

## **EL CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, A.C.**

**Ing. Juan Manuel Espinosa Aranda**

*Director General del CIRES*

### **INTRODUCCION**

El Centro de Instrumentación y Registro Sísmico, A.C., creado bajo el auspicio de la Fundación Javier Barros Sierra, A.C., tiene entre sus objetivos principales la investigación y desarrollo tecnológico de sistemas de instrumentación sísmica de alta calidad. Desde 1986, las autoridades del Departamento del Distrito Federal encargaron el diseño y desarrollo de la Red Básica de Acelerógrafos Digitales del D.F. Actualmente los resultados que se obtienen con este sistema, coadyuvan con estudios para la adecuación de los factores de diseño sísmico de los reglamentos de construcción de obras civiles en México. Asimismo, el CIRES es pionero en la medición de efectos sísmicos en estructuras y el subsuelo del D.F.

En el campo de desarrollo e innovación tecnológica, el CIRES colaboró con autoridades del DDF en el diseño e implantación del Sistema de Alerta Sísmica para generar señales de prevención en la ciudad de México ante la ocurrencia de sismos fuertes en la costa de Guerrero. Adicionalmente, el CIRES investiga y desarrolla sistemas de medición y registro, de bajo costo, que permiten registrar y analizar el comportamiento dinámico de edificios y estructuras sujetas a la acción de sismos. Esto ha permitido crear tecnología propia en electrónica, computación e instrumentación.

Con el objetivo de promover la formación de recursos humanos especializados, el CIRES organiza seminarios, cursos, conferencias y eventos que le permiten la divulgación de conocimientos sobre la medición de fenómenos sísmicos. Asimismo, realiza proyectos de instrumentación sísmica con la participación de estudiantes de ingeniería que desempeñan su servicio social y desarrollan trabajos, como tesis profesionales.

### RED BASICA DE ACELEROGRAFOS DIGITALES DEL DISTRITO FEDERAL

Después de los sismos de 1985, un grupo de expertos en ingeniería civil evaluó los daños ocurridos en la ciudad de México y propuso la instalación de aparatos de registro sísmico para mejorar el conocimiento de la respuesta sísmica de los suelos característicos del área urbana del D.F. Los aparatos a cargo del CIRES forman la "Red Básica de Acelerógrafos Digitales del D.F." En la fig. 1, con números pares, se indican las estaciones de la Red en la ciudad de México, así como las zonas de Lago, Transición, Suelo Duro y Máximo Riesgo. El proyecto de Diseño y Construcción de la Red Básica de Acelerógrafos Digitales del D.F., fue patrocinado a través del CONACYT, con recursos del llamado "Fondo para la Reconstrucción de la ciudad de México", durante 20 meses. El proyecto se terminó en febrero de 1988.

Actualmente la Red ha captado aceleraciones causadas por 19 sismos ocurridos desde marzo de 1987. En la tabla se indican las coordenadas de los sismos, sus magnitudes correspondientes y el número de estaciones con registros simultáneos en cada evento, así como los segundos de registro acumulados en cada caso, que alcanzan hasta ahora poco más de 4:30 Hs. El tiempo de referencia de cada registro se obtiene mediante la señal del Sistema de Radio Omega; sin embargo, la calidad de recepción de esa señal no alcanza el 100% en todos los casos, lo cual hace cuestionable su exactitud. Esta limitación promovió el desarrollo de un Sistema de Sincronía y Telecontrol, que permite,

además del disparo radio-controlado de las estaciones acelerométricas de la Red, las marcas de tiempo de sincronía en los acelerogramas captados en el área urbana de la Ciudad. La fig. 2, muestra un registro con la señal de sincronía.

Con el objetivo de apoyar estudios de diseño sísmico para el mejoramiento del Reglamento de Construcción del D.F, se han distribuido informes de la serie RA-DF sobre los eventos captados, a más de 17 instituciones nacionales, entre las que destacan el CENAPRED, los Institutos de Ingeniería y Geofísica de la UNAM, el Instituto Mexicano del Petróleo, la Fundación ICA y el Centro de Investigaciones Sísmicas de la Fundación Javier Barros Sierra. Asimismo, algunas instituciones internacionales como el Istituto di Geodesia e Geofisica de Italia, el Institut für Massivbau und Baustofftechnologie de la República Federal de Alemania, y el ESPOL de Guayaquil, Ecuador.

### SISTEMA DE ALERTA SISMICA

En el campo de desarrollo e innovación de tecnología, además del Sistema de Sincronía y Telecontrol mencionado, en el CIRES se diseñó y construyó el Sistema de Alerta Sísmica (SAS) en tiempo real, para la ciudad de México. El SAS tiene como objetivo mitigar los efectos destructivos de los sismos en la población y los bienes patrimoniales de la ciudad de México, ante eventos que ocurran en las costas del estado de Guerrero a 320 Km de distancia, fig. 3.

El SAS permite conocer la ocurrencia de eventos sísmicos importantes mediante un conjunto de estaciones sismo-detectoras que cubren la región de epicentros más frecuentes en la costa de Guerrero. Al detectar un sismo, la estación de campo envía por radio hasta la ciudad de México señales de alertamiento sísmico en tiempo real; con base en que las ondas sísmicas viajan más lento que las ondas

radioeléctricas, se puede anticipar su llegada hasta en aproximadamente 60 s.

Para este sistema fue necesario diseñar un algoritmo que permite reconocer en las estaciones de campo, las aceleraciones causadas por sismos fuertes cercanos, fig. 4. Asimismo, se desarrolló la infraestructura electrónica para digitalizar y registrar su proceso. Una vez detectado el sismo, la estación transmite la información de alerta codificada en formatos binarios. Se diseñó y construyó el subsistema de telecomunicación entre Guerrero y el D.F, fig. 5, que permite enlazar en "tiempo real" las 12 estaciones de campo del SAS con la Estación Central de Registro en el D.F.

La información recibida en el subsistema Detector de Señales de Alerta, controla las transmisiones de señales de radio alerta jerarquizadas. Cuando la magnitud del sismo detectado es menor del 6º Richter, la señal de radio alerta se usa para poner en marcha los acelerógrafos de la Red en el D.F. Asimismo, con el propósito de tomar medidas que permitan mitigar los posibles efectos causados por un sismo de mayor magnitud, el Sistema controla la transmisión de señales de alertamiento que pueden alcanzar a la población y servicios vitales en la ciudad de México.

Los sismos son fenómenos menos frecuentes cuanto mayor es su magnitud y, por ahora, su pronóstico de ocurrencia es poco preciso. Ante esta virtud, la disponibilidad del SAS se asegura mediante el desarrollo de funciones periódicas de autoevaluación que permiten la verificación frecuente de las condiciones de operación de los subsistemas y equipos de telecomunicaciones, así como las de cada estación sismo detectora de campo.

**CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC**

| Evento          | año | Fecha<br>mes | Fecha<br>dia | Hora<br>GMT | Hora Omega<br>correcta (%) | Latitud | Longitud | Magnitud | Estaciones con<br>registro | Duración<br>acumulada<br>(seg) |
|-----------------|-----|--------------|--------------|-------------|----------------------------|---------|----------|----------|----------------------------|--------------------------------|
| 01              | 87  | Mar          | 12           | 18:47       | 66                         | ---     | ---      | 4.0      | 3                          | 45                             |
| 02              | 87  | Jun          | 07           | 13:31       | 65                         | ---     | ---      | > 4.5    | 13                         | 479                            |
| 03              | 87  | Jun          | 26           | 22:00       | 66                         | ---     | ---      | > 4.5    | 3                          | 51                             |
| 04              | 87  | Jul          | 05           | 18:20       | 50                         | 16:22   | 98.82    | 4.7      | 4                          | 72                             |
| 05              | 87  | Jul          | 15           | 07:16       | 60                         | 17:33   | 97.42    | 5.3      | 17                         | 1020                           |
| 06              | 88  | Feb          | 08           | 13:51       | 52                         | 17:66   | 102.17   | 5.5      | 33                         | 1801                           |
| 07              | 88  | Sep          | 26           | 20:11       | 100                        | 16:75   | 102.01   | 5.3      | 1                          | 26                             |
| 08              | 88  | Nov          | 28           | 17:33       | 100                        | ---     | ---      | 3.5      | 1                          | 22                             |
| 09              | 89  | Mar          | 10           | 05:19       | 69                         | 17:51   | 100.75   | 5.0      | 13                         | 328                            |
| 10              | 89  | Abr          | 25           | 14:26       | 75                         | 16:53   | 99.55    | 6.9      | 31                         | 5177                           |
| 11              | 89  | May          | 02           | 03:31       | 70                         | 16:30   | 99.35    | 5.0      | 26                         | 1188                           |
| 12              | 89  | Ago          | 12           | 15:31       | 65                         | 18:16   | 100.99   | 5.5      | 17                         | 370                            |
| 13              | 89  | Oct          | 08           | 22:32       | 50                         | 17:14   | 100.11   | 5.3      | 2                          | 41                             |
| 14              | 89  | Nov          | 09           | 08:36       | 75                         | 16:72   | 99.72    | 5.0      | 4                          | 59                             |
| 15              | 90  | Ene          | 13           | 02:08       | 66                         | 16:38   | 99.67    | 5.5      | 3                          | 125                            |
| 16              | 90  | May          | 11           | 23:43       | 62                         | 16:70   | 101.70   | 5.3      | 34                         | 1362                           |
| 17              | 90  | May          | 31           | 07:35       | 83                         | 17:22   | 100.71   | 5.5      | 41                         | 2968                           |
| 18              | 91  | Ene          | 14           | 21:11       | 80                         | 17:80   | 101.80   | 5.0      | 16                         | 388                            |
| 19              | 91  | Abr          | 01           | 07:34       | 84                         | 15:97   | 98.40    | 5.5      | 25                         | 904                            |
| <b>Totales:</b> |     |              |              |             |                            |         |          |          | <b>291</b>                 | <b>16,482</b>                  |

**RELACION DE SISMOS REGISTRADOS**

# CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, AC

## ESTACIONES DE LA RED BASICA DE ACELEROGRAFOS

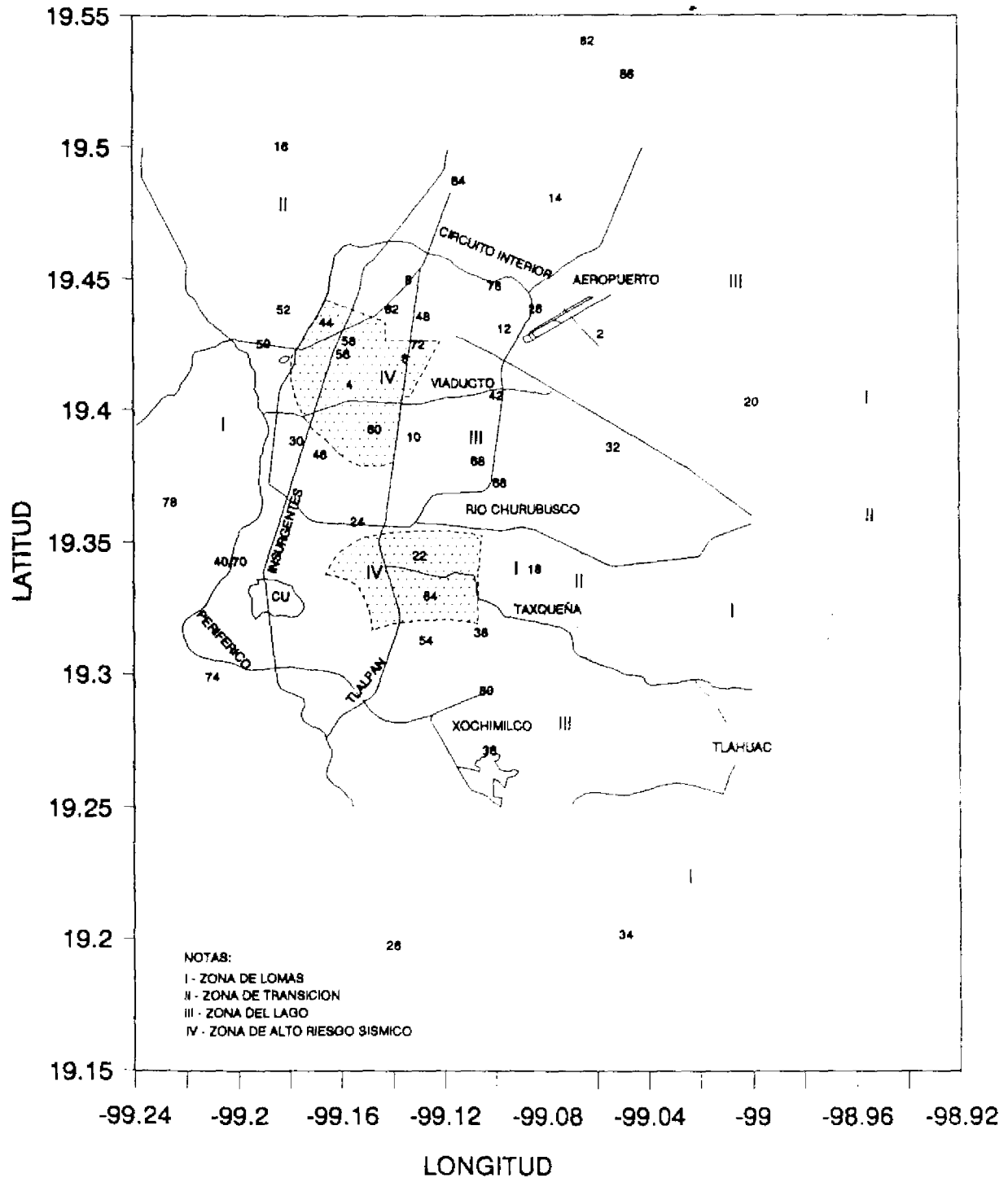
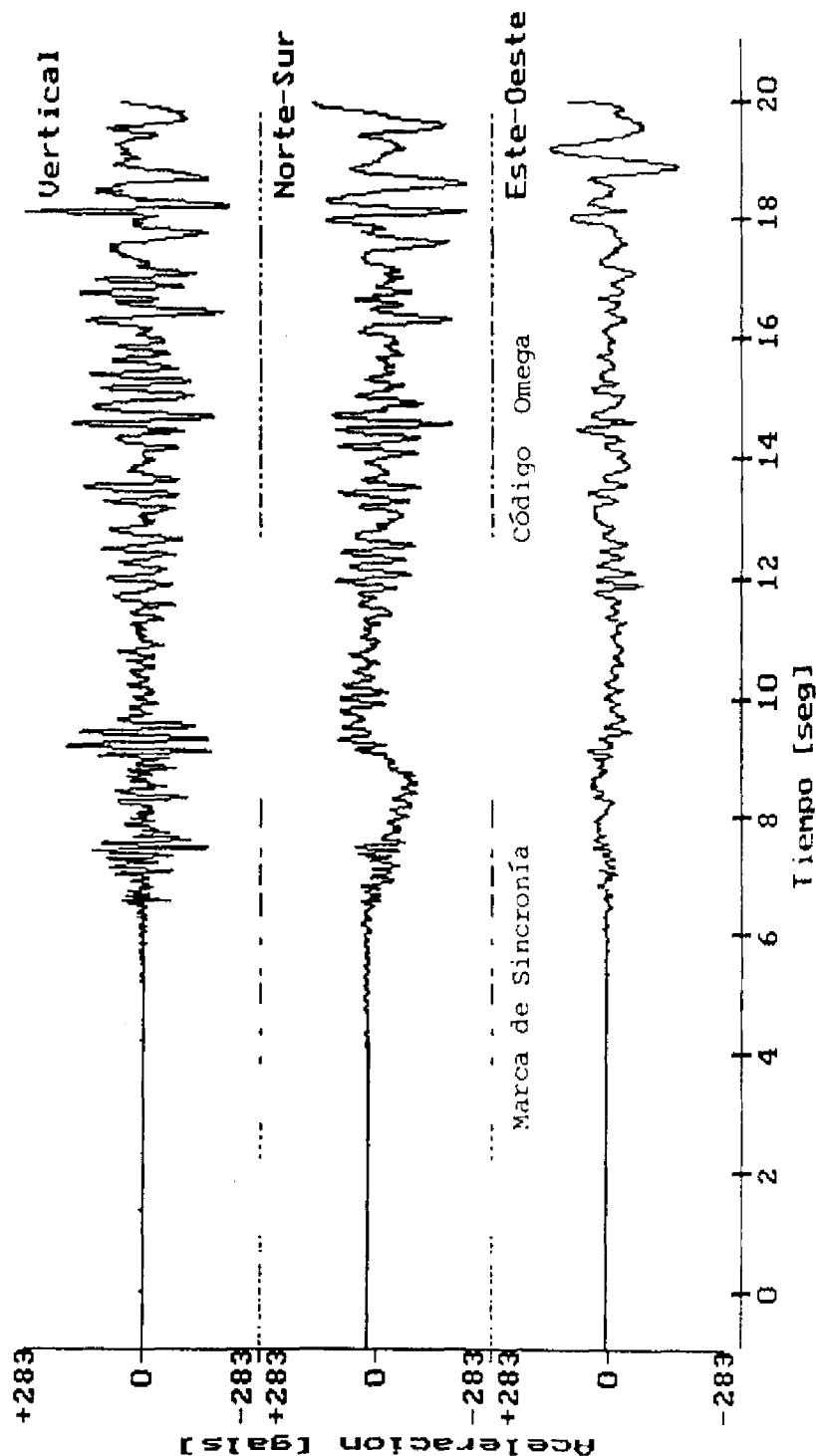


fig 1

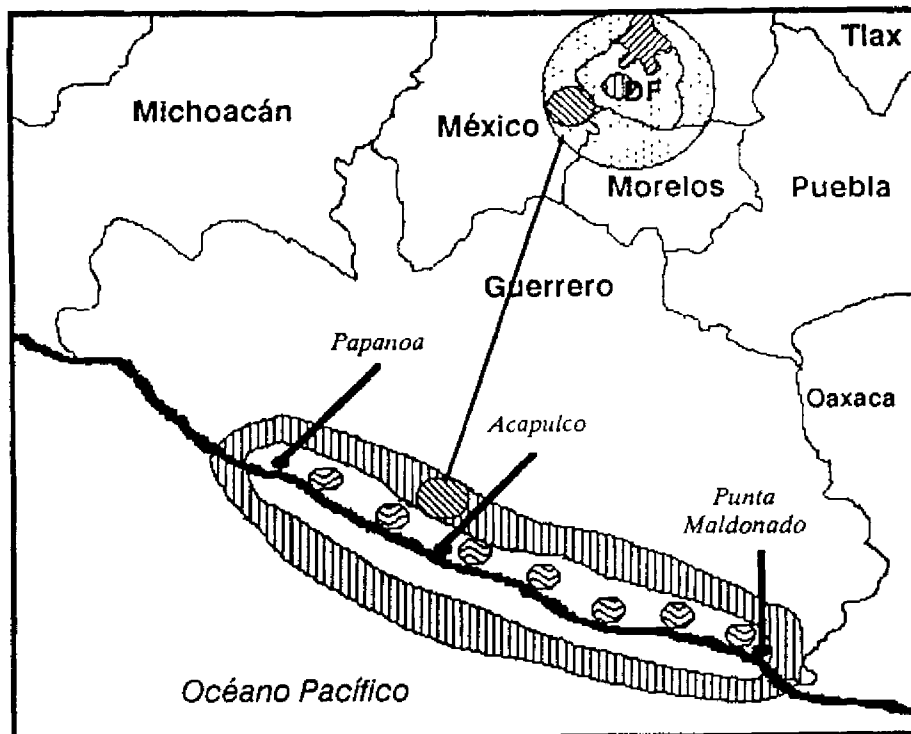
CENTRO DE INSTRUMENTACION Y REGISTRO SISMICO, A.C.



|                 |               |                         |                         |
|-----------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Archivo:        | A:FB200021    | Max (m/s <sup>2</sup> ) | Min (m/s <sup>2</sup> ) |
| Hora de inicio: | 10:00:01 GMT  | Vertical:               | -2.07473                |
| Fecha:          | 11-oct-91     | Norte - Sur:            | -2.22246                |
| Estacion:       | 01            | Este - Oeste:           | -1.66649                |
| Nombre:         | CIRES, AC     | Maximo Absoluto:        | 282.86 gals (U)         |
| Ubicacion:      | Monrrovia 907 | Maximo Horizontal:      | 43.29 (modulo)          |

fig 2

|                                                                                                                                         |                                                                         |                           |                             |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <br>CENTRO DE INSTRUMENTACIÓN<br>Y REGISTRO SÍSMICO, AC | <b>PROYECTO:</b> SISTEMA DE ALERTA<br>SÍSMICA                           | <b>FIG No.</b><br>5       | <b>PROY No.</b><br>CA/47/90 | <b>REV No.</b><br>1 |
|                                                                                                                                         | <b>TÍTULO:</b> El Sistema de Alerta Sísmica<br>para la ciudad de México | <b>FECHA</b><br>20-1-1992 | <b>DIBUJO</b>               | <b>REV</b>          |



-  Brecha de Guerrero (BG)
-  Sistema Sismo Detector: SISIDE
-  Estaciones de Campo: ESDECA'S
-  Estación Concentradora Repetidora: ESCORE
-  Sistema de Comunicaciones Guerrero - DF: SICOGUEDF
-  Estación Central de Registro: ESCERE
-  Sistema de Monitoreo, Generación y Difusión de Alerta Sísmica: SIMOGEDI
-  Zona Urbana (DF)

| PLANOS DE REFERENCIA | No. | REVISIONES | FECHA         | REVISO                                                                                | APROBO | HOJA |
|----------------------|-----|------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|
|                      | 1   | Primera    | 20 abril 1992 |  |        | 1/1  |
|                      |     |            |               |                                                                                       |        |      |
|                      |     |            |               |                                                                                       |        |      |

fig 3

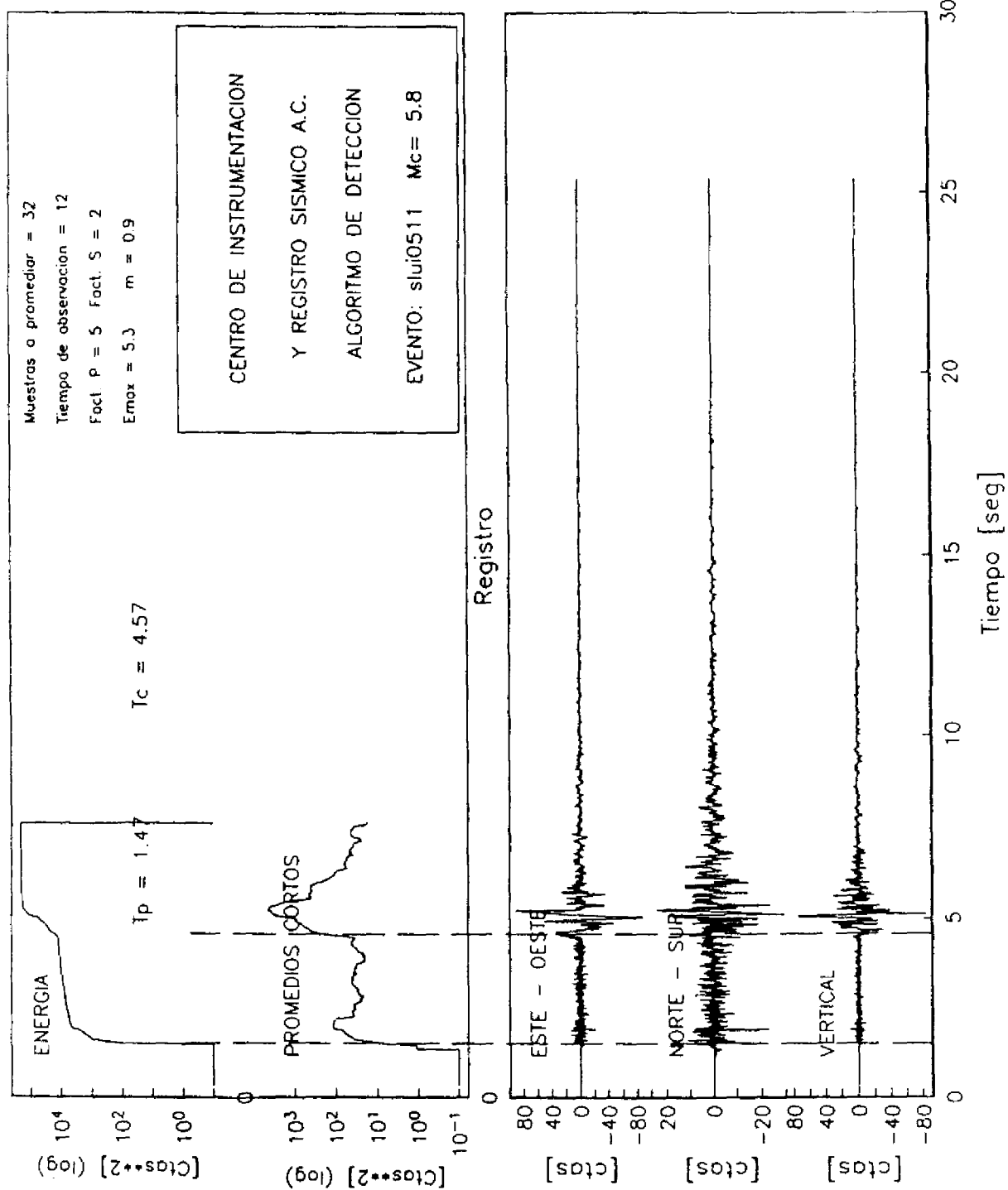


fig 4

SISTEMA DE ALERTA SISMICA  
SISTEMA DE COMUNICACIONES BRECHA DE GUERRERO- DISTRITO FEDERAL

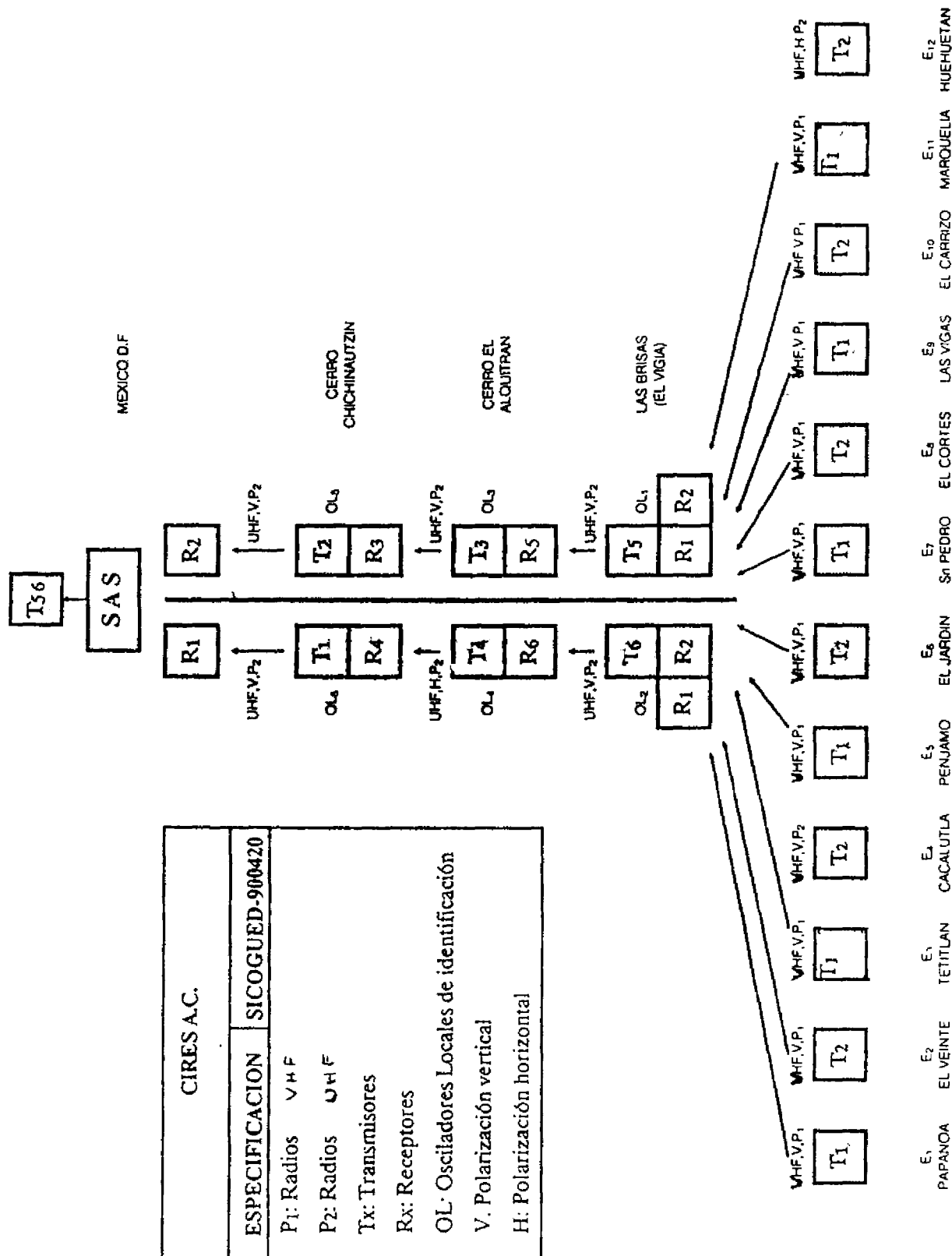


fig 5

# **RECENT PROGRESS IN STRONG MOTION SEISMOLOGY: THE CONTRIBUTION OF ACCELEROGRAPH NETWORKS<sup>1</sup>**

John G. Anderson<sup>2</sup>

## **Abstract**

The Guerrero accelerograph array and prior collaborative research between United States and Mexican scientists is presented to illustrate the essential elements for the hardware, maintenance, and data processing involved in the operation of a strong motion network. Standard data processing includes identification and location of the earthquake, integration and computation of spectra of the accelerogram. Advanced processing involves modeling the accelerogram. A paper which is submitted to the 1991 Conference of the Mexican Society of Seismic Engineers is appended to this abstract to summarize the current status of the Guerrero array.

Research progress in earthquake source physics can be said to understand the low frequencies (i.e. below the corner frequency) reasonably well. Complexity on the fault probably dominates the structure of the spectrum at intermediate frequencies, and was a major focus of research in the past quadrennium. Models often are sensitive to the number of accelerograms recording the earthquake, and every near field record is valuable. At high frequencies, there is still no general resolution of the dominant process for the seismic spectrum. A strong case can be made that the fall off is at least in part caused by attenuation along the path, but the spectrum of waves leaving the source is still in doubt. Wave propagation effects have been modeled with some success up to about 1-2 Hz. An important factor at regional distances is strong reflections of body waves (especially S waves) from the Moho. Conversion of body waves to surface waves at the boundaries of basins is another characteristic that is common to observations and theoretical models. At higher frequencies, the structure of the Earth becomes so complex, and unknowable, that empirical Green's functions using small earthquakes are extremely valuable. Seismologists and earthquake engineers are beginning to converge on the issue of the role of non-linear soil response in strong motion site effects. A relatively thorough review of research, primarily in the United States, prepared as a contribution to the US National Report to the IUGG in Vienna, 1991, is appended to provide more details about recent research.

A generalization that can be made from the review of recent research is that essentially all strong motion data is valuable. Current research problems will in nearly all cases have to be solved by collection of more data. Nearly all of the recent research progress has primarily been driven by the goal of understanding data that has been collected from recent strong earthquakes. Strong motion instruments in recent earthquakes were so sparsely distributed that every instrument provides unique, non-redundant data. The complexity of Earth makes expansion of the networks of strong motion instruments a valuable objective.

---

**1** Presentation for the **Simposio Sobre Instrumentacion de Temblores Fuertes**, Centro Nacional de Prevencion de Desastres, Mexico City, September 24-25, 1991.

**2** Associate Professor of Geophysics  
Seismological Laboratory and Department of Geological Sciences  
Mackay School of Mines  
University of Nevada  
Reno, Nevada 89557

Phone: (702) 784-4265  
FAX: (701) 784-1766  
email: jga@equinox.unr.edu