daños en la zona.
91. La intensidad reportada en el lugar fue de IV. No hubo reportes de victimas
92. Los datos estan filtrados con un filtro paso altas de 25 Hz
93.
94.
95.
96.
97.
98.
99.
100.
101.
102.
103.
104. =====
105. DATOS DE ACELERACION:
106. -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
107. CANAL-1   CANAL-2   CANAL-3   CANAL-4   CANAL-5   CANAL-6   CANAL-7   CANAL-8
108. N35W;+L   +V;V     S05E;-T
109. -----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
110.      -15.91      18.38      -13.50
111.      -14.97      68.29      -45.41
112.      -26.35     128.45     -84.92

```

Fig 6. Continuación

magnitud, localización del epicentro, profundidad focal y la fuente que proporcionó esta información.

Datos sobre el acelerograma: Se especifican el tiempo (GMT) de la primer muestra y su exactitud, duración del registro, número total de muestras, valor máximo de aceleración (en gal) para cada canal junto con la muestra en que ocurrió, el factor de decimación utilizado y por último la especificación del formato tipo FORTRAN utilizado para los valores numéricos.

Comentarios: Esta parte del encabezado puede utilizarse para comentarios sobre los datos del acelerograma como por ejemplo la calidad del registro, método de procesamiento, filtrado o alguna información adicional pertinente al registro o al sismo.

Datos de la aceleración: Esta es la parte principal del archivo. Contiene los valores numéricos de aceleración de hasta 12 canales. Cada línea corresponde a una muestra. Las series de datos están organizadas por columnas, cada una con un campo fijo de 10 caracteres y con un formato como el especificado en el encabezado (por ejemplo 3F10.2 especifica tres números reales de 10 caracteres, 7 cifras mas signo para la parte entera y 2 decimales).

RESULTADOS Y ESTADO DE AVANCE DEL SISTEMA

En 1992 se creó el Comité Directivo para la Creación de la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes. Debido a la complejidad del sistema y a la cantidad de información recopilada en 35 años, el sistema ha ido creciendo progresivamente y todavía está bajo desarrollo. Varias metas importantes ya se han alcanzado. A continuación se presenta una actualización del estado presente del sistema.

En 1993 fue publicado un extenso catálogo con una descripción detallada de las redes, estaciones e instrumentos operados en México desde 1960 a 1992 (Quaas *et al*, 1993b). Incluye también las diferentes instituciones participantes y una referencia completa de todas las publicaciones relacionadas con redes de observación

e instrumentación de movimientos fuertes. Este catálogo, junto con el manejador de la base de datos, completó la primera parte del sistema.

Durante 1994 se enfocó el trabajo a la localización y captura de todos los registros acelerográficos disponibles así como información sobre la sismicidad asociada para establecer el segundo y tercer banco de datos descrito con anterioridad. Esta información, también en forma de un catálogo, se publicó en 1995 (Quaas *et al*, 1995a). Contiene información detallada y una descripción de 5252 acelerogramas de tres componentes y 925 sismos registrados en México de 1960 a 1993. Incluye estadísticas generales sobre los datos, referencias cruzadas para localizar cualquier acelerograma o evento, y una extensa lista de aproximadamente 120 publicaciones relacionadas con estos registros.

Una publicación especial con información actualizada de estos dos catálogos está en imprenta y cubrirá datos de 1993 a 1995.

Como se señaló, la parte principal del sistema la constituye el banco de datos de acelerogramas en formato estándar. Hasta la fecha de esta publicación se han reconvertido a este nuevo formato aproximadamente 4000 acelerogramas. Estos datos cubren los archivos de los años 1992, 1993, 1994 y parte de 1995. De aquí el proceso de reconversión de archivos continuará en forma retrógrada con el año de 1991, 1990 y así sucesivamente hasta 1961, año del acelerograma más antiguo. Se escogió este esquema considerando que desde el punto de vista del usuario, había más interés en eventos recientes que de datos históricos.

Con respecto a los diferentes medios de distribución de la información, se está preparando un primer disco compacto (CD-ROM) con todos los acelerogramas estándar de 1992 a 1995. Contará con un programa de búsqueda para poder seleccionar con facilidad los datos de interés, ya sea por sismo, lugar, fecha, magnitud o nivel de aceleración. Se estima que el disco estará disponible en septiembre de 1996.

En forma similar se está desarrollando una página en el *World Wide Web* de Internet sobre la base de datos a través de la cual el usuario

interesado podrá consultar los distintos bancos de datos y solicitar el envío de los acelerogramas que sean de su interés. De manera similar al CD-ROM, se prevé desarrollar también un programa de consulta que permitirá localizar y seleccionar la información de acuerdo con ciertas llaves de búsqueda. Para recibir los registros seleccionados, el interesado llenará una breve solicitud con sus datos particulares que servirán para establecer un banco de información de usuarios de datos acelerográficos. Aceptada la solicitud se le enviará la información también vía Internet o de común acuerdo por algún otro medio.

En resumen, con esta base de datos de movimientos fuertes, científicos, ingenieros y profesionales en México y otros países tendrán por primera vez acceso a esta valiosa información que sobre un extenso espectro de acelerogramas, datos de sismos e instrumentación se ha recopilado en los últimos 35 años en México. La apertura de esta nueva ventana de información seguramente estimulará aún más la investigación en campos de la sismología de movimientos fuertes e ingeniería sísmica la que contribuirá a comprender mejor la naturaleza de los sismos en México y a mitigar sus efectos.

RECONOCIMIENTO

La Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes es un trabajo conjunto de las siguientes instituciones: el Instituto de Ingeniería, UNAM; la Comisión Federal de Electricidad; la Fundación ICA; el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico; el Centro Nacional de Prevención de Desastres y la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica. Otras instituciones que han colaborado proporcionando información para esta base de datos son: el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Azcapotzalco y la Universidad Autónoma de Puebla. Numerosas personas han participado con entusiasmo en este proyecto y sus contribuciones y apoyos han sido fundamentales para la integración de este sistema. Entre ellas destacan (en orden alfabético): Humberto Aguilar, David Almora, Elisa Andrade, Gerardo Castro, Diana M. Cruz, Rosario Delgado, Claudia García, Mario

González, Guillermo González-Pomposo, Gerardo Ibarrola, Marco Macías, José M. Mendoza, Pablo Pérez, César A. Reyes, Jorge A. Roldán, Héctor Sandoval, Emilio Sordo, Carlos Valdés y Antonio Vidal. Finalmente nuestro particular agradecimiento a Roberto Meli y Oscar Valle por su gran apoyo para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- Anderson, J.G., P. Bodin, J. N. Brune, J. Prince, S. K. Singh, R. Quaas y M. Oñate,** (1986). Strong ground motion from the Michoacan, Mexico, Earthquake, *Science*, 233, 1043-1049.
- Anderson, J.G., J. Brune, J. Prince, R. Quaas, S. K. Singh, D. Almora, P. Bodin, M. Oñate, R. Vázquez y J.M. Velasco,** (1994). The Guerrero Accelerograph Network, *Geofísica Internacional*, Vol. 33, No. 3, 341-371.
- Anderson, J.G., R. Quaas, S.K. Singh, J.M. Espinosa, A. Jiménez, J. Lermo, J. Cuena, F. Sánchez-Sesma, R. Meli, M. Ordaz, S. Alcocer, B. López, L. Alcántara, E. Mena y C. Javier,** (1995). The Copala, Guerrero, Mexico, Earthquake of September 14, 1995 (Mw=7.4): A Preliminary Report. *Seismological Research Letters* Vol. 66, No. 6, 11-39.
- García, C.E. y D.M. Cruz,** (1996). Sistema de procesamiento de archivos ASCII estándar de aceleración. Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Medina, S. y R. Quaas,** (1993). Arquitectura de la Base Nacional de Sismos Fuertes. Memorias X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puerto Vallarta, Jal., México, 125-132.
- Quaas, R., J.A. Otero, S. Medina y J.M. Espinosa,** (1993a). Base Nacional de Sismos Fuertes: Catálogo de Estaciones Acelerográficas. Memorias X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puerto Vallarta, Jal., México, 244-250.

- Quaas, R., J.A. Otero, S. Medina, J.M. Espinosa, H. Aguilar y M. González, (1993b).** Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes. Catálogo de Estaciones Acelerográficas 1960-1992, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
- Quaas, R., S. Medina, L. Alcántara, C. Javier, J.M. Espinosa, E. Mena, O. Contreras, J.A. Otero y L. Munguía, (1995a).** Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes. Catálogo de Acelerogramas 1960-1993. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
- Quaas, R., (1995b).** 35 Años de Instrumentación y Registro Sísmico de Temblores Fuertes en México. In:., *La Sismología en México: 10 años después del temblor de Michoacán del 19 de septiembre de 1985*, F. Medina, L.A. Delgado, G. Suarez, Monografía N° 2, pp 191-197, Unión Geofísica Mexicana.
- Quaas, R., (1995c).** La instrumentación y el Registro de Temblores Fuertes. *Ingeniería Civil*, N° 318, 16-26.
- Quaas, R., L. Alcántara, C. Pérez, B. López, S. Medina, J.A. Flores, C. Javier, R. Vázquez, E. Mena, J.M. Espinosa y J.A. Otero, (1995d).** El Archivo Estándar de Aceleración Versión 2.0. Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
- Quaas, R., L. Alcántara, C. Pérez, B. López, S. Medina, J.A. Flores, C. Javier, R. Vázquez, E. Mena, J.M. Espinosa y J.A. Otero, (1996).** The Mexican Standard Acceleration File Version 2.0. Mexican Strong Motion Database, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.