UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE DESASTRES Y RIESGOS - CEDERI

Bogotá D.C., agosto 14 de 2002

Srs.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS
DPAE
Atn: Ing. Richard Vargas
Director
Ciudad

Ref: Informe Final Proyecto - Procesamiento e Interpretación de la Información Sísmica de Bogotá D.C.

Estimados Señores:

Adjunto a la presente estamos entregando las correcciones realizadas al Informe Final del proyecto ***"Procesamiento e Interpretación de la Información Sísmica de Bogotá D.C."***. En este informe se resume toda la información disponible recolectada, se define la metodología de análisis utilizada para el procesamiento de los registros de la Red de Acelerógrafos de Bogotá (RAB) y se presentan los resultados definitivos del catálogo de acelerogramas de la ciudad. Adicionalmente se presenta la documentación correspondiente a la incorporación de los diferentes resultados del proyecto al sistema SIRE en Internet.

Agradecemos la confianza depositada en la Universidad para la realización de este trabajo y quedamos a su disposición para cualquier aclaración o

Cordialmente,

Ing. Luis E Yamín L.
Director CEDERI

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Dirección de Prevención
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Informe Final

PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ D.C.

CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE DESASTRES Y RIESGOS
CEDERI

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

BOGOTA D.C. COLOMBIA
AGOSTO 14 DE 2002

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES 4
2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS 5
3. INFORMACIÓN BASICA DISPONIBLE 6
4. INTERPRETACIÓN DE EVENTOS INDIVIDUALES 11
5. CATÁLOGO SÍSMICO DE EVENTOS INDIVIDUALES 21
6. INTERPRETACIÓN DE EVENTOS COMPLETOS 23
7. EFECTOS DE SITIO 25
8. BASE DE DATOS Y SISTEMA DE CONSULTA EN INTERNET (SIRE) 29
APÉNDICE 1. MÉTODO ALTERNATIVO DE INTEGRACIÓN 41
APÉNDICE 2. CATÁLOGO DE REGISTROS INTERPRETADOS – RAB 42
APÉNDICE 3. PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN DEL CATÁLOGO 43

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., a través de la Secretaría de Gobierno y por medio de la revención y Atención de Emergencias, como coordinadora del Sistema de Prevención y Atención de Emergencias adelanta un plan de gestión del riesgo.

Dentro de ese plan, se implementó la Red de Acelerógrafos de Bogotá D.C. (RAB), para mejorar el conocimiento de la amenaza sísmica a la que está expuesta la ciudad. Adicionalmente, con otras entidades se han promovido estudios de vulnerabilidad de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad, y también se ha llevado a cabo el reforzamiento de algunas de estas para reducir el riesgo sísmico.

La red fue instalada a partir de un convenio interadministrativo suscrito en junio de 1997, entre el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE y el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería INGEOMINAS.

Se adquirieron e instalaron un total de 30 acelerógrafos digitales distribuidos en toda el área urbana de la ciudad, para conformar así la Red de Acelerógrafos de Bogotá D.C. (RAB). de 1998 y junio de 2000.

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias DPAE, solicitó al CEDERI de la Universidad de Los Andes la realización de un proyecto para desarrollar una metodología que permita mantener actualizada la información sísmica interpretación de la información existente hasta el momento proveniente de la Red de Acelerógrafos de Bogotá D.C. (RAB).

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Desarrollar una metodología para el procesamiento e interpretación de la información que se genere en la RAB con el fin de que la DPAE la mantenga permanentemente actualizada.
- Organizar y presentar un resumen de la información disponible hasta el momento, con base en la información arrojada por la RAB.
- Editar la primera versión del catálogo de acelerogramas de Bogotá con toda la información disponible hasta el momento.
- Calcular y graficar mapas de eventos completos y funciones de transferencia empíricas para aquellos eventos cuya información lo permita.
- Desarrollar un esquema de visualización de resultados de la interpretación de la información sísmica de la RAB, que haga parte del sistema de información pública SIRE en Internet, para que se cumpla con el objetivo de difundir la información y ponerla al servicio de la comunidad.

2. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El alcance propuesto para adelantar la interpretación de los registros disponibles incluye los

(a) Generación de un catálogo de eventos que se publicará anualmente, pero cuyo primer número incluirá todos los eventos registrados por los aparatos de la red desde el primer evento registrado por la red en enero de 1999 hasta mayo de 2002.

(b) Para cada evento se genera la siguiente información específica:
- Información sismológica disponible según los datos suministrados por Ingeominas.
- Señales registradas en cada una de las estaciones de la red y para cada una de las componentes. Se presentan los registros de aceleración contra el tiempo.
- Registros de velocidad contra el tiempo y de desplazamiento contra el tiempo calculados a partir del acelerograma corregido.
- Espectros de amplitudes de Fourier de aceleración, para cada una de las componentes.
- Espectros de respuesta de aceleración, velocidad y desplazamiento para cada una de las componentes para coeficientes de amortiguamiento con respecto al crítico de 2% 5% y 10%.

(c) Adicionalmente para cada evento se incluye la siguiente información general, siempre y cuando el número de estaciones que hayan registrado el evento sea suficiente:

- Mapa de períodos dominantes durante el evento. Se incluirá toda el área urbana de Bogotá y se indicará la ubicación de todos los instrumentos.

- Mapas de aceleración máxima y mapas indicativos de las velocidades y desplazamientos máximos durante el evento, deducidas a partir de las señales de aceleración.

- Funciones de transferencia empíricas en cada una de las ubicaciones de acelerógrafos que se calcularán tomando los espectros de Fourier de las señales en superficie con respecto al espectro correspondiente en roca. (CBART, CPSUB, CSMOR, CTVCA ó la del sitio de roca correspondiente en las estaciones CUAGR y CGRAL)

3. INFORMACIÓN BASICA DISPONIBLE

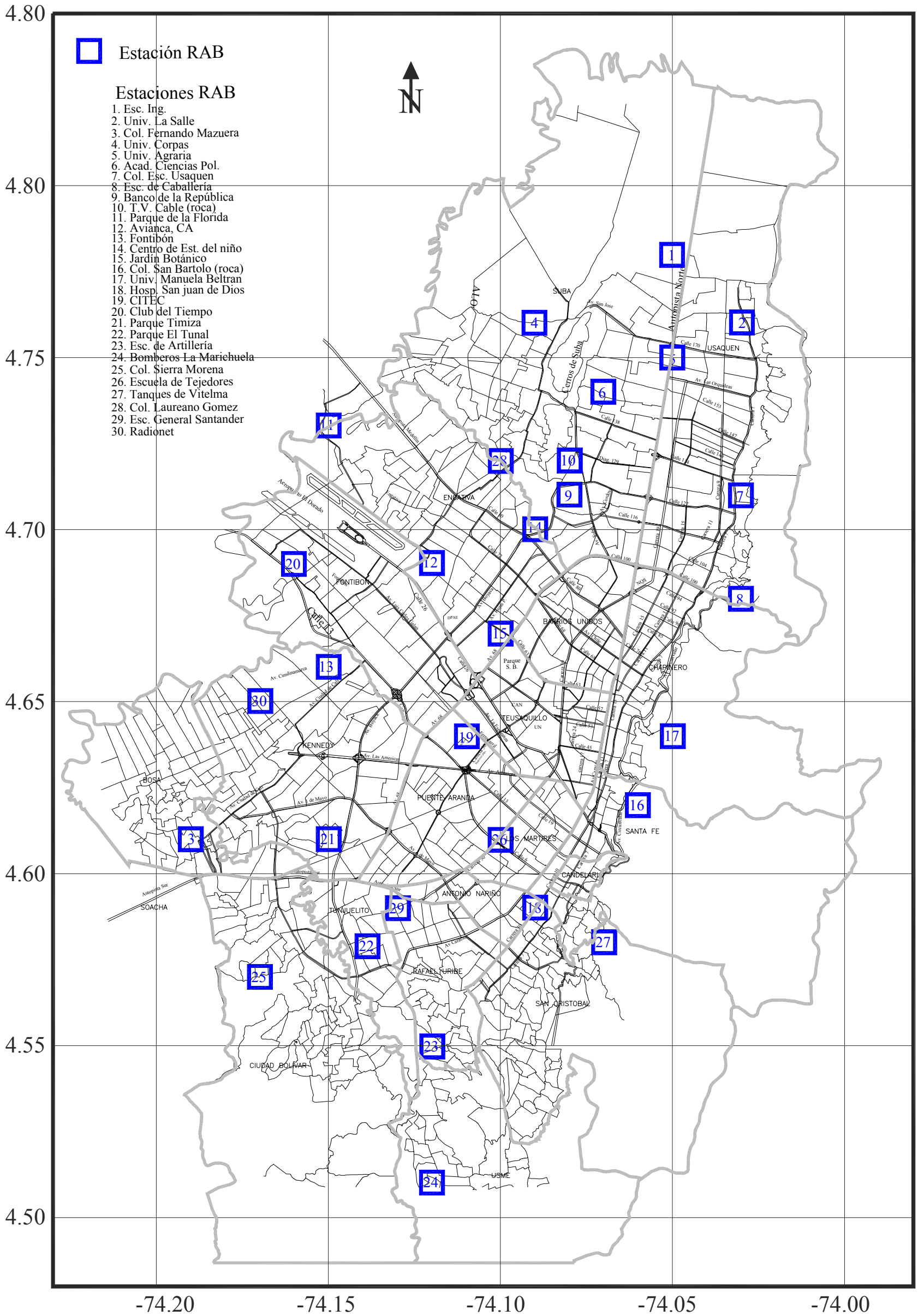
3.1 Estaciones de la red

La RAB tiene un total de 30 estaciones distribuidas en el perímetro urbano de la ciudad que cuentan con aparatos de registro Kinemetrics. De estos aparatos 28 son modelo ETNA (6 con GPS) y las 2 restantes son modelo K2.

De estas 30 estaciones dos se encuentran ubicadas en la roca de los sitios Universidad Agraria (CUAGR) y Escuela General Santander (CGRAL). También hay disponible un acelerógrafo en roca superficial en las estaciones Colegio San Bartolomé (CBART), Escuela de Policía de Suba (CPSUB), Colegio Sierra Morena (CSMOR) y TV Cable (CTVCA).

Los aparatos de registro trabajan en el rango de ±2g, según la información registrada. El rango de trabajo del equipo resulta importante ya que este define la relación entre el voltaje registrado y la amplitud del movimiento (aceleración). Los umbrales de disparo y parada de los aparatos son configurables según el uso y la ubicación. Para la medición de movimiento fuerte los valores por defecto son del 2% de la escala máxima de registro, para mayor información al respecto referirse a los manuales de operación de los aparatos (Kinemetrics, 2000 y Kinemetrics, 2001). En este estudio se empleó el programa Kw2cnts.exe suministrado por el fabricante de los equipos, para interpretar los archivos binarios de registro y convertirlos a formato ASCII. Este programa tiene en cuenta la ganancia de cada aparato y presenta los registros en aceleración en cm/s² contra el tiempo en segundos. Adicionalmente se hicieron comparaciones entre los archivos convertidos y el proceso realizado por la versión demo del programa SMA (Strong Motion Analist) de Kinemetrics, el cual lee los archivos .EVT y los presenta gráficamente. En todos los casos los registros resultaron ser los mismos.

En la Tabla 3.1 se presenta un listado de las 30 estaciones que conforman la red. Se incluye el consecutivo, el nombre de la estación, el código, la ubicación exacta en coordenadas geográficas, el modelo de cada uno de los aparatos, la geología del sitio y la topografía superficial. En el Mapa 1 se presenta la ubicación de cada una de las estaciones respondiente de la Tabla 3.1.



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Dirección de Prevención ATENCIÓN DE EMERGENCIAS	**DPAE** **Dirección de Prevención y Atención de Emergencias**	**MAPA 1** **UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES DE LA RED DE ACELERÓGRAFOS DE BOGOTÁ - RAB** **INFORME FINAL** **PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ D.C.**	**UNIANDES** **CEDERI** **Centro de Estudios Sobre Desastres y Riesgos**

Tabla 3.1. Estaciones de la Red de Acelerógrafos de Bogotá a mayo de 2002

No.	Nombre de la Estación	Código	Lat. N	Long. E	Modelo	Geología	Topografía
1	Escuela de Ingeniería	CEING	4,7833	-74,0458	ETNA	Suelo	Plana
2	Universidad La Salle	CUSAL	4,7559	-74,0264	ETNA	Suelo	Plana
3	Colegio Fernando Mazuera	CBOSA	4,6066	-74,192	ETNA	Suelo	Plana
4	Universidad Corpas	CCORP	4,7617	-74,094	ETNA	Suelo	Plana
5	Universidad Agraria	CUAGR	4,7542	-74,0527	K-2	Suelo/Roca	Plana
6	Academia de Policía	CPSUB	4,7379	-74,0726	ETNA	Roca	Ondulada
7	Colonia Escolar de Usaquén	CUSAQ	4,7064	-74,0332	ETNA (GPS)	Suelo	Plana
8	Escuela de Caballería	CESCA	4,6822	-74,0332	ETNA	Suelo	Ondulada
9	Banco de La República	CBANC	4,7085	-74,0791	ETNA	Suelo	Ondulada
10	T.V. Cable	CTVCA	4,7181	-74,0848	ETNA (GPS)	Roca	Ondulada
11	Parque La Florida	CFLOD	4,7295	-74,1464	ETNA	Suelo	Plana
12	Avianca	CAVIA	4,6858	-74,119	ETNA	Suelo	Plana
13	Fontibón	CFONT	4,6607	-74,1454	ETNA	Suelo	Plana
14	Centro de Estudios del Niño	CNIÑO	4,6962	-74,0932	ETNA	Suelo	Plana
15	Jardín Botánico	CJABO	4,6665	-74,0993	ETNA	Suelo	Plana
16	Colegio San Bartolomé	CBART	4,6205	-74,062	ETNA	Roca	Ondulada
17	Universidad Manuela Beltrán	CUNMA	4,6415	-74,0563	ETNA	Suelo	Ondulada
18	Hospital San Juan de Dios	CDIOS	4,5899	-74,0888	ETNA (GPS)	Suelo	Plana
19	CITEC	CCITE	4,6395	-74,1131	ETNA (GPS)	Suelo	Plana
20	Club El Tiempo	CTIEM	4,6943	-74,1558	ETNA	Suelo	Plana
21	Parque Timiza	CTIMI	4,6084	-74,1511	ETNA	Suelo	Plana
22	Parque El Tunal	CTUNA	4,5753	-74,1313	ETNA	Suelo	Plana
23	Escuela de Artillería	CARTI	4,5468	-74,1234	ETNA	Suelo	Plana
24	Bomberos La Marichuela	CMARI	4,5117	-74,1171	ETNA	Suelo	Plana
25	Colegio Sierra Morena	CSMOR	4,5746	-74,1701	ETNA	Roca	Ondulada
26	Escuela de Tejedores	CTEJE	4,6149	-74,0951	ETNA (GPS)	Suelo	Plana
27	Tanques de Vitelma	CVITE	4,575	-74,0716	ETNA	Suelo	Ondulada
28	Colegio Laureano Gómez	CLAGO	4,718	-74,1003	ETNA (GPS)	Suelo	Plana
29	Escuela General Santander	CGRAL	4,5881	-74,1301	K-2	Suelo/Roca	Plana
30	Radionet	CRADI	4,6465	-74,1694	ETNA	Suelo	Plana

3.2 Eventos y estaciones de registro

La RAB registró su primer evento el 25 de enero de 1999. De acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas y la DPAE, se han registrado un total de 16 eventos cuyas características principales se resumen en la Tabla 3.2.

En cada uno de los eventos se obtiene un número diferente de registros dependiendo de los siguientes factores:

- Intensidad del evento en términos de distribución geográfica de aceleraciones.
- Número de estaciones en servicio en el momento del sismo
- Calidad del registro

Tabla 3.2. Eventos registrados por la RAB hasta noviembre de 2001

Evento	Fecha D/M/A	Sismo	Magnitud (ML)	Prof. (KM)	Coordenadas del Epicentro Lat. N	Long. E	Número de Registros	Número de Fts
1	25-Ene-99	CÓRDOBA - QUINDÍO	6.2	0	4.44	-75.71	1	0
2	25-Ene-99	CÓRDOBA - QUINDÍO	5.4	0	4.41	-75.73	1	0
3	14-Abr-99	NDO B/MANGA-SANTANDER	6.1	170	6.82	-73.14	1	0
4	01-Jun-99	GUAYABETAL - CUNDINA.	5.2	0	4.29	-73.73	2	1
5	10-Jun-99	QUETAME-CUNDINAMARCA	4.7	2	4.31	-73.79	1	0
6	17-Jul-99	SATIVASUR - BOYACÁ	5.6	0	6.10	-72.74	6	4
7	08-Nov-99	BETULIA - SANTANDER	6.5	160	6.92	-73.18	29	11
8	05-Feb-00	NDO B/MANGA-SANTANDER	6.0	160	6.77	-73.21	2	1
9	12-Sep-00	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.9	160	6.76	-73.18	2	1
10	08-Nov-00	JURADÓ - CHOCÓ	6.4	1	7.13	-77.94	2	2
11	24-Nov-00	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.7	160	6.79	-73.02	2	1
12	17-Dic-00	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.8	153	6.77	-72.97	7	4
13	03-May-01	LOS SANTOS - SANTANDER	5.3	159	6.83	-73.07	1	1
14	18-May-01	LOS SANTOS - SANTANDER	5.5	159	6.83	-73.07	3	1
15	22-Sep-01	TULUA - VALLE	6.1	181	3.98	-76.07	4	2
16	19-Nov-01	CEPITA - SANTANDER	6.0	162	6.79	-72.98	4	3

Resulta de importancia revisar el itinerario de visitas a las estaciones ya que este es el factor que define principalmente cual será el número de estaciones en servicio en el momento del sismo. Según la información suministrada por Igeominas, en la Tabla 3.3 se presenta el itinerario de las últimas visitas de inspección realizadas por Ingeominas durante el año 2001 a las diferentes estaciones de la RAB.

Tabla 3.3. Itinerario de visitas a las estaciones de la RAB

No.	Nombre de la Estación	Código	Modelo	No. Serial	Propietario	Fecha Mantenimiento	Total Visitas	Observaciones
1	ESCUELA DE INGENIERIA	CEING	ETNA	1496	UPES	30-May-01	2	
2	UNIVERSIDAD DE LA SALLE	CUSAL	ETNA	1261	UPES	30-May-01	2	
3	COLEGIO FERNANDO MAZUERA	CBOSA	ETNA	1491	UPES	03-Sep-01	2	Cambiar batería próximamente
4	UNIVERSIDAD CORPAS	CCORP	ETNA	1260	UPES	30-May-01	2	
5	UNIVERSIDAD AGRARIA	CUAGR	K-2	1076	UPES	30-May-01	2	
6	ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA POLICIA	CPSUB	ETNA	1263	UPES	30-May-01	2	
7	COLONIA ESCOLAR DE USAQUÉN	CUSAQ	ETNA GPS	1270	UPES	31-May-01	2	Se encontró el cable del sistema a tierra cortado
8	ESCUELA DE CABALLERIA	CESCA	ETNA	1268	UPES	31-May-01	2	
9	BANCO DE LA REPÚBLICA	CBANC	ETNA	1488	UPES	31-May-01	2	
10	T.V. CABLE	CTVCA	ETNA GPS	1489	UPES	31-May-01	2	
11	PARQUE LA FLORIDA	CFLOD	ETNA	1500	UPES	04-Jun-01	2	
12	AVIANCA	CAVIA	ETNA	1499	UPES	13-Jun-01	2	
13	FONTIBÓN	CFONT	ETNA	1495	UPES	13-Jun-01	2	
14	CENTRO DE ESTUDIOS DEL NIÑO	CNIÑO	ETNA	1490	UPES	04-Jun-01	2	
15	JARDÍN BOTÁNICO	CJABO	ETNA	1264	UPES	13-Jun-01	2	
16	COLEGIO SAN BARTOLOME	CBART	ETNA	1258	UPES	05-Oct-01	4	
17	UNIVERSIDAD MANUELA BELTRAN	CUNMA	ETNA	1494	UPES	04-Jun-01	2	
18	HOSPITAL SAN JUAN DE DIOS	CDIOS	ETNA GPS	1493	UPES	31-Ago-01	2	Sin Energía, El equipo esta fuera de funcionamiento
19	CITEC	CCITE	ETNA GPS	1265	UPES	30-Ago-01	2	
20	CLUB EL TIEMPO	CTIEM	ETNA	1257	UPES	22-Mar-01	1	
21	PARQUE TIMIZA	CTIMI	ETNA	1502	UPES	13-Jun-01	2	Retirado, por remodelación del Parque. Hablar con IDU
22	PARQUE EL TUNAL	CTUNA	ETNA	1262	UPES	03-Sep-01	2	
23	ESCUELA DE ARTILLERIA	CARTI	ETNA	1256	UPES	31-Ago-01	2	
24	BOMBEROS LA MARICHUELA	CMARI	ETNA	1498	UPES	28-Ago-01	2	
25	COLEGIO SIERRA MORENA	CSMOR	ETNA	1501	UPES	28-Ago-01	2	
26	ESCUELA DE TEJEDORES	CTEJE	ETNA GPS	1492	UPES	27-Ago-01	1	
27	TANQUES DE VITELMA	CVITE	ETNA	1497	UPES	31-Ago-01	2	
28	COLEGIO LAUREANO GÓMEZ	CLAGO	ETNA GPS	1487	UPES	04-Jun-01	2	
29	ESCUELA GENERAL SANTANDER	CGRAL	ETNA	957	UPES	27-Ago-01	3	
30	RADIONET	CRADI	ETNA	1259	UPES	23-Feb-01	1	Retirado, Hablar con el IDU

La Tabla 3.4 resume las estaciones donde existen registros disponibles para cada uno de los sismos anotados en la Tabla 3.2. En total se dispone de 69 registros para los 16 sismos anotados.

Tabla 3.4. Eventos registrados por la RAB hasta noviembre de 2001

Evento	Registro	Fecha D/M/A	Hora UT	Sismo	Magnitud (ML)	Prof. (KM)	Epicentro Lat. N	Epicentro Long. E	Estación
1	1	25-Ene-99	18:19	CÓRDOBA - QUINDÍO	6.2	0	4.44	-75.71	CBART
2	2	25-Ene-99	22:04	CORDOBA - QUINDIO	5.4	0	4.41	-75.73	CBART
3	3	14-Abr-99	7:26	NDO B/MANGA-SANTANDER	6.1	170	6.82	-73.14	CBART
4	4	01-Jun-99	21:42	GUAYABETAL - CUNDINA.	5.2	0	4.29	-73.73	CEING
	5								CBART
5	6	10-Jun-99	3:22	QUETAME-CUNDINAMARCA	4.7	2	4.31	-73.79	CBART
6	7	17-Jul-99	12:23	SATIVASUR - BOYACÁ	5.6	0	6.10	-72.74	CEING
	8								CUSAL
	9								CCORP
	10								CPSUB
	11								CAVIA
	12								CBART
7	13	08-Nov-99	5:52	BETULIA - SANTANDER	6.5	160	6.92	-73.18	CEING
	14								CEING -R
	15								CUSAL
	16								CUSAL -R
	17								CCORP
	18								CCORP -R
	19								CUAGR
	20								CPSUB
	21								CTVCA
	22								CTVCA -R
	23								CFLOD
	24								CFLOD -R
	25								CAVIA
	26								CAVIA -R
	27								CFONT
	28								CFONT -R
	29								CBART
	30								CBART -R
	31								CDIOS
	32								CDIOS -R
	33								CTUNA
	34								CTUNA -R
	35								CARTI
	36								CARTI -R
	37								CVITE
	38								CGRAL
									CGRAL -R
	39								CRADI
	40								CRADI -R
	41								CRADI -R
8	42	05-Feb-00	21:53	NDO B/MANGA-SANTANDER	6.0	160	6.77	-73.21	CUAGR
	43								CTVCA
9	44	12-Sep-00	10:55	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.9	160	6.76	-73.18	CUAGR
	45								CBART
10	46	08-Nov-00	7:01	JURADÓ - CHOCÓ	6.4	1	7.13	-77.94	CUAGR
	47								CFLOD
11	48	24-Nov-00	19:51	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.7	160	6.79	-73.02	CUAGR
	49								CTVCA
12	50	17-Dic-00	6:14	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.8	153	6.77	-72.97	CEING
	51								CUAGR
	52								CPSUB
	53								CTVCA
	54								CLAGO
	55								CUSAO
	56								CBART
13	57	03-May-01	16:14	LOS SANTOS - SANTANDER	5.3	159	6.83	-73.07	CUAGR
14	58	18-May-01	15:04	LOS SANTOS - SANTANDER	5.5	159	6.83	-73.07	CBART
	59								CTVCA
	60								CUAGR
15	61	22-Sep-01	3:21	TULUA - VALLE	6.1	181	3.98	-76.07	CBART
	62								CTVCA
	63								CUAGR
	64								CGRAL
									CGRAL-R
16	65	19-Nov-01	21:01	CEPITA - SANTANDER	6.0	162	6.79	-72.98	CEING
	66								CPSUB
	67								CUAGR
	68								CGRAL
									CGRAL-R

tiempo. Por lo tanto en este estudio se aplican las mismas correcciones a todos los registros de manera sistemática, para hacer posible la comparación entre los resultados obtenidos. En el Apéndice 4.1 se presenta el documento "Descripción de un ternativo de integración: Integración en el dominio de la frecuencia" desarrollado a petición del CIMOC por investigadores del Laboratorio de Señales del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Los Andes (Restrepo et al, 2002).

La primera de estas correcciones es la corrección de línea base, que sirve para evitar errores sistemáticos a la hora de realizar los procesos de integración en el cálculo de velocidades y desplazamientos. Dichos errores son inducidos por la respuesta en frecuencia de los aparatos de registro, ya que presentan problemas para registrar la respuesta en bajas

frecuencias y la media de las señales se asocia a frecuencia 0. Adicionalmente desde el punto de vista físico la media de la velocidad y la aceleración debe ser cero cuando no se presentan deformaciones permanentes, ya que estas resultan de la integración del desplazamiento (Restrepo et al, 2002). Para esto se aplica a todo el acelerograma una corrección punto a punto igual al promedio aritmético del registro. Esta
a la hora calcular el desplazamiento a partir de la velocidad en el dominio del tiempo y al resultado de dicha integración.

Figura 4.1. Espectros de amplitud de Fourier de señales originales sin corrección

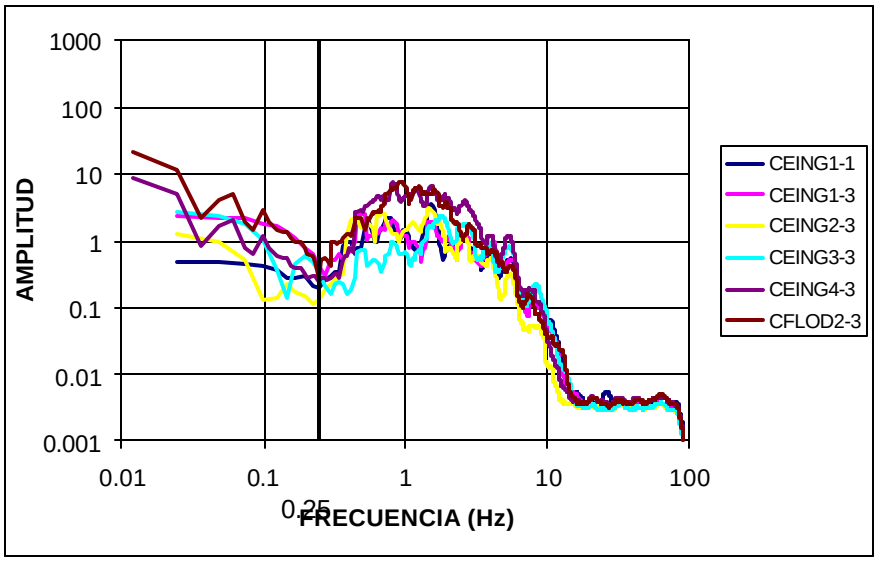
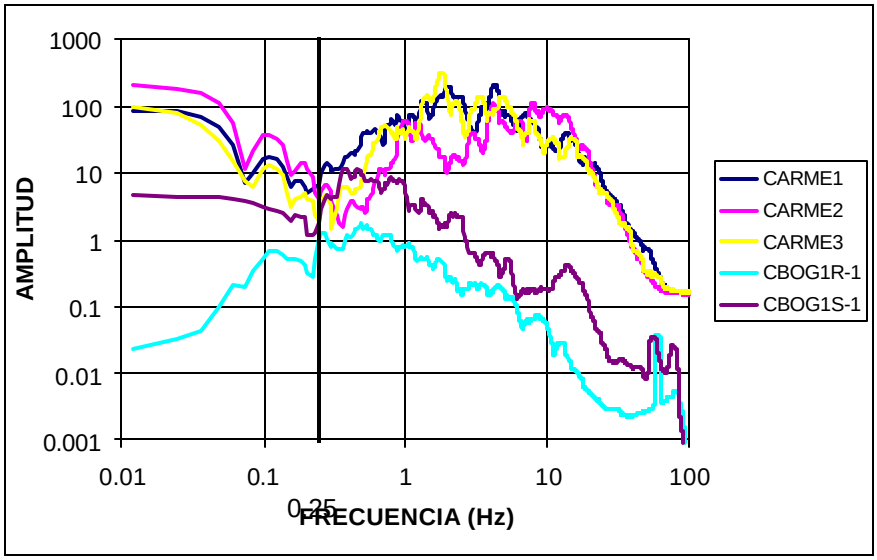


Figura 4.2. Espectros de amplitud de Fourier de las señales sin corrección para registros del sismo del 25 de enero de 1999.



Finalmente se aplica un filtro para eliminar las frecuencias que están fuera del rango de medición del aparato. En el proceso de filtrado se emplea un filtro Butterworth pasa-banda de orden 6 con frecuencias de esquina en 0.25 Hz y 50 Hz, para eliminar la información errada de baja frecuencia que se genera en los aparatos de registro, el ruido de baja y alta frecuencia de los sitios de registro (ruido ambiental, perturbaciones lejanas, paso de camiones cercanos, etc), y las amplitudes de alta frecuencia que no son de interés para el análisis de respuesta dinámica de estructuras y depósitos de suelo. Adicionalmente se sabe que para un muestreo de 200 datos por segundo la información de frecuencias superiores a 80 Hz no es confiable. De esta manera el registro corregido se puede emplear para el cálculo de velocidades y desplazamientos empleando métodos de integración numérica.

Una vez se han realizado las correcciones mencionadas, se obtiene el acelerograma base corregido para cada una de las componentes y con base en ellos se realizan procedimientos numéricos para obtener lo siguiente:

- Registro de aceleración contra el tiempo (acelerograma corregido)
- Registro de velocidad contra el tiempo (integración con corrección)
- Registro de desplazamiento contra el tiempo (doble integración con corrección)
- Espectro de amplitudes de Fourier de aceleraciones
- Espectro de respuesta de aceleración para 2%, 5% y 10% de amortiguamiento con respecto al crítico
- Espectro de respuesta de velocidad para 2%, 5% y 10% de amortiguamiento con respecto al crítico
- Espectro de respuesta de desplazamiento para 2%, 5% y 10% de amortiguamiento con respecto al crítico

Existen otras metodologías para realizar las correcciones descritas, como la propuesta por Hudson (Hudson, 1979) que tiene mayor aplicación en registros análogos, y la empleada en el NSMP de Estados Unidos (USGS, 2000). Sin embargo, algunos investigadores han realizado experimentos utilizando diferentes metodologías (incluso sin ningún proceso de filtrado),y en general se obtienen resultados confiables en la estimación de respuesta espectral para períodos estructurales de hasta 10 segundos (Wilson, 1999, USGS, 2000).

En resumen el proceso de corrección e interpretación de los registros es el siguiente:

1. Pasar del archivo binario al archivo ASCII (programa Kw2cnts.exe)
2. Corregir línea base.
3. Filtrar la señal (Butterworth n=6, Pasa-Banda 0.25Hz – 50Hz).
   - *salvar aceleración corregida*
4. Integrar numéricamente.
5. Corregir línea base.
   - *salvar velocidad corregida*
6. Integrar numéricamente.

7. Corregir línea base.
   - *salvar desplazamiento corregido*

Con el fin de comprobar el proceso de interpretación empleado, se procesaron eventos que ya han sido reportados por otras entidades en trabajos anteriores. En particular se analizaron dos casos de registros tomados en el terremoto del eje cafetero del 25 de enero de 1999, uno correspondiente a la estación CARME de la Red Sismológica Nacional (RSN) localizada en suelo a 13 Km del epicentro del sismo, y otro correspondiente a la estación CBART de la RAB, localizada en roca a 184 Km del epicentro. En la Tabla 4.1 se presentan los resultados para valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento de los registros originalmente procesados por Ingeominas y de los resultados obtenidos con el procedimiento de interpretación empleado en este trabajo. En las Figuras 4.3 a 4.8 se presentan los valores de aceleración, velocidad y desplazamiento contra el tiempo para ambas metodologías, y cada una de las componentes. Se nota en el caso de la estación CBART un corte en 70 seg (14000 datos) en el reporte de Ingeominas (Ingeominas, 1999).

Tabla 4.1. Valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento para registros del sismo del 25 de enero de 1999 en las estaciones CARME y CBART.

COMPONENTE NORTE – SUR				
Variable de Comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**		**Estación CBART (R=184 Km)**	
	Ingeominas	**Este Estudio**	**Ingeominas**	**Este Estudio**
$Acel_{max}$ (cm/s²)	518.38	520.19	1.57	1.72
Tiempo A_{max} (s)	9.72	9.72	29.82	29.86
Vel_{max} (cm/s)	29.61	27.24	-0.22	-0.22
Tiempo Vel_{max} (s)	9.81	9.35	47.47	47.46
Des_{max} (cm)	-4.09	-4.14	0.08	-0.06
Tiempo Des_{max} (s)	9.20	9.20	64.48	63.17
COMPONENTE VERTICAL				
Variable de Comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**		**Estación CBART (R=184 Km)**	
	Ingeominas	**Este Estudio**	**Ingeominas**	**Este Estudio**
$Acel_{max}$ (cm/s²)	-448.19	-454.98	1.12	1.11
Tiempo A_{max} (s)	10.00	10.00	30.00	29.99
Vel_{max} (cm/s)	-11.56	-12.00	-0.20	-0.20
Tiempo Vel_{max} (s)	9.35	9.35	57.15	57.17
Des_{max} (cm)	0.96	0.97	-0.08	-0.08
Tiempo Des_{max} (s)	13.19	13.20	57.55	57.56
COMPONENTE ESTE – OESTE				
Variable de Comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**		**Estación CBART (R=184 Km)**	
	Ingeominas	**Este Estudio**	**Ingeominas**	**Este Estudio**
$Acel_{max}$ (cm/s²)	-580.10	-577.76	-1.17	-1.30
Tiempo A_{max} (s)	9.83	9.83	31.91	31.91
Vel_{max} (cm/s)	25.61	25.05	-0.23	-0.22
Tiempo Vel_{max} (s)	9.09	9.10	52.03	55.08
Des_{max} (cm)	-2.89	-2.88	0.09	0.08
Tiempo Des_{max} (s)	11.76	11.76	51.64	54.66

Figura 4.3. Valores de aceleración contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CARME (R =13 Km)

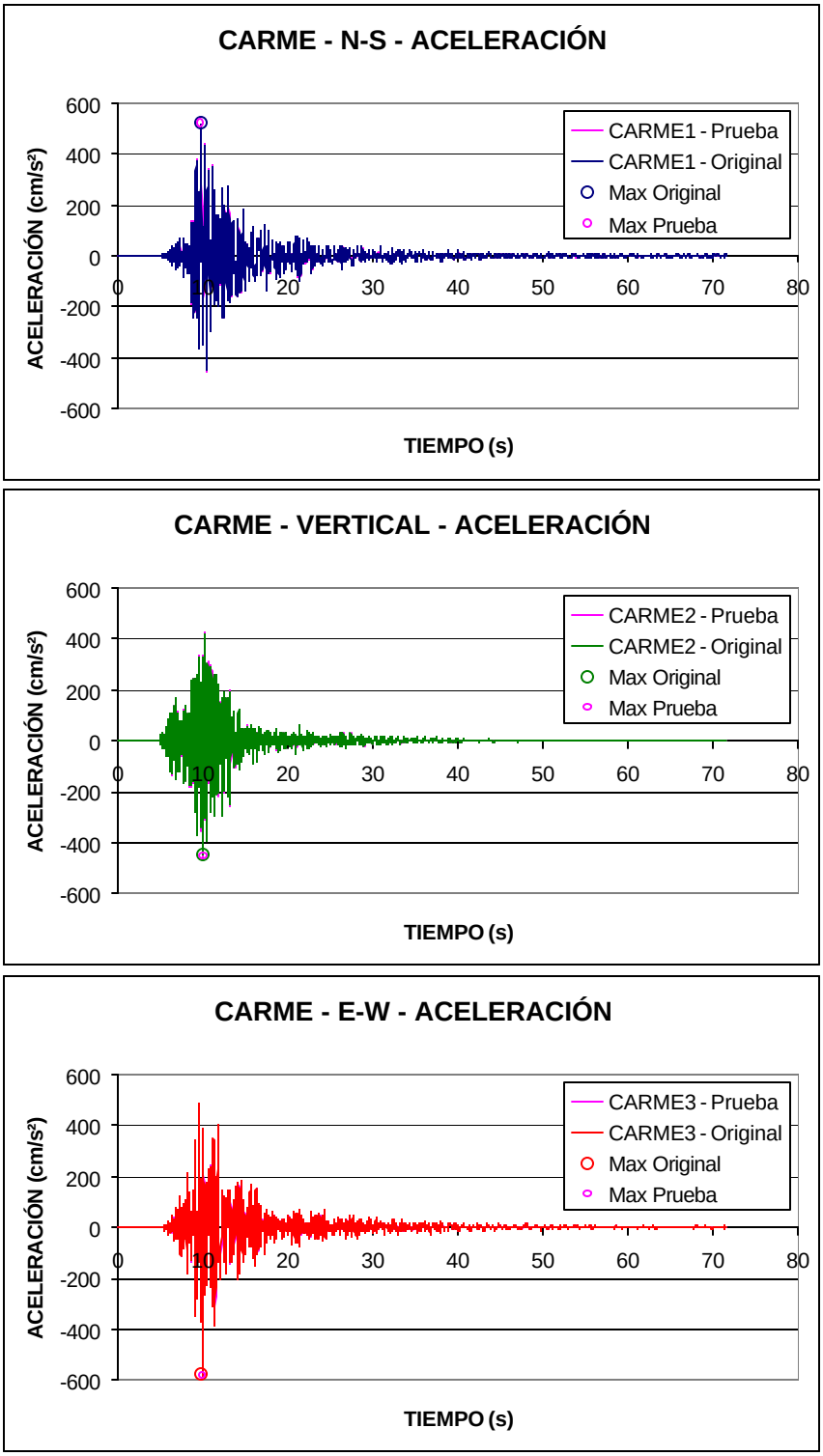


Figura 4.4. Valores de velocidad contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CARME (R =13 Km)

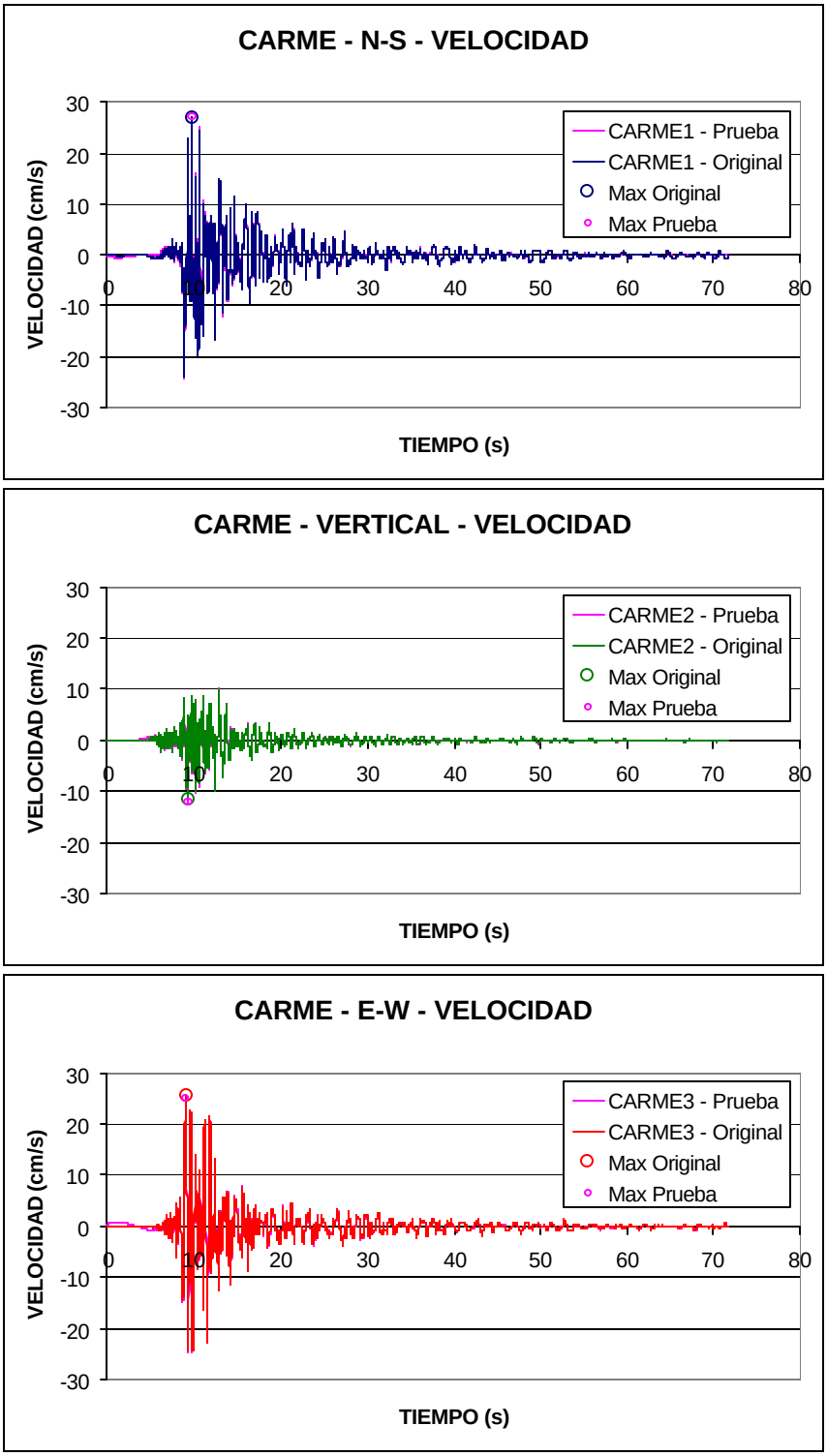


Figura 4.5. Valores de desplazamiento contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CARME (R =13 Km)

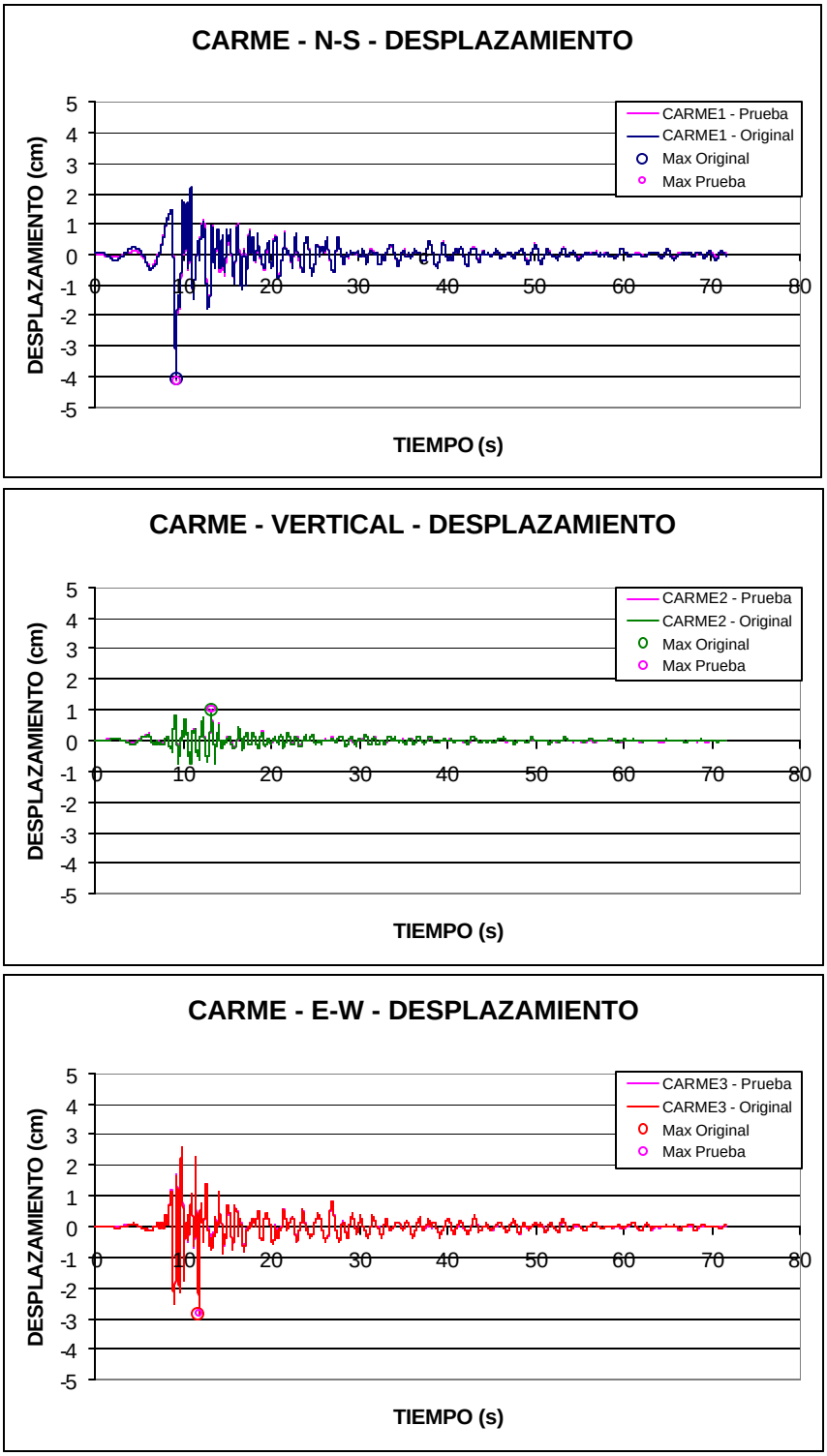


Figura 4.6. Valores de aceleración contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CBART (R = 184 Km)

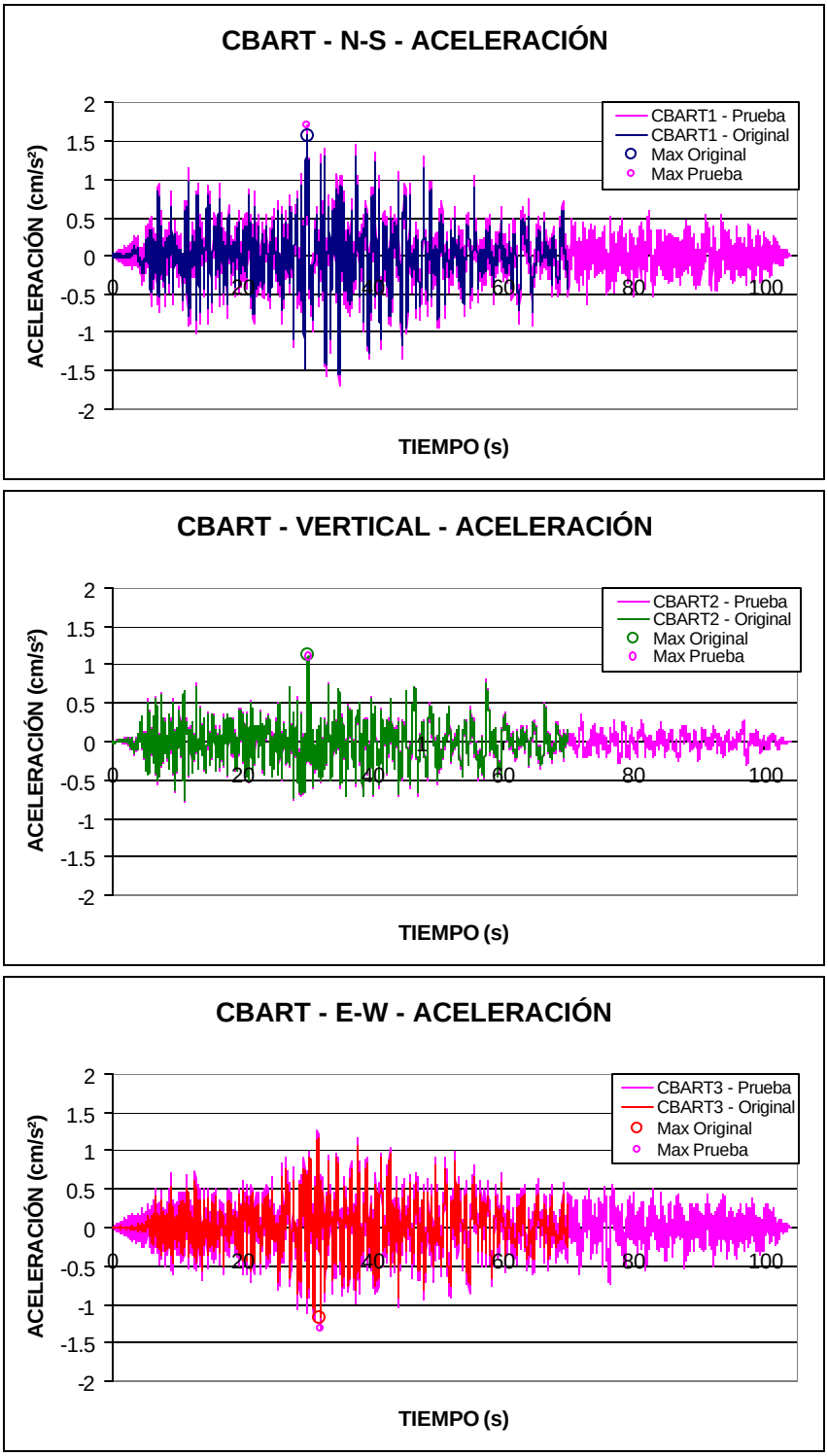
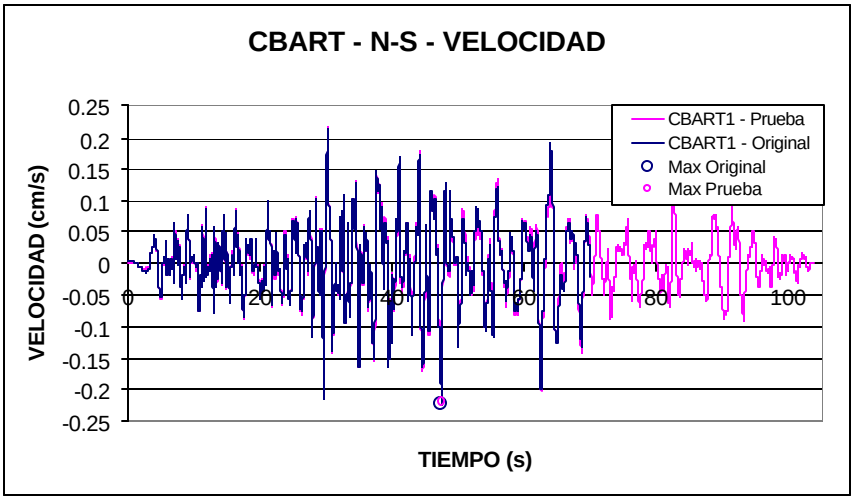
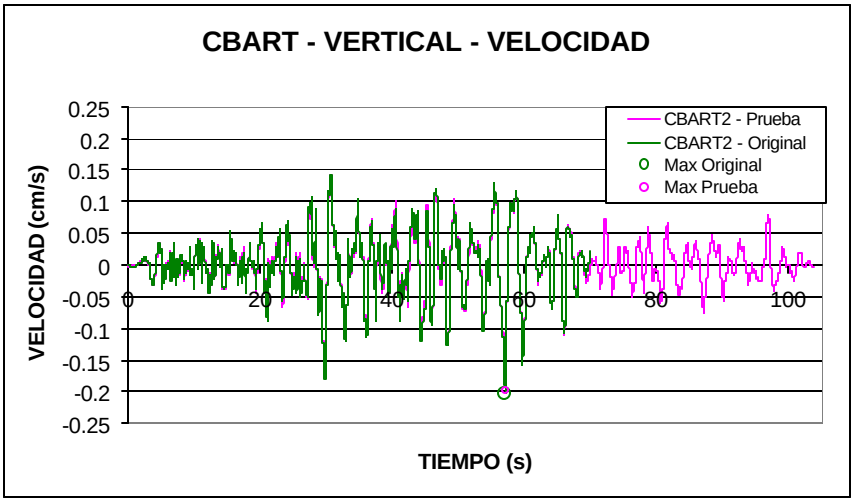


Figura 4.7. Valores de velocidad contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CBART (R = 184 Km)





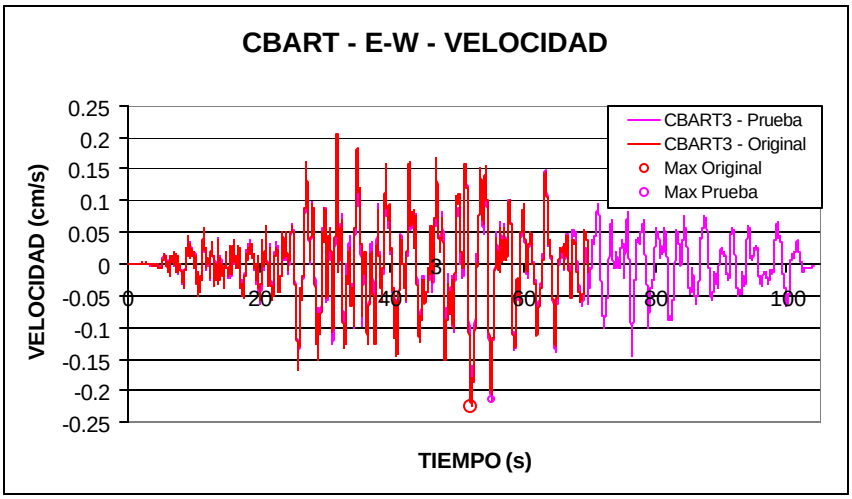
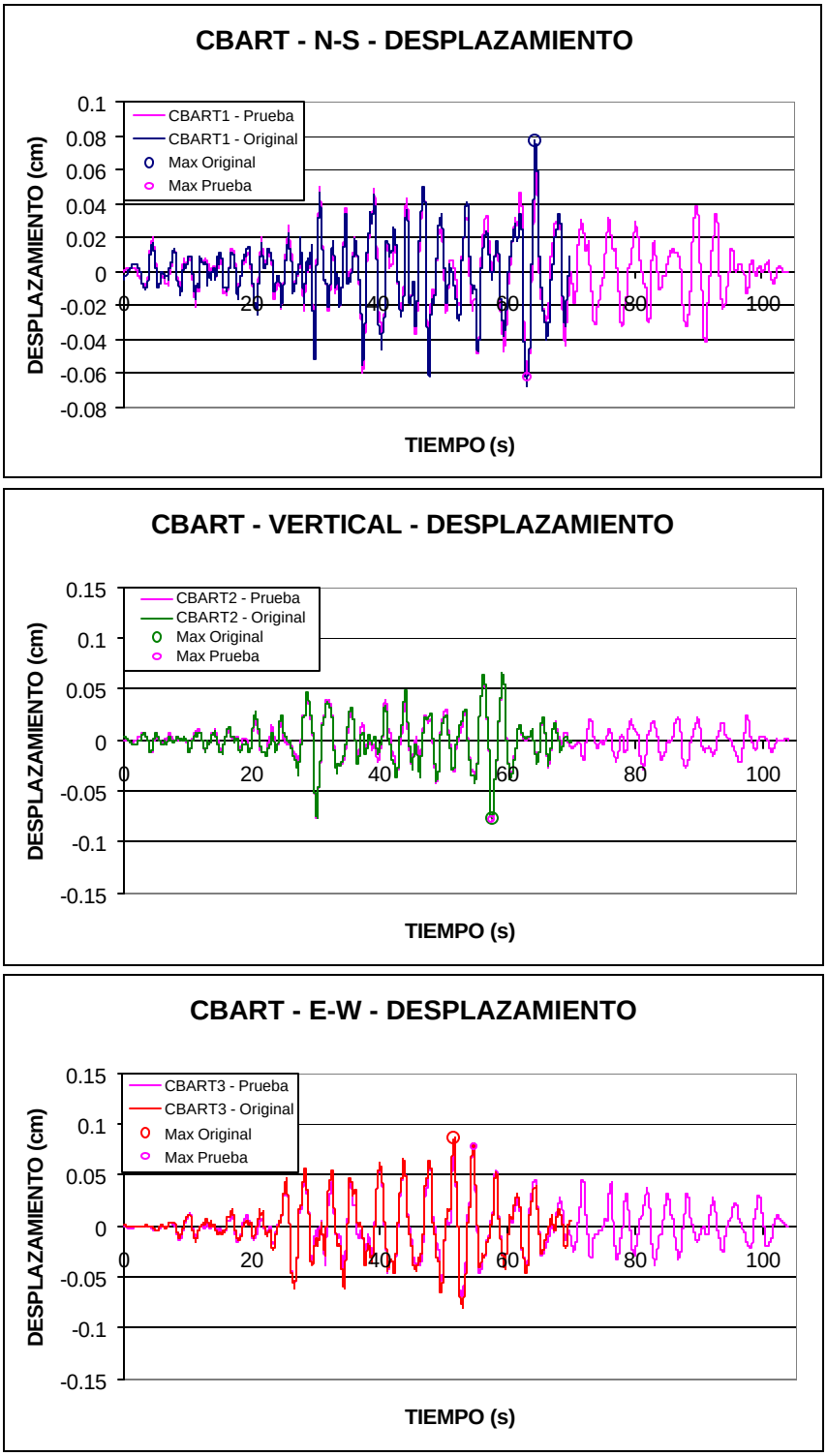


Figura 4.8. Valores de desplazamiento contra el tiempo para las tres componentes del registro del sismo del 25 de enero de 1999 en la estación CBART (R = 184 Km)



5. CATÁLOGO SÍSMICO DE EVENTOS INDIVIDUALES

Con base en cada uno de los registros interpretados se construye el catálogo sísmico de eventos registrados en la RAB.

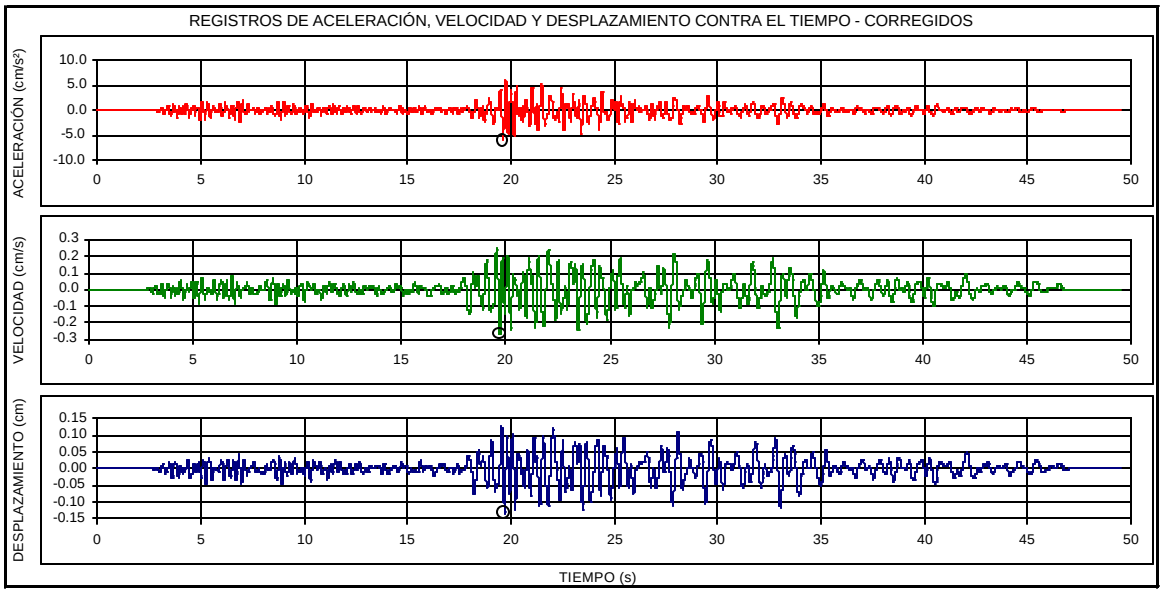
En la Figura 5.1 se presenta el formato típico utilizado para presentar cada uno de los eventos. El formato contiene la información básica del evento incluyendo el nombre (generalmente identificado a través del municipio más cercano al epicentro), la fecha, la estación y la dirección a la que corresponde el registro. Por otro lado se incluye la información básica de la estación de registro que se está reportando incluyendo el código, las coordenados geográficas, el tipo de aparato, la descripción geológica simplificada, el tipo de topografía superficial, las distancias epicentrales e hipocentrales. Por otro lado se presenta una tabla de resumen con la información del sismo incluyendo la ubicación del epicentro, la hora, las coordenadas geográficas del epicentro, la profundidad, la duración, la magnitud reportada, el nombre del archivo, el canal del aparato de registro y el número total de sitios que registraron el evento. En seguida aparece un campo donde se indica información básica para la interpretación de los registros tales como el tipo de filtro aplicado y sus características y los valores máximos de aceleración, velocidad y desplazamiento y los tiempos de ocurrencia correspondientes. Luego se presentan las señales contra el tiempo de aceleración, velocidad y desplazamiento, identificando con un círculo la ubicación de los valores máximos. Las últimas cuatro figuras corresponden a los espectros de respuesta de aceleración, velocidad y desplazamiento para coeficientes de amortiguamiento con respecto al crítico del 2%, 5% y 10% y al espectro de amplitudes de Fourier de la señal de aceleración. Esta última corresponde a la señal corregida y filtrada que es la misma que se presenta en la figura descrita arriba.

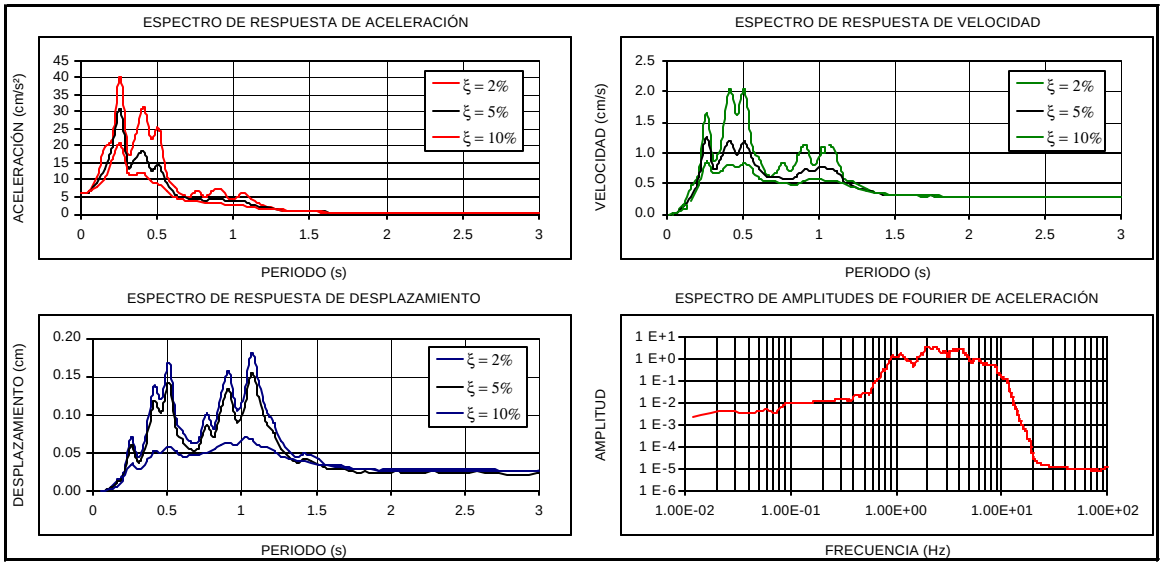
En el Apéndice 2 se presentan los registros interpretados disponibles hasta la fecha.

Figura 5.1. Formato de presentación del catálogo de eventos sísmicos de la RAB

EVENTO:	FECHA:	ESTACIÓN:	COMPONENTE:
SITIO EPICENTRO	**FECHA EVENTO**	**NOMBRE ESTACIÓN**	**COMPONENTE**

ESTACION DE REGISTRO:	NOMBRE ESTACIÓN	LOCALIZACION EPICENTRO:	SITIO EPICENTRO
CODIGO:		HORA:	
LATITUD:	LONGITUD:	LATITUD:	LONGITUD:
APARATO DE REGISTRO:		PROFUNDIDAD:	DURACIÓN:
GEOLOGIA:	TOPOGRAFIA:	MAGNITUD M_L:	
EPICENTRO:	HIPOCENTRO:	ARCHVO:	CANAL DE REGISTRO:
		TOTAL SITIOS DE REGISTRO:	
PROCESAMIENTO:	FILTRO BUTTERWORTH ORDEN 6, PASA BANDA 0.25 - 50 Hz		
		Vmax = -0.27 cm/s, T = 19.71 s	Dmax = -0.13 cm, T = 19.71 s





DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DE BOGOTÁ D.C. - DPAE - 2002

6. INTERPRETACIÓN DE EVENTOS COMPLETOS

Esta opción pretende presentar la información recolectada ya no de manera individual registro por registro sino de manera integrada geográficamente. Se interpreta en este caso evento por evento situando diferentes parámetros de manera

Debido a que la densidad de la información disponible hasta el momento no es suficiente para lograr dibujar mapas completos se utiliza como base de presentación el mapa de períodos dominantes obtenido mediante métodos analíticos que se presenta en Gallego et al, 2002. Sobre este mapa de base se identifican los puntos específicos donde existe

(a) Períodos dominantes
(b) Aceleración máxima
(c) Velocidad máxima
(d) Desplazamiento máximo

Para cada una de las componentes vertical, norte-sur y este-oeste. En cada punto se indica entonces el valor correspondiente al parámetro seleccionado .

Una vez analizada la información disponible para eventos completos se seleccionaron únicamente tres eventos en los cuales es posible analizar h
de manera geográfica. Los eventos 6, 7 y 12 que se presentan en la Tabla 3.2 se seleccionan para llevar a cabo algunos análisis de eventos completos. La Tabla 6.1 presenta los períodos dominantes para el evento del 17 de julio de 1999 para los cinco sitios de registro ubicados en suelo blando que registraron la señal.

Tabla 6.1. Períodos dominantes del suelo para el evento del 17 de julio de 1999 en los cuatro sitios de registro ubicados en suelo utilizando registro CPSUB como base.

Registro*	Estación de Registro	Características	Período Dominante		
			E-O	Vert.	N-S
7	CEING – Escuela Ingeniería	Blando / Plano	2.17	1.25	1.37
8	CUSAL – Universidad La Salle	Suelo / Plano	292	0.79	1.32
9	CCORP – Universidad Corpas	Blando / Plano	2.92	1.41	3.28
11	CAVIA – Centro Adm. Avianca	Piedem. / Plano	2.92	1.64	2.92

*Esta numeración corresponde a la misma de la Tabla 3.4.

Por otro lado en la Tabla 6.2 se presentan para cada uno de los sismos mencionados los valores de cada uno de los parámetros en las tres componentes disponibles.

Tabla 6.2. Parámetros de análisis de eventos completos para los eventos 6, 7 y 12.

Evento*	Registro*	Fecha	Estación	Periodo Fundamental (s)			Amax Registrada (cm/s²)			Vmax Calculada (cm/s)			Dmax Calculado (cm)		
		D/M/A		E-O	VERTICAL	N-S	E-O	VERTICAL	N-S	E-O	VERTICAL	N-S	E-O	VERTICAL	N-S
6	7	17-Jul-99	CEING	2.17	1.25	1.37	-2.10	-0.71	-2.43	-0.29	-0.09	-0.35	-0.085	-0.019	-0.114
	8		CUSAL	2.92	0.79	1.32	1.35	1.62	2.43	0.18	-0.16	-0.26	-0.036	-0.025	0.058
	9		CCORP	2.92	1.41	3.28	2.29	-0.41	1.96	-0.32	-0.08	-0.30	-0.085	0.020	0.060
	10		CPSUB	Roca	Roca	Roca	-0.83	-0.32	-1.16	-0.07	-0.03	0.12	-0.009	-0.009	-0.017
	11		CAVIA	2.92	1.64	2.92	1.76	-0.52	-2.43	-0.21	0.06	-0.37	-0.060	-0.015	-0.115
	12		CBART	Roca	Roca	Roca	-0.73	0.50	-0.68	0.07	-0.05	0.07	-0.011	0.007	-0.019
7	13	08-Nov-99	CEING	1.86	0.12	2.05	3.84	-2.35	-2.77	-0.25	-0.10	-0.20	0.025	-0.010	0.025
	14		CEING -R	1.86	1.86	2.05	8.67	-1.95	-6.99	-0.80	0.31	-0.85	0.115	-0.052	0.125
	15		CUSAL	0.63	0.25	0.49	-2.24	-2.43	-3.00	-0.18	-0.17	0.23	0.016	0.015	-0.021
	16		CUSAL -R	0.73	0.69	0.65	-5.62	-4.80	6.15	0.43	-0.48	-0.75	-0.056	0.057	0.099
	17		CCORP	1.52	0.53	1.64	-2.41	3.43	3.06	-0.23	-0.16	-0.27	0.031	0.016	-0.032
	18		CCORP -R	1.71	1.82	1.82	8.77	2.13	8.17	-1.24	-0.33	-0.87	-0.236	-0.054	-0.124
	19		CUAGR	2.20	0.30	2.20	-6.17	2.65	-4.69	-0.53	-0.24	-0.65	-0.097	0.036	0.110
	20		CPSUB	Roca	Roca	Roca	-3.29	1.53	-2.91	-0.35	-0.12	0.23	-0.034	-0.018	-0.029
	21		CTVCA	Roca	Roca	Roca	-1.50	1.16	-1.40	-0.10	-0.06	-0.09	0.010	-0.004	0.009
	22		CTVCA -R	Roca	Roca	Roca	4.06	-1.81	-3.58	-0.39	-0.13	0.29	-0.052	0.014	0.040
	23		CFLOD	5.85	0.97	2.16	2.10	-1.76	2.64	0.17	0.11	-0.21	0.169	-0.014	0.026
	24		CFLOD -R	3.41	1.82	5.13	-6.77	1.52	-6.70	0.78	0.16	0.64	0.139	-0.039	0.119
	25		CAVIA	5.85	0.97	2.05	2.91	2.40	-2.28	-0.16	0.11	0.15	-0.016	-0.010	-0.020
	26		CAVIA -R	3.41	1.86	3.41	5.81	-1.28	-6.21	0.61	0.14	-0.65	0.121	-0.030	0.103
	27		CFONT	5.85	0.97	1.86	1.08	-2.62	-1.31	0.08	0.14	0.09	0.015	-0.019	-0.013
	28		CFONT -R	4.31	2.48	3.28	4.22	1.41	-3.20	0.46	0.11	0.36	-0.072	-0.021	0.083
	29		CBART	Roca	Roca	Roca	-0.75	-1.33	-0.82	-0.04	-0.05	-0.05	-0.004	-0.005	0.005
	30		CBART -R	Roca	Roca	Roca	1.83	-0.77	1.27	0.14	-0.07	-0.11	-0.017	0.009	-0.018
	31		CDIOS	0.55	0.10	0.40	-1.86	0.74	1.16	-0.15	-0.04	0.07	0.011	-0.005	-0.006
	32		CDIOS -R	0.55	0.53	0.44	2.51	1.28	-2.75	0.30	-0.09	-0.24	-0.037	-0.011	0.031
	33		CTUNA	1.46	0.46	1.95	-1.14	2.46	-1.31	0.08	0.12	0.08	0.008	-0.016	0.008
	34		CTUNA -R	3.41	0.69	2.05	-3.19	1.27	2.76	-0.27	-0.11	-0.27	-0.040	-0.015	0.029
	35		CARTI	0.70	0.13	0.83	1.44	-2.54	-1.29	0.07	0.14	0.07	-0.004	-0.014	0.006
	36		CARTI -R	0.27	0.34	0.51	-1.84	-1.66	-1.74	-0.15	-0.10	0.15	0.019	0.011	-0.023
	37		CVITE	1.05	1.02	1.14	3.27	0.94	-2.02	0.21	0.09	-0.18	0.028	-0.017	-0.028
	38		CGRAL	2.21	0.82	2.00	-2.40	2.03	-2.34	0.29	0.13	0.29	0.040	-0.016	-0.040
	39		CRADI	2.90	0.20	2.70	0.87	-2.57	0.94	-0.05	0.14	-0.07	0.008	-0.014	0.012
	40		CRADI -R	3.70	0.10	2.60	2.21	1.46	-2.42	0.29	-0.11	-0.31	-0.069	0.019	-0.052
	41		CRADI -R	3.70	1.90	2.70	1.76	-0.86	1.81	-0.31	0.10	-0.27	-0.072	0.021	-0.045
12	50	17-Dic-00	CEING	1.90	1.00	2.10	-2.70	0.48	-2.18	0.20	-0.05	0.15	-0.025	0.008	0.019
	51		CUAGR	2.20	0.20	2.20	1.75	0.71	-1.38	-0.16	0.05	-0.12	0.018	-0.004	-0.020
	52		CPSUB	Roca	Roca	Roca	-0.77	-0.32	-1.17	0.05	-0.02	-0.07	-0.004	-0.003	0.006
	53		CTVCA	Roca	Roca	Roca	-1.17	-0.55	-1.14	-0.07	0.03	-0.08	0.006	0.003	0.008
	54		CLAGO	4.30	4.10	3.30	0.55	0.38	0.47	0.04	0.02	0.03	0.030	0.002	0.004
	55		CUSAQ	1.90	1.10	1.60	-2.59	1.72	-3.71	-0.17	0.14	-0.33	-0.018	-0.015	0.033
	56		CBART	Roca	Roca	Roca	0.55	0.38	0.47	-0.04	0.02	0.03	0.003	-0.002	-0.004

7. EFECTOS DE SITIO

Para el caso de la instrumentación colocada en Bogotá, los efectos de sitio hacen referencia principalmente a las amplificaciones o deamplificaciones que pueden llegar a presentarse en cada una de las estaciones de registro. Estas se caracterizan mediante las funciones de transferencia empíricas.

El procedimiento general consiste en evaluar los espectros de amplitud de Fourier en las estaciones base (sitios de roca) y en la estación de interés. Es importante tener en cuenta que los espectros se deben calcular a partir de los acelerogramas corregidos tal como se indicó en el numeral 4.1.

Una vez establecidos los espectros de amplitudes de Fourier se calculan las funciones de transferencia (cociente espectral), haciendo una división punto a punto en el dominio de la frecuencia, del espectro en superficie entre el espectro en roca para todas las estaciones de referencia.

Debido a que no existen estaciones de roca en todos los sitios de instrumentación y a que la señal de roca presenta variaciones sensibles de un sitio a otro según los pocos registros disponibles, se presentan en este informe las funciones de transferencia empíricas para cada una de las estaciones en suelo blando utilizando como base para el cálculo el registro de roca más cercano correspondiente a una de las siguientes estaciones en roca: Universidad Agraria (CUAGR), Academia de Policía de Suba (CPSUB), TV Cable (CTVCA), Colegio io Sierra Morena (CSMOR), y Escuela General Santander (CGRAL).

En la Tabla 7.1 se presentan las estaciones para las cuales existe información que permite calcular las funciones de transferencia empíricas para cada uno de los eventos que conforman la base de datos. También se indica la estación de base utilizada para el cálculo de la función de transferencia. En el presente caso se ha utilizado como base del cálculo la estación de roca más cercana que tenga registro para el mismo evento de análisis.

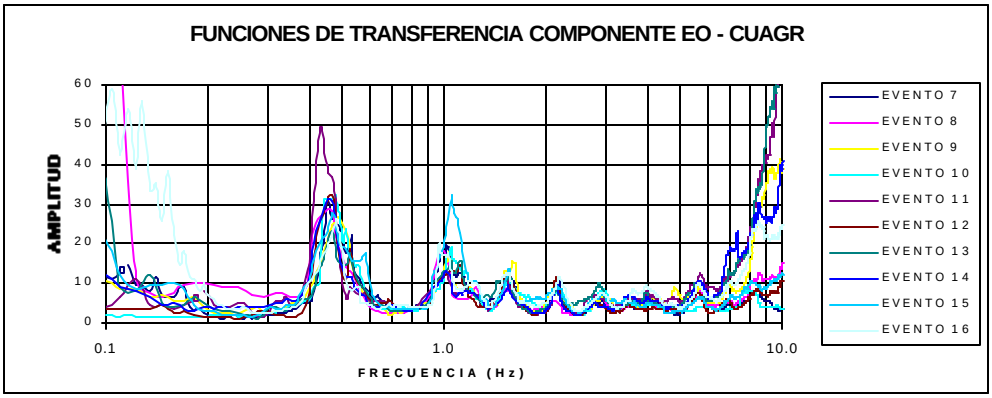
Para ilustrar las funciones de transferencia se han seleccionado las estaciones Escuela de Ingeniería (CEING), Universidad Agraria (CUAGR) y General Santander (CGRAL), para las cuales se han graficado las funciones de transferencia disponibles para las componentes horizontales únicamente. Las Figuras 7.1, 7.2 y 7.3 presentan un resumen de las funciones de transferencia disponibles hasta el momento en cada una de las estaciones mencionadas.

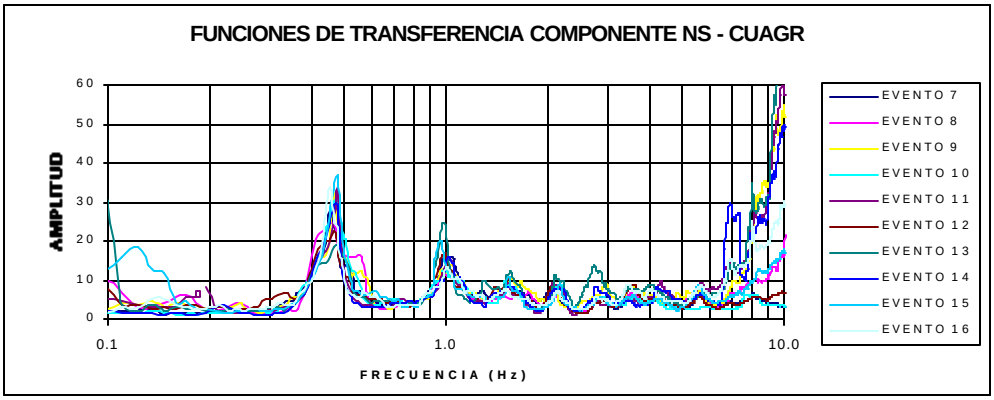
Tabla 7.1. Sitios con información para calcular funciones de trans

Evento*	Registro*	Fecha D/M/A	Hora UT	Sismo	Magnitud (ML)	Estación	Estación Base
4	4	01-Jun-99	21:42	GUAYABETAL - CUNDINA.	5.2	CEING	CBART
6	7	17-Jul-99	12:23	SATIVASUR - BOYACÁ	5.6	CEING	CPSUB
	8					CUSAL	CPSUB
	9					CCORP	CPSUB
	11					CAVIA	CPSUB
7	13	08-Nov-99	5:52	BETULIA - SANTANDER	6.5	CEING	CUAGR
	14					CEING -R	CUAGR
	15					CUSAL	CUAGR
	16					CUSAL -R	CUAGR
	17					CCORP	CTVCA
	18					CCORP -R	CTVCA
	19					CUAGR	CUAGR
	23					CFLOD	CTVCA
	24					CFLOD -R	CTVCA
	25					CAVIA	CTVCA
	26					CAVIA -R	CTVCA
	27					CFONT	CTVCA
	28					CFONT -R	CTVCA
	31					CDIOS	CBART
	32					CDIOS -R	CBART
	33					CTUNA	CBART
	34					CTUNA -R	CBART
	35					CARTI	CBART
	36					CARTI -R	CBART
	37					CVITE	CBART
	38					CGRAL	CBART
	39					CRADI	CBART
	40					CRADI -R	CBART
	41					CRADI -R	CBART
8	42	05-Feb-00	21:53	NDO B/MANGA-SANTANDER	6.0	CUAGR	CUAGR
9	44	12-Sep-00	10:55	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.9	CUAGR	CUAGR
10	46	08-Nov-00	7:01	JURADÓ - CHOCÓ	6.4	CUAGR	CUAGR
	47					CFLOD	CUAGR
11	48	24-Nov-00	19:51	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.7	CUAGR	CUAGR
12	50	17-Dic-00	6:14	NDO B/MANGA-SANTANDER	5.8	CEING	CUAGR
	51					CUAGR	CUAGR
	54					CLAGO	CTVCA
	55					CUSAQ	CPSUB
13	57	03-May-01	16:14	LOS SANTOS - SANTANDER	5.3	CUAGR	CUAGR
14	60	18-May-01	15:04	LOS SANTOS - SANTANDER	5.5	CUAGR	CUAGR
15	63	22-Sep-01	3:21	TULUA - VALLE	6.1	CUAGR	CUAGR
	64					CGRAL	CGRAL
16	65	19-Nov-01	21:01	CEPITA - SANTANDER	6.0	CEING	CUAGR
	67					CUAGR	CUAGR
	68					CGRAL	CGRAL

*Esta numeración corresponde a la misma de la Tabla 3.4.

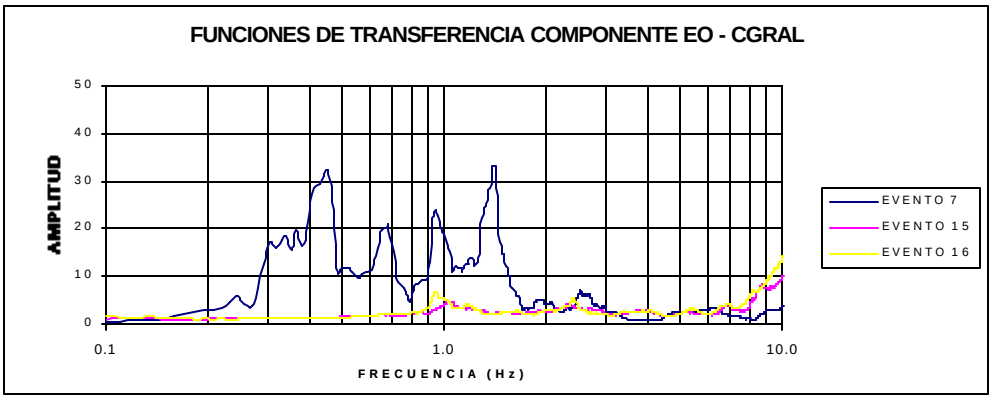
Figura 7.1. Funciones de transferencia empíricas en dirección horizontal para la

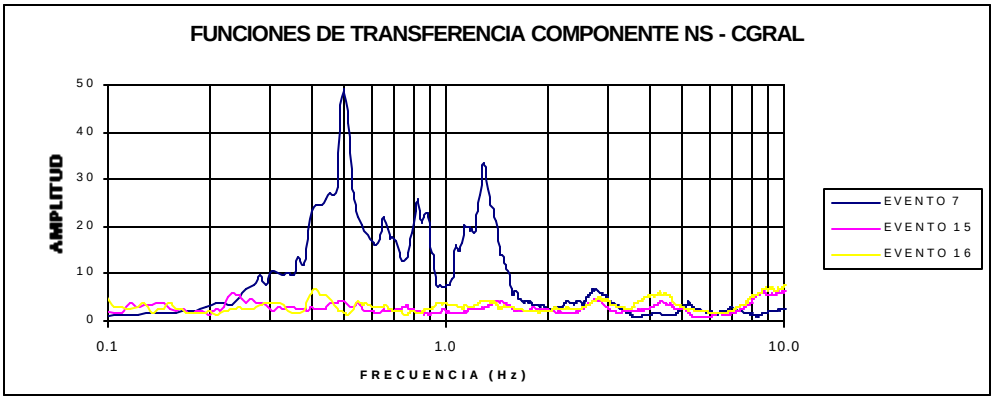




*Esta numeración corresponde a la misma de la Tabla 3.4.

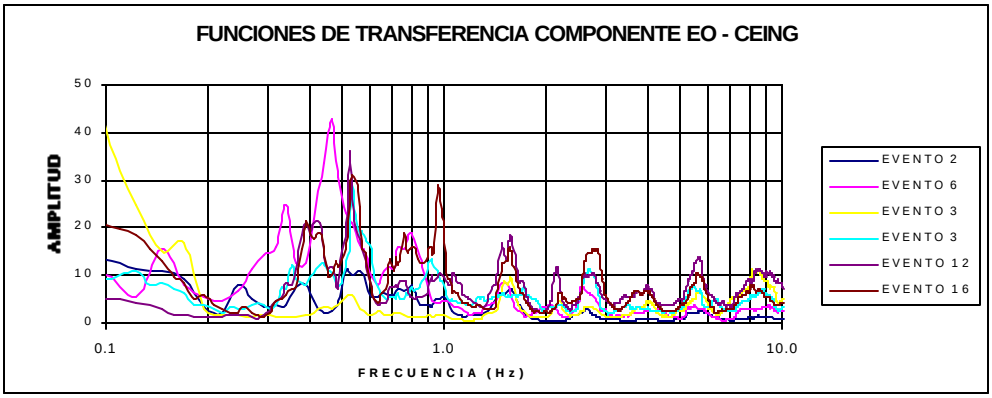
Figura 7.2. Funciones de transferencia empíricas en dirección horizontal para la

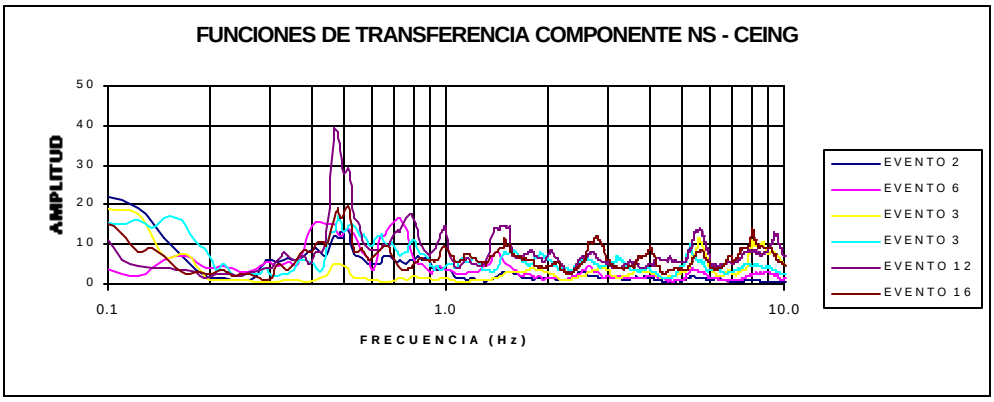




*Esta numeración corresponde a la misma de la Tabla 3.4.

Figura 7.3. Funciones de transferencia empíricas en dirección horizontal para la estación Escuela de Ingeniería.





*Esta numeración corresponde a la misma de la Tabla 3.4.

8. BASE DE DATOS Y SISTEMA DE CONSULTA EN INTERNET (SIRE)

Se presenta el esquema final del sistema de visualización en Internet con el fin de publicar los resultados del análisis propuesto, y de esta manera cumplir con la divulgación de la información y ponerla al servicio de la comunidad.

Se desarrolló un sistema de consulta de los resultados integrado al sistema SIRE montado por DPAE en Internet. Para esto se generó una base de datos donde se presentan los resultados obtenidos para cada registro de manera gráfica.

El mecanismo de consulta desarrollado tiene cuatro opciones principales:

1. CONSULTA DE EVENTOS INDIVIDUALES
2. CONSULTA DE EVENTOS COMPLETOS
3. CONSULTA DE EFECTOS DE SITIO
4. CONSULTA DEL CATÁLOGO COMPLETO
5. CONSULTA DEL INFORME FINAL DEL PROYECTO

El sistema de consulta no realiza ningún cálculo en la red ya que esto implicaría un procesamiento en tiempo de ejecución que resulta tedioso e innecesario. Es un sistema simple compuesto por un visor que utiliza una base de datos de imágenes previamente elaboradas, con formatos previamente establecidos.

Por lo tanto su actualización se hace sencilla una vez se generen los nuevos archivos esar los registros acelerográficos siguiendo la metodología planteada.

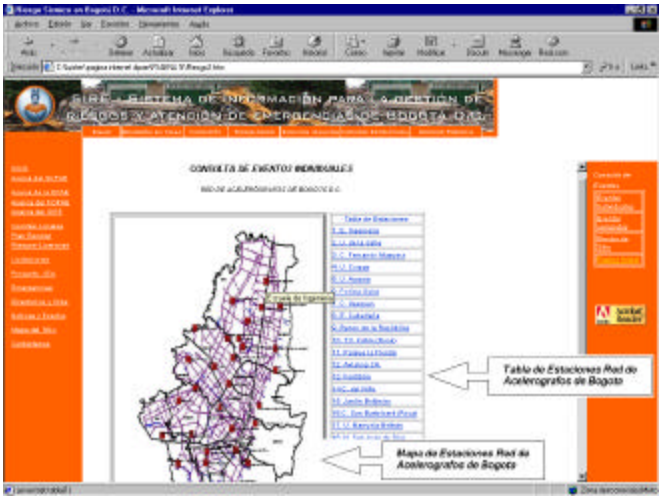
A continuación se describen las cinco opciones principales y una forma de navegación típica, no siendo esta la única forma de acceder a los registros gráficos en la base de datos.

En la Figura 8.1 se muestra la pagina principal de consulta en la cual se tiene acceso a las diferentes opciones previamente enunciadas, cada uno tiene funciones diferentes y pretende facilitar la consulta de los registros obtenidos en cada estación.

Figura 8.1 Pagina Principal sistema de consulta en Internet.

Al seleccionar en la *Barra de Navegación* principal o en el *Menú Principal* el link de "*Eventos Individuales*", aparece el mapa de ubicación de las estaciones que conforman la RAB y una tabla con los nombres de cada una como se muestra en la Figura 8.2. Esta ventana permite ubicar geográficamente o por nombre la estación que se desea consultar en la ciudad de Bogotá. Se emplea un mapa sensible, lo que hace posible que al pasar por cada uno de los puntos donde se encuentra una estación se despliegue el nombre de esta y a la vez se pueda hacer clic para consultar los eventos registrados en la estación seleccionada.

Figura 8.2 Pagina principal Consulta de Eventos Individuales.

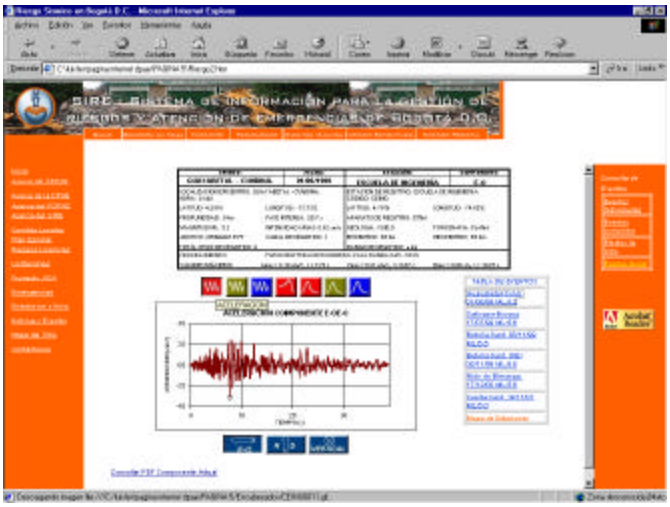


Cuando se hace clic en la estación de interés aparece la *Tabla de Eventos* que permite la consulta de los sismos que se han registrado. Se muestran las características mas importantes del evento, la fecha de ocurrencia, la magnitud y distancia al epicentro, también aparece el *Visor Principal de Eventos* el cual permite acceder a las Gráficas de aceleración, velocidad (integración numérica), desplazamiento (integración numérica), espectro de Fourier de aceleración, espectro de respuesta de aceleración, espectro de respuesta de velocidad y el espectro de respuesta de desplazamiento para cada una de las componentes principales (Este-Oeste, Norte-Sur y Vertical). Adicionalmente se tienen dos opciones que permiten descargar archivos de interés, la primera opción permite descargar un archivo con formato PDF con la información principal del evento y la estación que se consulta en ese momento además de las gráficas de aceleración, velocidad (integración numérica), desplazamiento (integración numérica), espectro de Fourier, espectro de respuesta de aceleración, espectro de respuesta de velocidad y el espectro de respuesta de desplazamiento para la componente activa en el momento de consulta. La segunda opción permite bajar un archivo en formato ASCII que contiene la información de el registro de aceleración de la componente activa en el momento de la consulta. Esto se muestra en la Figura 8.3.

Figura 8.3. Pagina principal Consulta de Eventos Individuales con la tabla de eventos registrados en la estación seleccionada.

Para visualizar alguna de las gráficas disponibles en cada evento es necesario seleccionar alguno de los links en la *Tabla de Eventos* que se registraron en la estación escogida, al hacer clic sobre alguno de los eventos aparece en el *Visor Principal de Eventos* la gráfica de aceleración en la componente Este-Oeste y una tabla con las características principales de cada evento y de la estación consultada , como se muestra en la Figura 8.4.

Figura 8.4. Pagina principal Consulta de Eventos Individuales con la tabla de eventos registrados en la estación seleccionada y visor de Gráficas.

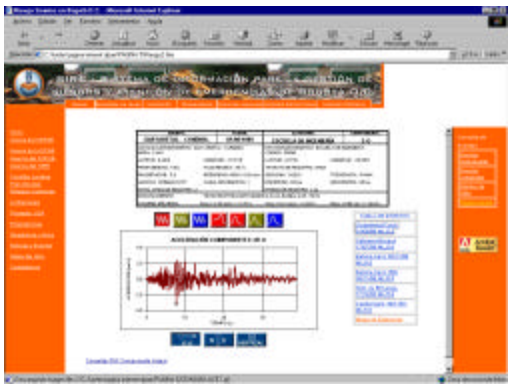


Para consultar las demás gráficas de los registros del evento seleccionado en la *Tabla de Eventos* de cada estación (velocidad (integración numérica) , desplazamiento (integraci numérica), espectro de Fourier, espectro de respuesta de aceleración, espectro de respuesta de velocidad y el espectro de respuesta de desplazamiento) es necesario hacer clic en los diferentes iconos disponibles. Al colocar el mouse sobre cada uno de estos botones se enciende un letrero que indica la gráfica que se muestra al presionar el icono . En la Figura 8.5 se describe cada uno de los iconos del visor.

Figura 8.5. Descripción Iconos Visor Principal de Eventos

En las Figuras 8.6, a, b, c, d, e, f , g, *h*, i muestra una secuencia típica de navegación en el *Eventos Individuales*" en la componente E-O.

Figuras 8.6. a, b, c, d, e, f, g, h, i. Secuencia de navegación en el visor de "Eventos



a. clic en el icono de Aceleración

b. clic en el icono de Velocidad

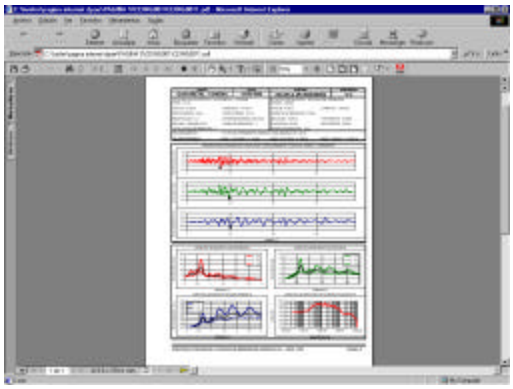
c. clic en el icono de desplazamiento

d. clic en el icono de Espectro de Fourier

e. clic en el icono de Espectro de Aceleración

f. clic en el icono de Espectro de Velocidad

g. clic en el icono de Espectro de Desplazamiento



h. clic en consultar PDF componente actual

i. clic en descargar archivo acelerograma componente actual.

La segunda opción que ofrece la pagina es consultar los mapas de los en la cual se coloca como base principal el mapa de periodos dominantes tomado de Gallego et al, 2002. El mapa tiene puntos activos en cada una de las estaciones y tiene una tabla para seleccionar el evento de interés, Una vez seleccionado el evento en la *Tabla de Eventos* al pasar el cursor sobre la estación de interés, se activa un cuadro en el que aparecen los valores de Aceleración Máxima, Desplazamiento Máximo, Velocidad Máxima y Periodo Dominante en cada una de las componentes disponibles. En la Figura 8.7 se muestra la pantalla principal con las diferentes opciones disponibles y un cuadro activado en el mapa por la posición del cursor.

(funciones de transferencia empíricas) para cada una de las estaciones. Al igual que la consulta de lo primero que aparece es un mapa sensible de la red de acelerógrafos de Bogotá que permite ubicar espacialmente la estación de interés dentro de la ciudad y a su vez tener acceso a su información. Simultáneamente aparecen opciones para el sismo de interés y la componente de análisis. Al mismo tiempo aparece en la pantalla la función de transferencia empírica correspondiente al conjunto de variables seleccionadas. En la Figura 8.8 se presenta la pantalla característica para esta opción.

Figura 8.8. Pagina principal Efectos de Sitio.

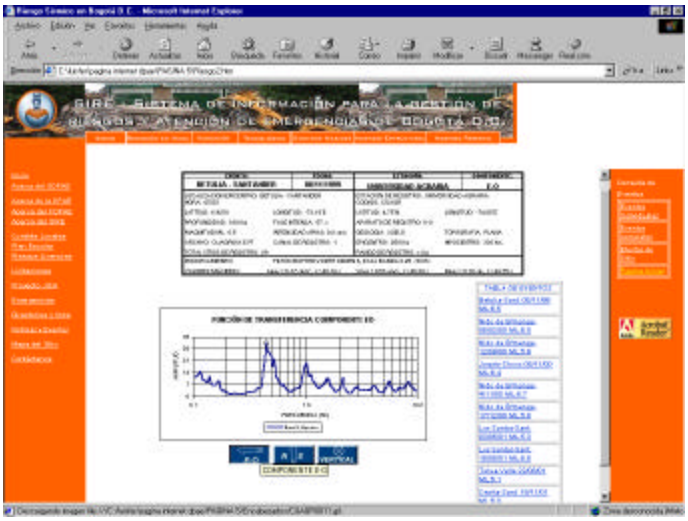


Figura 8.9. Consulta de Catálogo de Eventos Sísmicos.

La última opción que ofrece la pagina, es la consulta del del proyecto. En esta opción se puede consultar un archivo en formato PDF del informe final del proyecto "Procesamiento e Interpretación de la Información Sísmica de Bogotá D.C.". En la Figura 8.10 se presenta la pantalla característica para esta opción.

Figura 8.10. Consulta de Informe Final.

Todo el funcionamiento de las pagina esta basado en la consulta de gráficas tipo .GIF y textos, lo cual permite hacer la pagina dinámica.

A continuación se plantea la forma como se deben organizar en el disco duro del computador las gráficas y los textos para ser accesados desde la base de datos y poder visualizarlos en la página de Internet. La Tabla 8.1 presenta la organización propuesta.

Tabla 8.1. Organización de la base de datos

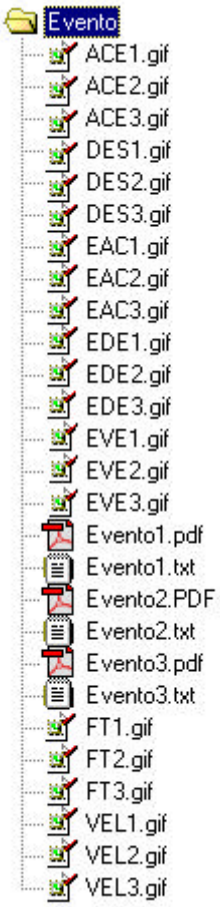
ID	Fecha	Graficas de registros y espectros		
		Est 1	.....	Est 30
Evento 1	d/m/a	Ruta Registros		
Evento 2				
Evento n				

Donde:

ID: se refiere al nombre del evento.
Fecha: la fecha cuando ocurrió el evento.
Gráficas de registros y espectros: se organiza en columnas por estación y en filas por evento y en este lugar se ubica la ruta (path) en donde se encuentran las gráficas de aceleración, velocidad, desplazamiento y los respectivos espectro, por cada evento.

Al leer todos estos datos, se puede proceder a mostrarlos en la pagina como se explico anteriormente. En la Figura 8.11 se presenta la manera de organizar el directorio (ruta de registros) donde se encuentran las gráficas para ser accesadas y luego visualizadas en la pagina.

Figura 8.11. Organización ruta de registros de las gráficas.



Donde:

Evento: Nombre del evento registrado en la estacion, (ej: Ceing001, Cbart001, debe crearse una carpeta por cada evento nuevo registrado).

ACE1.gif: Gráfica de aceleración en la componente Este-Oeste.
ACE2.gif: Gráfica de aceleración en la componente Vertical.
ACE3.gif: Gráfica de aceleración en la componente Norte-Sur.
VEL1.gif: Gráfica de velocidad en la componente Este-Oeste.
VEL2.gif: Gráfica de velocidad en la componente Vertical.
VEL3.gif: Gráfica de velocidad en la componente Norte-Sur.
DES1.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Este-Oeste.
DES2.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Vertical.
DES3.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Norte-Sur.
EAC1.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Este-Oeste.
EAC2.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Vertical.
EAC3.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Norte-Sur.
EVE1.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Este-Oeste.
EVE2.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Vertical.
EVE3.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Norte-Sur.
EDE1.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Este-Oeste.
EDE2.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Vertical.
EDE3.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Norte-Sur.
FOU1.gif: Gráfica de espectro de fourier de aceleración en la componente Este-Oeste.
FOU2.gif: Gráfica de espectro de fourier de aceleración en la componente Vertical.
FOU3.gif: Gráfica de espectro de fourier de aceleración en la componente Norte-Sur.
Evento1.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Este-Oeste.
Evento2.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Vertical.
Evento3.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Norte-Sur.
Evento1.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.
Evento2.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.
Evento3.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.

Para actualizar la pagina a medida que se registren más eventos, simplemente es necesario añadir la ruta y el nombre del nuevo evento en las matrices que se encuentran definidas en los archivos *.js que están en directorio principal de la pagina, la organización es de la forma como se explico en la tabla 8.1. en caso de solo tener registros en algunas estaciones, las casillas de las demás estaciones deben ser llenadas con "-1", para facilitar la consulta de la matriz.

Para mayor comodidad del usuario del sistema de consulta en Internet, se ha adicionado en la barra de navegación un link a un archivo PDF donde se explica el uso del sistema de consulta desarrollado.

Volumen Especial – Sismo del Quindío – Enero 25 de 1999.

INGEOMINAS, Universidad de Los Andes. 1997 Microzonificación sísmica de Santa Fe eominas.

APÉNDICE 1. MÉTODO ALTERNATIVO DE INTEGRACIÓN

Con respecto al documento:

Informe No. 2 del proyecto
"Procesamiento e interpretación de la información sísmica de Bogotá, D.C."

Preparado por:

Camilo Vejarano y
Alfredo Restrepo

Laboratorio de Señales

Bogotá, Mayo 28 de 2002.

Copyright por Camilo Vejarano y Alfredo Restrepo, 2002.

Descripción de un método alternativo de integración: Integración en el dominio de la frecuencia.

Objetivo:
A partir de una señal de aceleración muestreada a una tasa lo suficientemente alta, se desea obtener el desplazamiento correspondiente utilizando técnicas de integración en el dominio de la frecuencia.

Descripción:

En el caso de señales continuas, para obtener el desplazamiento a partir de la aceleración se integra dos veces la aceleración es la segunda derivada del desplazamiento ; para señales discretas tradicionalmente se emplean aproximaciones del caso continuo (como la regla trapezoidal).

Se sabe que para señales continuas la integración en el dominio del tiempo equivale a dividir su transformada de Fourier (CTFT) entre jÙ, entonces la propuesta de integrar una señal discreta en el dominio de la frecuencia es refrasear esta operación en términos de la DTFT y finalmente de la DFT para el caso de las señales que se consideran en este trabajo (señales discretas de longitud finita).

Si Ù es la frecuencia en la CTFT y ù la frecuencia en la DTFT, se tiene la siguiente relación dada una tasa de muestreo 1/T:

$$Ù = \frac{ù}{T}$$

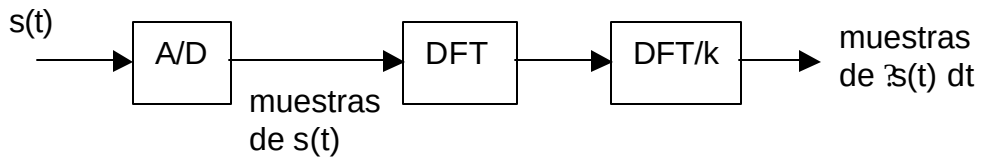
La DTFT contiene toda la información necesaria si la tasa de muestreo es lo suficientemente alta. Además, si k es el índice (frecuencia) en la DFT, para señales discretas de longitud finita:

$$ù = \frac{2ðk}{N}$$

donde N es la longitud de la DFT, con lo cual:

$$Ù = \frac{2ðk}{NT}$$

Entonces, para una tasa de muestreo adecuada, esta equivalencia entre Ù y k se puede utilizar para integrar señales discretas de longitud finita obteniendo su DFT y luego dividiendo entre j2ðk/NT.



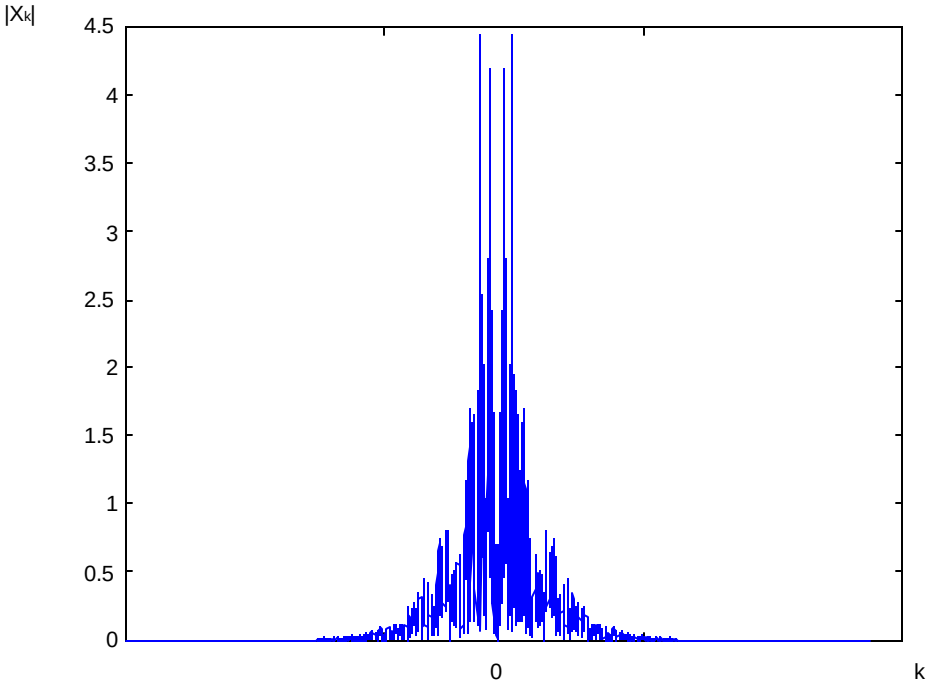
Esta técnica tiene un problema de división entre cero para el índice k=0, sin embargo se considera que los movimientos sísmicos no producen deformaciones permanentes, es decir que la posición final de los objetos es igual a su posición inicial. Esto implica que las idad y aceleración tienen media cero, por tanto el componente k=0 de la DFT de dichas señales debe ser nulo y así se evita el problema de división entre cero.
Se desarrolló en Matlab una rutina que dada una señal discreta y el periodo de muestreo correspondiente, la integra. El algoritmo contempla la anulación de la componente D.C. de la señal, que es el equivalente en frecuencia de la corrección de línea de base.

Resultados y comentarios:

- El método de integración en frecuencia sólo es válido para señales con integral nula (que equivale a media o nivel D.C. cero). Se aplica bajo el supuesto de que las señales sísmicas de aceleración, velocidad y desplazamiento cumplen con esta condición y de ser necesario se corrigen para que la cumplan – corrección de línea de base, poner la media en cero.

- Al observar la DFT de las señales sísmicas de aceleración, se puede notar que casi toda la información está en componentes de baja frecuencia relativas a la tasa de muestreo y que por tanto la tasa de muestreo (típicamente 200 muestras/segundo) parece ser suficientemente alta (Fig. 1).

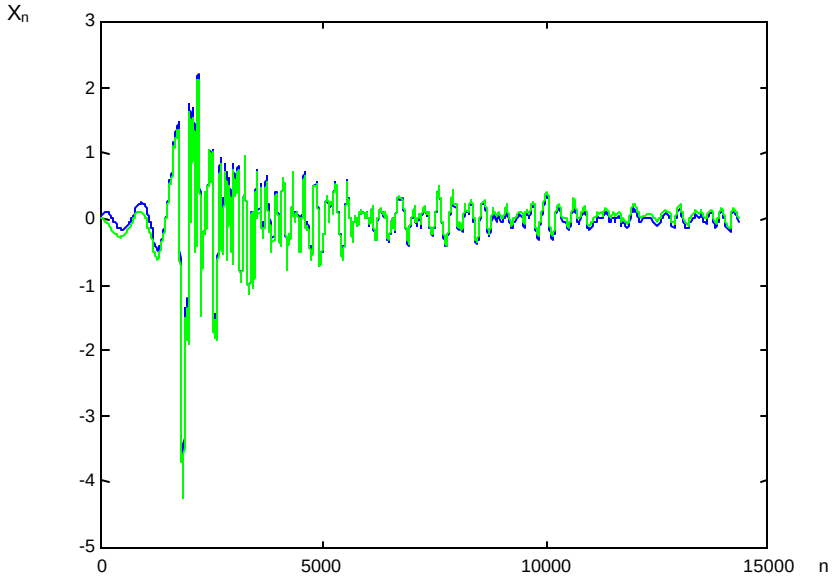
Fig. 1: DFT(señal de aceleración)



- Se empleó el método de integración en el dominio de la frecuencia con las series de datos CARME y CSNBAR con las señales de aceleración originales y también filtrando las frecuencias bajas (por debajo de 0.25 Hz) que contienen información distorsionada por la respuesta en frecuencia de los acelerómetros.

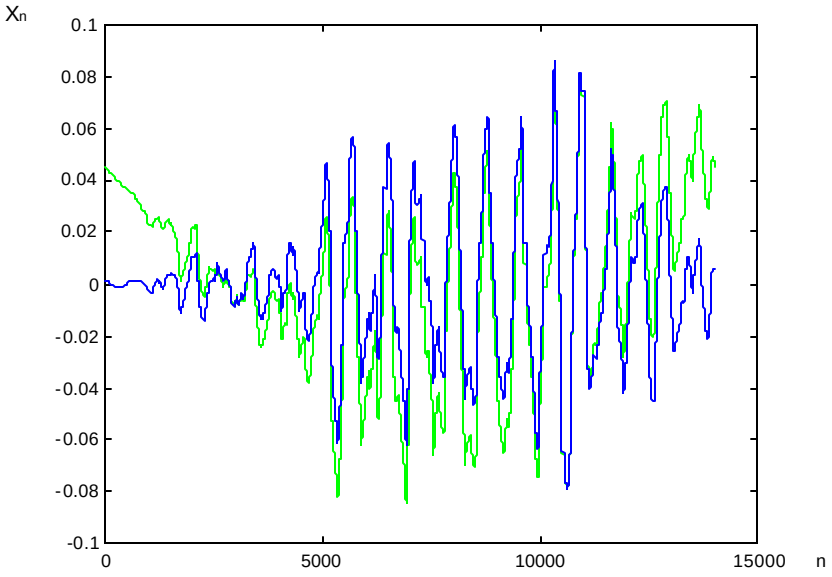
  Al trabajar con los datos originales se obtienen en algunos casos resultados satisfactorios pero en otros definitivamente no (Fig. 2 y 3), en general se pudo observar que se preservaban bastante bien la posición de los picos máximos y mínimos pero sus valores podían variar sustancialmente.

Fig. 2: Desplazamiento original (azul) y calculado (verde) para la serie CARME1 sin filtrado – para esta serie el método funciona relativamente bien



.

Fig. 3: Desplazamiento original (azul) y calculado (verde) para la serie CSNBAR3 sin filtrado – para esta serie el resultado no es tan bueno.



El filtrar las componentes de baja frecuencia produce resultados más similares a los de referencia como se aprecia en las figuras 4 y 5. El proceso de filtrado también se

en el dominio de la frecuencia suprimiendo las componentes de la DFT para frecuencias menores que alguna frecuencia de corte.

Fig. 4: Desplazamiento original (arriba) y calculado (abajo) para la serie CARME2 con filtrado – La diferencia es muy pequeña (de órdenes de 0.01cm).

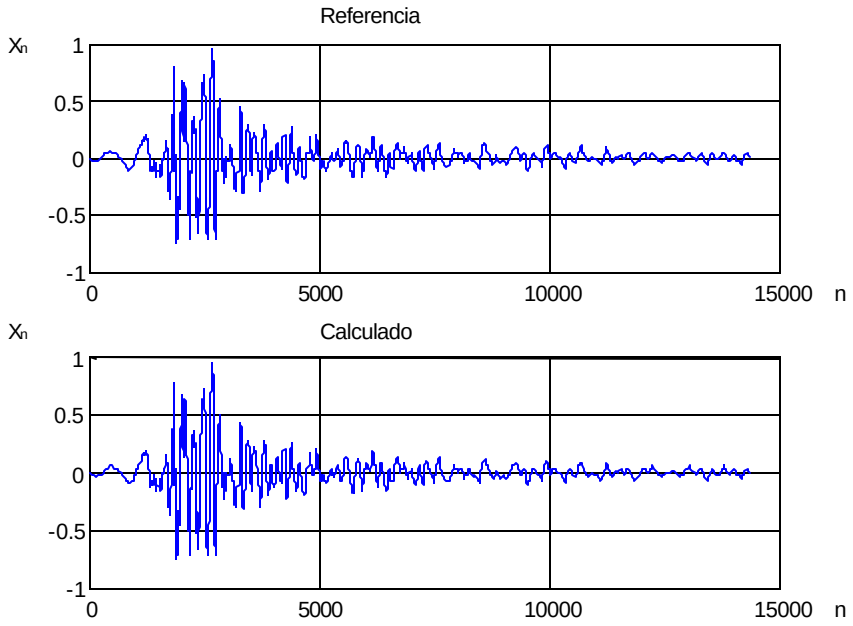
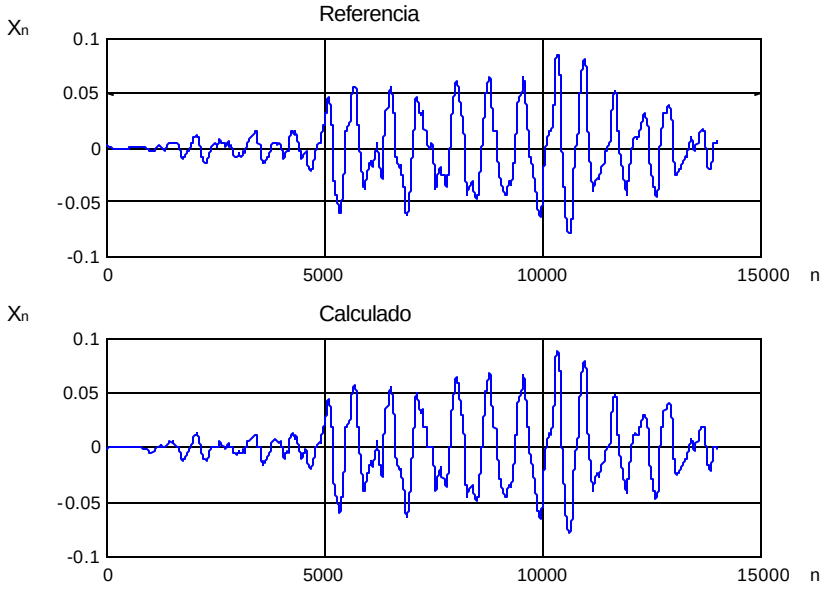
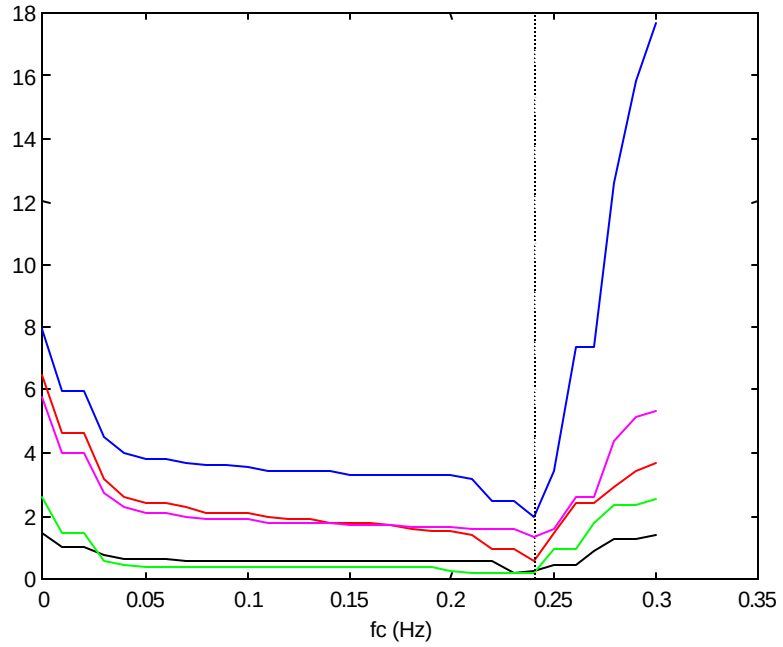


Fig. 5: Desplazamiento original (arriba) y calculado (abajo) para la serie CSNBAR3 con filtrado – Comparar con la figura 3.



- Adicionalmente se varió esta frecuencia de corte pasa-altas y se registró la suma de las diferencias al cuadrado entre las señales de desplazamiento obtenidas y el desplazamiento de referencia para todas las series de datos, consistentemente se obtuvo un mínimo para frecuencia de corte entre 0.23 y 0.24 Hz. Hay que aclarar que este valor no es exactamente el correspondiente a una frecuencia de corte de -3dB de un filtro digital pues el procedimiento de "filtrado" se ha hecho suprimiendo directamente componentes de baja frecuencia en la transformada discreta de Fourier de la señal, en este caso dejando las componentes correspondientes a 0.25 Hz y superiores. También se -bajas en la DFT eliminando las componentes correspondientes a frecuencias superiores a 50Hz, aunque este no resultó significativo.

Fig. 6: Suma de diferencias al cuadrado para las distintas series de datos de desplazamiento de referencia vs. calculado al variar la frecuencia de corte del filtro pasa altas (fc) – El mínimo está aproximadamente en 0.24 Hz y de ahí en adelante crece relativamente rápido.



En la siguiente tabla se resumen los valores máximos (en valor absoluto) obtenidos con los datos de referencia, el método empleado en el dominio del tiempo y el método de frecuencia filtrando componentes por encima de 50Hz y debajo de 0.25Hz.

COMPONENTE NORTE-SUR						
Variable de comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**			**Estación CBART (R=184 Km)**		
	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)
A_{max} (cm/s²)	518.38	520.19	518.22	1.57	1.72	1.58
Tiempo A_{max} (s)	9.72	9.72	9.72	29.82	29.86	29.82
Vel_{max} (cm/s)	26.91	27.24	26.94	0.22	0.22	0.23
Tiempo V_{max} (s)	9.82	9.35	9.82	47.48	47.46	47.47
Des_{max} (cm)	4.09	4.14	4.09	0.08	0.06	0.08
Tiempo D_{max} (s)	9.20	9.20	9.21	64.49	63.17	64.48

COMPONENTE VERTICAL						
Variable de comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**			**Estación CBART (R=184 Km)**		
	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)
A_{max} (cm/s²)	448.19	454.98	448.15	1.57	1.72	1.58
Tiempo A_{max} (s)	10.01	10.00	10.01	29.82	29.86	29.82
Vel_{max} (cm/s)	11.56	12.00	11.58	0.22	0.22	0.23
Tiempo V_{max} (s)	9.36	9.35	9.36	47.48	47.46	47.47
Des_{max} (cm)	0.96	0.97	0.96	0.08	0.06	0.08
Tiempo D_{max} (s)	13.20	13.20	13.20	64.49	63.17	64.48

COMPONENTE ESTE-OESTE						
Variable de comparación	**Estación CARME (R=13 Km)**			**Estación CBART (R=184 Km)**		
	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)	Datos de referencia	Método empleado	Alterno propuesto (frec.)
A_{max} (cm/s²)	580.10	577.76	580.11	1.17	1.30	1.17
Tiempo A_{max} (s)	9.84	9.83	9.84	31.92	31.91	31.92
Vel_{max} (cm/s)	25.61	25.05	25.62	0.23	0.22	0.23
Tiempo V_{max} (s)	9.10	9.10	9.10	52.03	55.08	52.03
Des_{max} (cm)	2.90	2.88	2.90	0.09	0.08	0.09
Tiempo D_{max} (s)	11.77	11.76	11.77	51.65	54.66	51.64

Conclusiones:

Se comprobó la importancia de filtrar las componentes de baja frecuencia que contienen información distorsionada por la respuesta en frecuencia de los acelerómetros.

Se validó la frecuencia de corte del filtro pasa-altas en 0.24-0.25Hz en el sentido de que logra la mínima diferencia en las señales de desplazamiento obtenidas respecto a los datos originales.

Con el método alterno propuesto se obtuvieron resultados muy similares tanto a los datos originales como a los conseguidos con el método empleado en el informe *señales individuales y reporte de resultados - Procesamiento e interpretación de la información sísmica de Bogotá D.C.* confirmando así la validez de éste último.

Referencias:

[1] Informe No. 2 del proyecto "Procesamiento e interpretación de la información sísmica

APÉNDICE 3. PROCEDIMIENTO DE ACTUALIZACIÓN DEL CATÁLOGO

Para actualizar el catálogo de información sísmica y sistema de información de Internet es necesario llevar a cabo varias actividades que son la interpretación, el procesamiento, la generación de figuras y archivos tanto para el catálogo de eventos sísmicos como para el sistema de información en Internet, así como la actualización del código de dicho sistema

La primera actividad es la interpretación de la información. Como se explicó en el capítulo 4, es necesario interpretar los archivos binarios de registro de cada una de las estaciones donde haya sido registrado el nuevo evento. Una vez transformados los archivos binarios EVT a archivos ASCII (empleando el programa **Kw2cnts.exe** de Kinemetrics), se procede a la interpretación de cada una de las componentes de registro en todas las estaciones con información.

Una vez se interpretan las señales, se adelanta el procesamiento de las mismas. Para esto se debe seguir el procedimiento y metodología presentados en el capítulo 4, con el objeto de encontrar el acelerograma corregido y a partir de este calcular los registros de velocidad y desplazamiento contra el tiempo, los espectros de respuesta de aceleración, velocidad y desplazamiento para coeficientes de amortiguamiento de 2%, 5% y 10% con respecto al crítico, y el espectro de amplitudes de Fourier de aceleración.

Una vez procesados todos los registros, se debe emplear el formato base de resultados por componente desarrollado para el catálogo sísmico que está en el archivo de Excel **BaseFigurasInfoDPAEfinal.xls** o cualquiera de los archivos de Excel correspondientes a eventos ya incluidos que estén en la carpeta . Este formato se debe completar para cada una de las componentes de cada uno de los registros obtenidos para un evento particular.

Los resultados de la interpretación deben copiarse en sitios específicos dentro del formato para que así se genere de manera semiautomática la página del catálogo. En las celdas W94 y X94 se deben incluir los valores de aceleración, en las celdas AC94 y AD94 los de velocidad y en las celdas AI94 y AJ94 los de desplazamiento. Adicionalmente en las celdas AO94 a BF94 se deben escribir los resultados para los espectros de aceleración, velocidad y desplazamiento para los niveles de amortiguamiento de 2%, 5% y 10% con respecto al crítico. Por último se deben incluir los datos del espectro de Amplitudes de Fourier de aceleración en las celdas BG94 y BH94. También es importante tener en cuenta los colores que se deben usar para las figuras, ya que el sistema de información en Internet tiene diferentes colores según los resultados correspondan a la componente, Este-Oeste, Vertical o Norte-Sur.

Una vez se complete el catálogo para una componente dada se deberá utilizar la misma nomenclatura de nombres utilizada en el proyecto con el fin de mantener la uniformidad en el sistema de información para Internet. Dicha nomenclatura requiere que se genere un directorio con el nombre de la estación de registro (5 letras) y el número consecutivo del

evento con 3 dígitos. Este nombre es, en general, el mismo del archivo EVT original. En los casos especiales cuando 2 archivos EVT conforman un solo evento el nombre final será el nombre de la estación y los números consecutivos de los dos archivos. Un ejemplo de esto es el evento CGRAL001_2 de noviembre 11 de 1999. Adicionalmente, en el caso de estaciones con 6 canales de registro, se debe separar el registro en 3 canales en superficie y 3 canales en profundidad de roca (Down Hole), por ejemplo en el evento registrado en la estación Universidad Agraria el 17 de diciembre de 2000 se crearon los directorios CUAGR006 y CUAGR006-DH. Existen casos donde se presentan las dos particularidades anteriores, un ejemplo es el evento de septiembre 22 de 2001 registrado en la estación General Santander donde se tienen las carpetas CGRAL005_6 y CGRAL005_6-DH. El nombre del archivo de resultados será el mismo del archivo original EVT adicionándole al final el número del canal de registro (1 para Este-Oeste, 2 para Vertical y 3 para Norte-Sur).

En cada uno de los directorios se deben incluir los archivos PDF que completan el catálogo de eventos, teniendo especial atención en la numeración de las páginas según la fecha de ocurrencia de los eventos. Dichos archivos PDF se generan a partir del archivo Excel de resultados de cada componente de registro. También se deben incluir los archivos gráficos de resultados para el sistema de información de Internet en formato GIF que se generan a partir de ese mismo archivo de Excel con tamaño (ancho x alto) de 400 x 200 pixeles.

De igual manera se deberá crear el encabezado de cada componente a partir de dicho archivo de resultados, generando una figura en formato GIF de tamaño 480 x 139 pixeles, que se deberá guardar en el directorio **Encabezados** con el nombre del archivo EVT original complementado por el canal de registro y teniendo en cuenta los casos especiales para registros de 6 componentes o cuando dos archivos EVT conforman un mismo evento. Algunos ejemplos son: CTVCA0031.gif, CUAGR001-DH1.gif y CGRAL005_6-DH1.gif.

En todos los casos todos los archivos que conforman un mismo evento deben llevar los mismos nombres tal como se explicó en el capítulo 8, y se repite a continuación:

ACE1.gif: Gráfica de aceleración en la componente Este-Oeste.
ACE2.gif: Gráfica de aceleración en la componente Vertical.
ACE3.gif: Gráfica de aceleración en la componente Norte-Sur.
VEL1.gif: Gráfica de velocidad en la componente Este-Oeste.
VEL2.gif: Gráfica de velocidad en la componente Vertical.
VEL3.gif: Gráfica de velocidad en la componente Norte-Sur.
DES1.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Este-Oeste.
DES2.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Vertical.
DES3.gif: Gráfica de desplazamiento en la componente Norte-Sur.
EAC1.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Este-Oeste.
EAC2.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Vertical.
EAC3.gif: Gráfica de espectro de aceleración en la componente Norte-Sur.
EVE1.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Este-Oeste.
EVE2.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Vertical.

EVE3.gif: Gráfica de espectro de velocidad en la componente Norte-Sur.
EDE1.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Este-Oeste.
EDE2.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Vertical.
EDE3.gif: Gráfica de espectro de desplazamiento en la componente Norte-Sur.
FOU1.gif: Gráfica de espectro de Fourier de aceleración en la componente Este-Oeste.
FOU2.gif: Gráfica de espectro de Fourier de aceleración en la componente Vertical.
FOU3.gif: Gráfica de espectro de Fourier de aceleración en la componente Norte-Sur.
Evento1.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Este-Oeste.
Evento2.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Vertical.
Evento3.ace: Archivo texto con el acelerograma en la componente Norte-Sur.
Evento1.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.
Evento2.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.
Evento3.pdf: Archivo pdf con la información en la componente Este-Oeste.

Una vez se han generado todos los archivos necesarios para cada nuevo evento, se procede a actualizar el código del sistema de información de Internet. Se debe actualizar el código en tres partes, en lo referente a la consulta de archivos individuales, en el esquema de archivos completos y en la consulta de efectos de sitio.

En el caso de eventos individuales primero se debe entrar al archivo **eventos.js** y actualizar la variable **numEventos** la cual define la segunda dimensión de la matriz **tablas** igual al número total de eventos incluyendo los eventos nuevos. Una vez se aumenta la dimensión se deben adicionar las líneas correspondientes a cada uno de los eventos adicionados en todas las 30 estaciones de registro, el nombre del evento y la información básica de ubicación, magnitud ML y fecha de ocurrencia se debe incluir en el arreglo **eventos** conservando el formato existente. Cuando un evento no se ha registrado en una estación dada, el valor del arreglo **estXX** (donde XX es el número de la estación), en dicha posición deberá ser la cadena de caracteres " 1", en caso contrario el valor será el nombre del directorio dentro de **Catálogo**, donde se encuentran los archivos de resultados interpretados para dicho evento en dicha estación. En algunas estaciones (Colegio Fernando Mazuera, Escuela de Caballería, Banco de la Republica, Centro de Est. Del Niño, Jardín Botánico, U. Manuela Beltrán, Citec, Club del Tiempo, Parque Timiza, Bomberos la Marichuela, Col. Sierra Morena), no se han registrado eventos por lo que la casilla inicial en el arreglo **estXX** correspondiente tiene como valor la cadena "-2", esto para evitar la lectura de la matriz. Cuando se tiene al menos un evento, dicho valor de "-2" debe cambiarse por "-1" y añadir al final los eventos nuevos.

Una vez actualizado el archivo **eventos.js** se guardan los cambios y ya deberá quedar actualizada la sección de Eventos Completos, el procedimiento explicado anteriormente debe ser realizado de la misma manera en el archivo **sitio.js,** el cual maneja la parte de efectos de sitio.

En el caso de los Eventos Completos la actualización del código es un poco más compleja. El procedimiento inicial es similar al anterior, en el archivo **coolmenus4.js** ubicado en la

carpeta **eventoscompletos** se encuentra la matriz principal con la información de periodos fundamentales del suelo, velocidad máxima, aceleración máxima y desplazamiento máximo registrados en cada estación en cada una de sus componentes. La matriz esta organizada por estaciones y cada estación tiene columnas para ubicar los datos mencionados. Los nombres de las columnas (arreglos) que contienen esta información se clasifican de la siguiente forma en el caso de la estación 1.

est1AEO: Información estación 1 aceleración máxima componente Este-Oeste.
est1AVE: Información estación 1 aceleración máxima componente Vertical.
est1ANS: Información estación 1 aceleración máxima componente Norte-Sur.
est1VEO: Información estación 1 velocidad máxima componente Este-Oeste.
est1VVE: Información estación 1 velocidad máxima componente Vertical.
est1VNS: Información estación 1 velocidad máxima componente Norte-Sur.
est1DEO: Información estación 1 desplazamiento máximo componente Este-Oeste.
est1DVE: Información estación 1 desplazamiento máximo componente vertical.
est1DNS: Información estación 1 desplazamiento máximo componente Norte-Sur.
est1PEO: Información estación 1 Periodo Fundamental Suelo componente Este-Oeste.
est1PVE: Información estación 1 Periodo Fundamental Suelo componente Vertical.
est1PNS: Información estación 1 Periodo Fundamental Suelo componente Norte-Sur.

Para su actualización es necesario llenar las casillas de las 30 estaciones con la información previamente descrita, en el caso en que no se tenga la información especifica para una la casilla con la cadena "N.D." (no disponible), a la vez se debe aumentar la variable **numEventos** en la cantidad de eventos (filas) agregados a la matriz de datos, también se debe modificar el arreglo **evento** añadiendo el nombre del evento y la información básica de ubicación, magnitud ML y fecha de ocurrencia.

En la visualización de los eventos completos se utilizó una herramienta llamada cool menus, la cual permite ubicarse en la estación deseada y desplegar toda la información descrita anteriormente, para esto en el caso de un nuevo evento se debe crear una pagina nueva htm, la cual permita visualizar el nuevo evento, la forma más fácil de crear una nueva pagina es copiando una existente y renombrándola de forma consecutiva, hasta el momento existen 18 paginas para eventos completos para un próximo evento se debería crear la pagina **EventosCompletos19.htm** y debe ser guardada en la carpeta **eventoscompletos**.

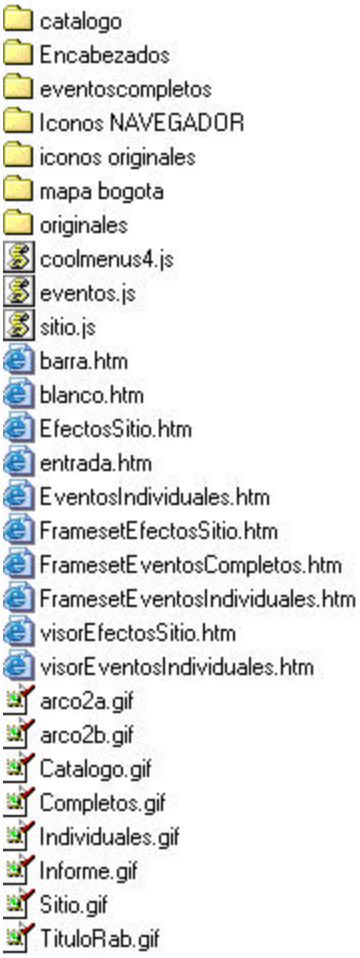
Cuando se cree la nueva página es necesario cambiar algunas cosas en el código, principalmente en el **BODY**. Lo primero que se debe hacer es cambiar en el script que escribe en el titulo de la pagina el nombre del evento nuevo (ej: *Betulia-Sant. (RE) 08/11/99 ML:6.5)*, para esto en el lugar donde se llame la siguiente función: **document.write(evento[8])** se debe cambiar el número que aparece entre corchetes por el número del evento menos uno, es decir si se añade el evento 19 en el corchete debe cambiarse el número que esta previamente definido por el 18. A continuación se debe cambiar el código que define los cool menus, para esto en los lugares en que se llame la

matriz **datosMaximos[][]** se debe cambiar el número que aparece en el segundo corchete por el mismo número que se definió anteriormente.

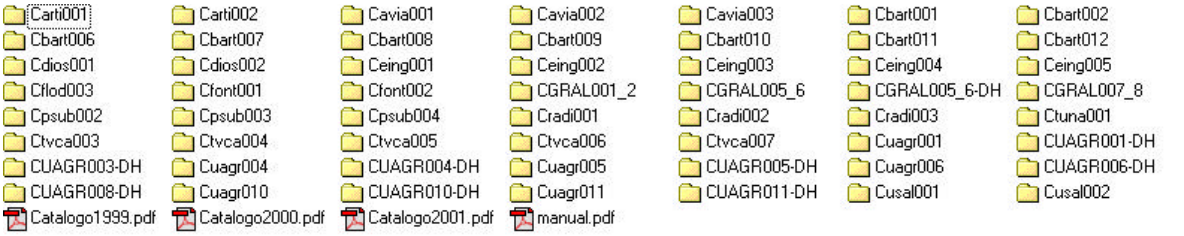
La tabla de eventos es creada dinámicamente por una función que sólo requiere que el arreglo de eventos tenga la información correcta y la variable **numEventos** tenga el número correcto de eventos. Esta función crea los Href automáticamente, por lo cual es importante la numeración consecutiva de las páginas.

La ubicación de los archivos debe ser estricta debido a que el código que define la página está previamente establecido y la modificación de éste podría acarrear problemas en la

El directorio principal debe estar definido de la siguiente forma:

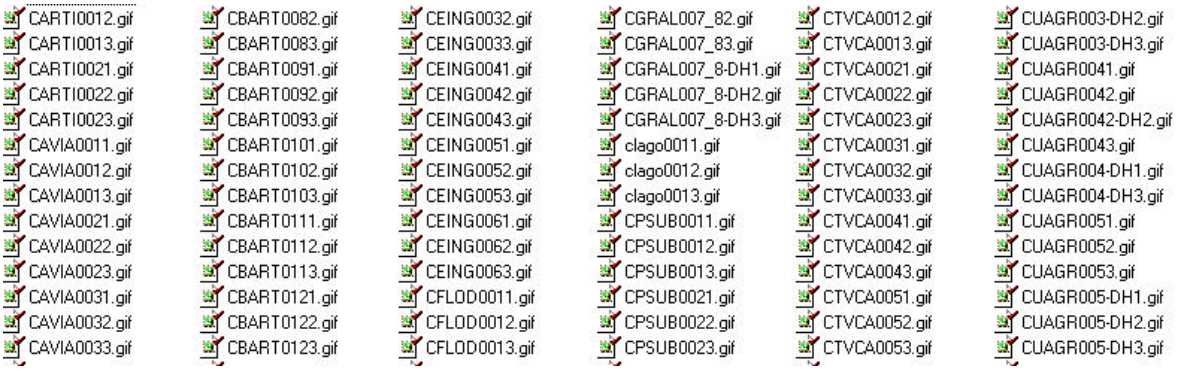


La carpeta **catalogo** contiene todas las carpetas con los eventos registrados, también tiene los catálogos de los años 1999, 2000 y 2001 y el manual de ayuda para el usuario de la página de Internet en formato PDF.



Cada carpeta contiene los siguientes archivos:

En la carpeta Encabezados se encuentran todos los archivos .GIF de los encabezados que aparecen en eventos individuales y efectos de sitio con la información principal de cada evento y la estación correspondiente.



En la carpeta **eventoscompletos** se encuentran todas las páginas htm de eventos completos (19 en total, 18 eventos y la de inicio), el archivo **coolmenus4.js** con el código necesario para ejecutar correctamente la página, y los archivos **eventos completos.gif** y **MapasDPAEFinalP.jpg** que contiene el mapa de ubicación de estaciones RAB con periodos dominantes teóricos del suelo en sentido horizontal.

En la carpeta **Iconos NAVEGADOR**, se encuentran todos los archivos gráficos que componen los botones de navegación de los visores de efectos de sitio y eventos completos.

Consulta.gif	Consulta1.gif	Consultab.gif	eventos completos.gif	inicio.gif
inicio2.gif	MapaEventos.gif	tabla.gif	tabla2.gif	icono ace press.jpg
icono ace.jpg	icono desp press.jpg	icono desp.jpg	icono EO press.jpg	icono EO.jpg
icono esp ace press.jpg	icono esp ace.jpg	icono esp desp press.jpg	icono esp desp.jpg	icono esp vel press.jpg
icono esp vel.jpg	icono fourier press.jpg	icono fourier.jpg	icono NS press.jpg	icono NS.jpg
icono vel press.jpg	icono vel.jpg	icono vertical press.jpg	icono vertical press2.jpg	icono vertical press3.jpg
icono vertical.jpg	inicio.jpg	inicio2.jpg		

En la carpeta **iconos originales** se encuentran las figuras originales (sin efectos especiales) de los botones de navegación de los diferentes visores.

En la carpeta **mapa bogota** se encuentra los mapas que sirven como base para las diferentes consultas de la red de acelerógrafos de Bogota.

En la carpeta **originales** se encuentran todos los archivos EVT de los registros procesados, que también pueden ser bajados en la página en la sección de registros individuales.

CARTI001.evt	CARTI002.evt	Cavia001.evt	CAVIA002.evt	CAVIA003.evt	Cbart001.evt
Cbart002.evt	Cbart003.evt	Cbart004.evt	Cbart005.evt	Cbart006.evt	Cbart007.evt
Cbart008.evt	Cbart009.evt	cbart010.evt	Cbart011.evt	cbart012.evt	Ccorp001.evt
CCORP002.evt	CCORP003.evt	CDIOS001.evt	CDIOS002.evt	Ceing001.evt	ceing002.evt
CEING003.evt	CEING004.evt	Ceing005.evt	CEING006.evt	CFLOD001.evt	CFLOD002.evt
Cflod003.evt	CFONT001.evt	CFONT002.evt	CGRAL001.evt	CGRAL002.evt	Cgral005.evt
Cgral006.evt	Cgral007.evt	Cgral008.evt	clago001.evt	Cpsub001.evt	CPSUB002.evt
Cpsub003.evt	cpsub004.evt	CRADI001.evt	CRADI002.evt	CRADI003.evt	CTUNA001.evt
CTUNA002.evt	CTVCA001.evt	CTVCA002.evt	Ctvca003.evt	Ctvca004.evt	Ctvca005.evt
Ctvca006.evt	CTVCA007.evt	CUAGR001.evt	Cuagr002.evt	Cuagr003.evt	Cuagr004.evt
Cuagr005.evt	Cuagr006.evt	Cuagr007.evt	Cuagr008.evt	cuagr009.evt	cuagr010.evt
cuagr011.evt	Cusal001.evt	CUSAL002.evt	CUSAL003.evt	Cusaq001.evt	CVITE001.evt

El archivo **coolmenus4.js** ubicado en el directorio principal, contiene el código necesario para ejecutar los cool menus de la barra de navegación principal.

El archivo **eventos.js**, contiene el código necesario para ejecutar las funciones del visor de eventos individuales.

El archivo **sitio.js**, contiene el código necesario para ejecutar las funciones del visor de efectos de Sitio.

El archivo **Barra.htm** contiene la barra de navegación principal de la pagina.

El archivo **EfectosSitio.htm** contiene la pagina principal de efectos de sitio la cual contiene el mapa y las tablas con las estaciones RAB.

El archivo **entrada.htm** contiene la pagina principal con links a las diferentes opciones de la pagina y una pequeña explicación sobre cada una de estas. Esta es la página inicial del sistema de consulta y es la página a la cual deben hacer referencia los links externos para ingresar al sistema de consulta.

El archivo **EventosIndividuales.htm** contiene la página principal de eventos Individuales la cual contiene el mapa y las tablas con las estaciones RAB.

El archivo **FramesetEfectosSitio.htm** contiene un grupo de frames que agrupan las páginas necesarias para realizar la navegación en efectos de sitio.

El archivo **FramesetEventosCompletos.htm** contiene un grupo de frames que agrupan las páginas necesarias para realizar la navegación en Eventos Completos.

El archivo **FramesetEventosIndividuales.htm** contiene un grupo de frames que agrupan las páginas necesarias para realizar la navegación en Eventos Individuales.

Los Archivos **visorEfectosSitio.htm**, **visorEventosIndividuales.htm**, contienen los visores para poder consultar las funciones de transferencia y las gráficas de aceleración, velocidad, desplazamiento contra el tiempo y los diferentes espectros de respuesta.

Los archivos **arco2a.gif**, **arco2b.gif**, **Catalogo.gif**, **Completos.gif**, **Individuales.gif**, **Informe.gif**, **Sitio.gif**, **TituloRab.gif**, contienen las figuras necesarias para crear el menú principal de la página de entrada al sistema de información.