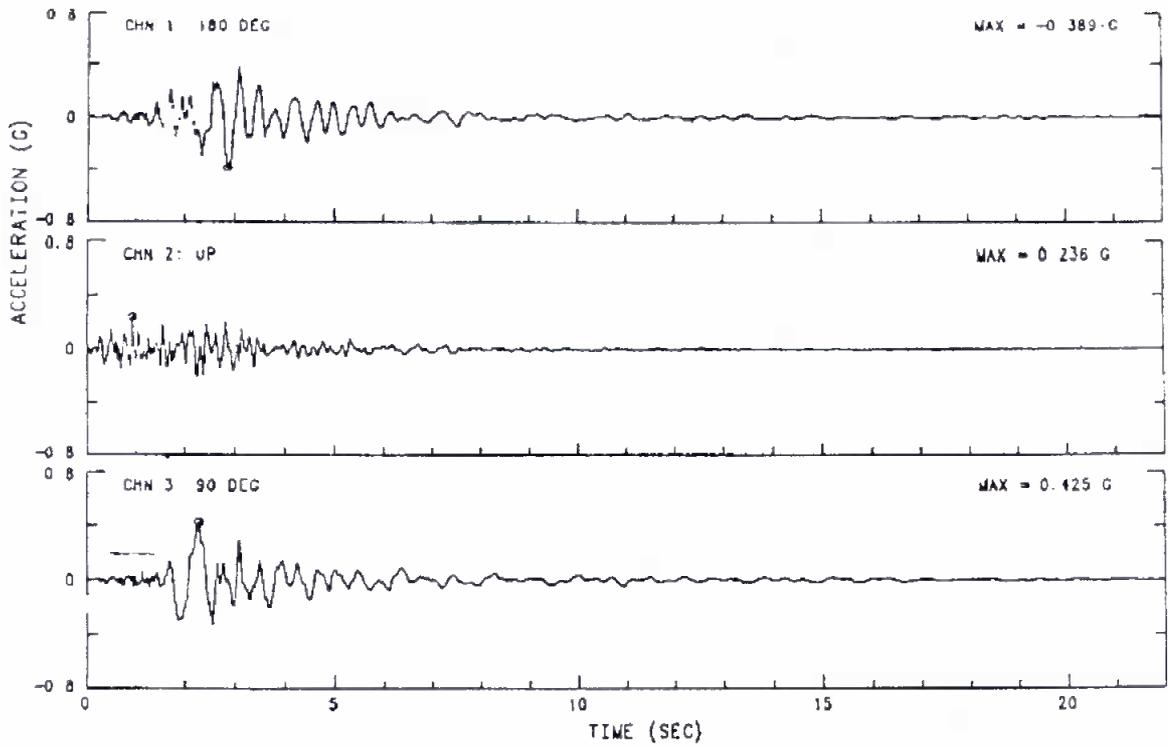


SAN SALVADOR EARTHQUAKE    OCTOBER 10, 1986 17 49 GMT  
CENTRO AMERICANA UNIV. - (NIVEL/FLOOR: 1)  
UNCORRECTED ACCELEROGRAM 90016-S0016-86283 01 110686 1825-QS86A016



SAN SALVADOR EARTHQUAKE    OCTOBER 10, 1986 17 49 GMT  
HOTEL SHERATON - (NIVEL/FLOOR: 1)  
UNCORRECTED ACCELEROGRAM 90018-S0018-86283 06 111286 1824-QS86A018

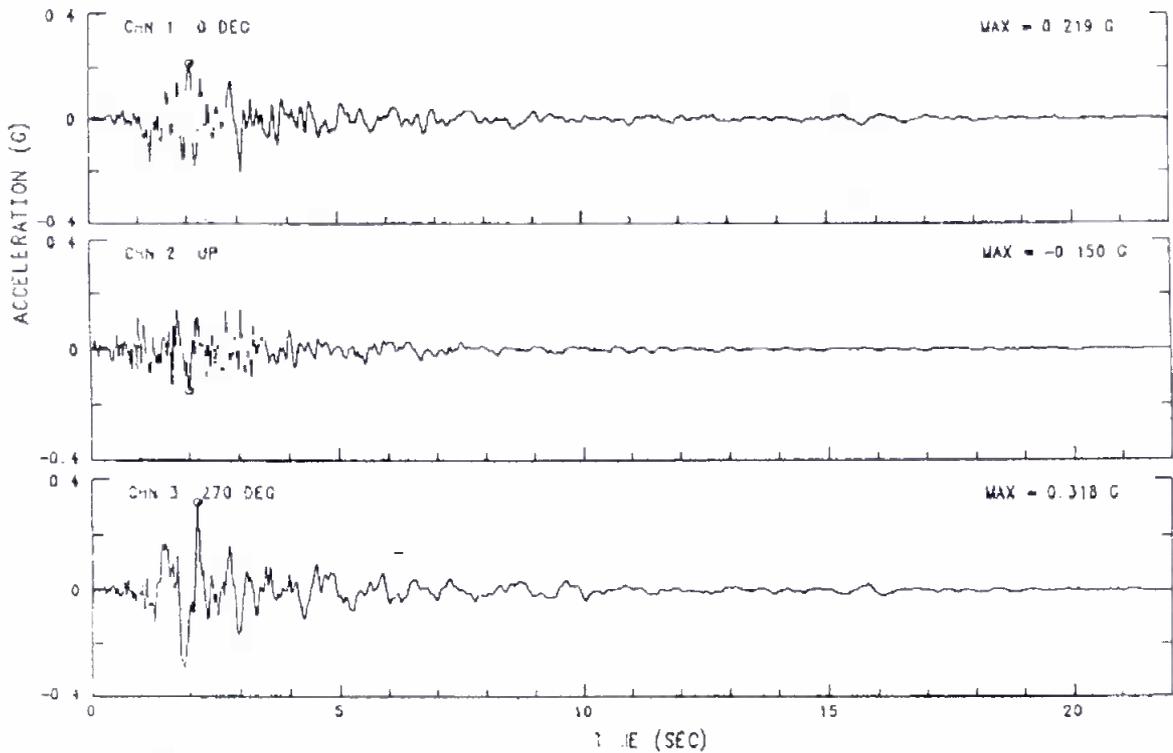
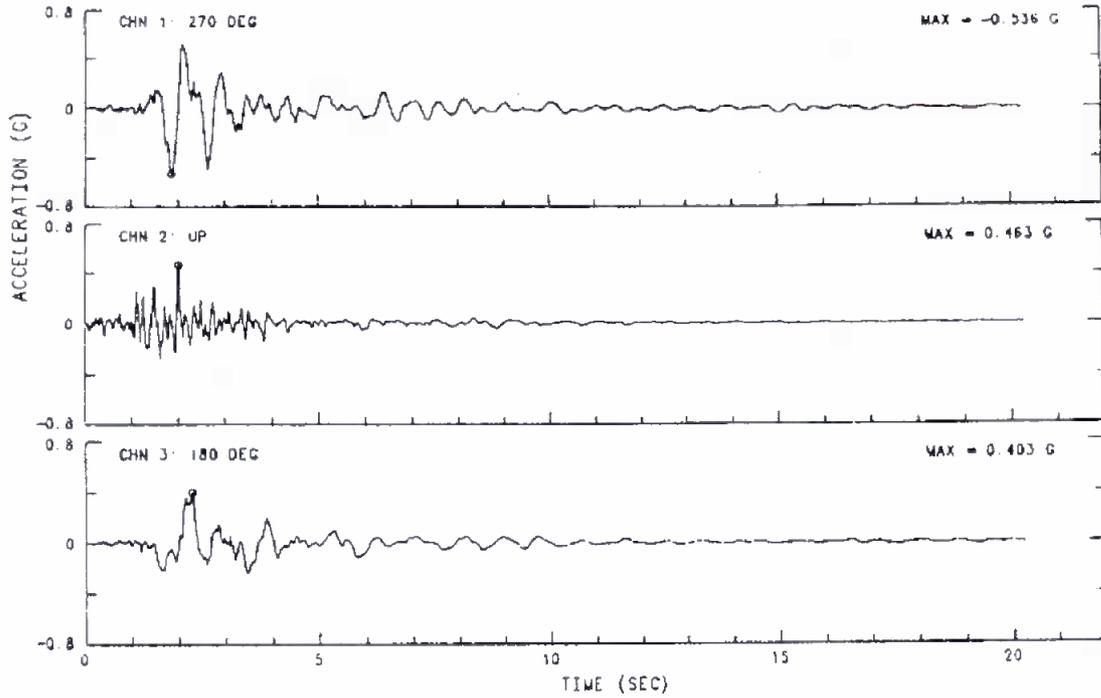


Fig. 8 Acelerogramas registrados en la Universidad Centroamericana UCA y en el Hotel Sheraton HSH (Ver ubicaciones en Fig. 6)

SAN SALVADOR EARTHQUAKE    OCTOBER 10, 1986 17:49 GMT  
NATL GEOGRAPHICAL INST - (NIVEL/FLOOR: 1)  
UNCORRECTED ACCELEROGRAM 90005-50005-86283.03 102886.0040-Q586A005



SAN SALVADOR EARTHQUAKE    OCTOBER 10, 1986 17:49 GMT  
GEOTECH INVESTIG CENTR - (NIVEL/FLOOR: 1)  
UNCORRECTED ACCELEROGRAM 90006-S0006-86283.01 102786.2340-Q586A006

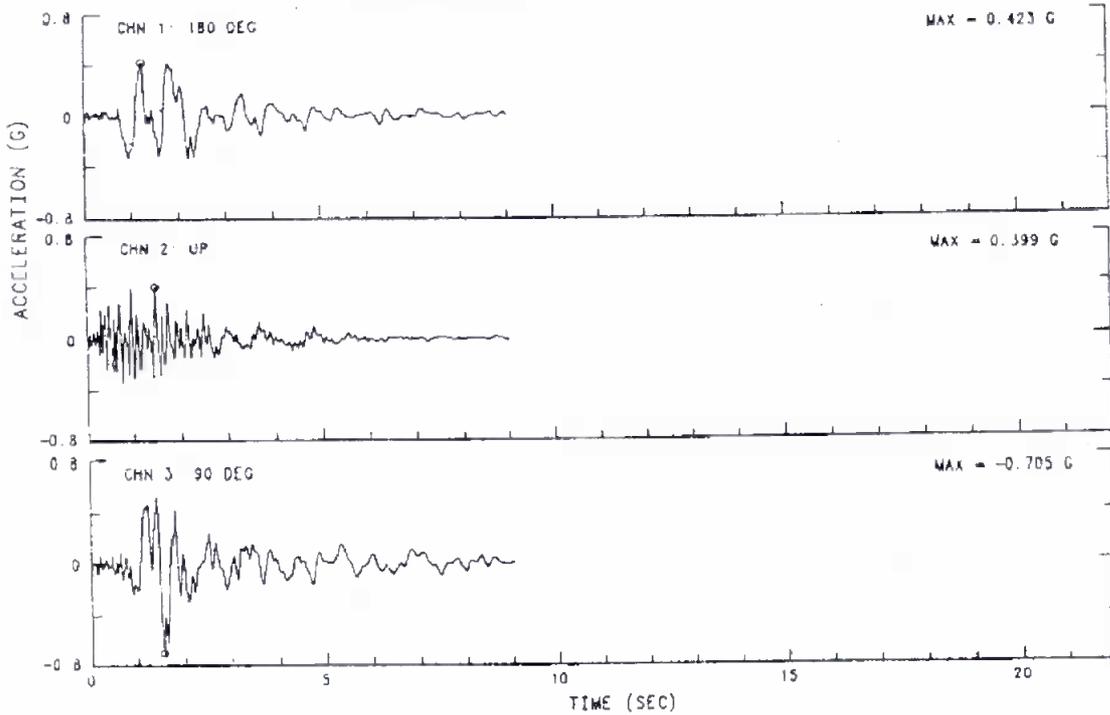
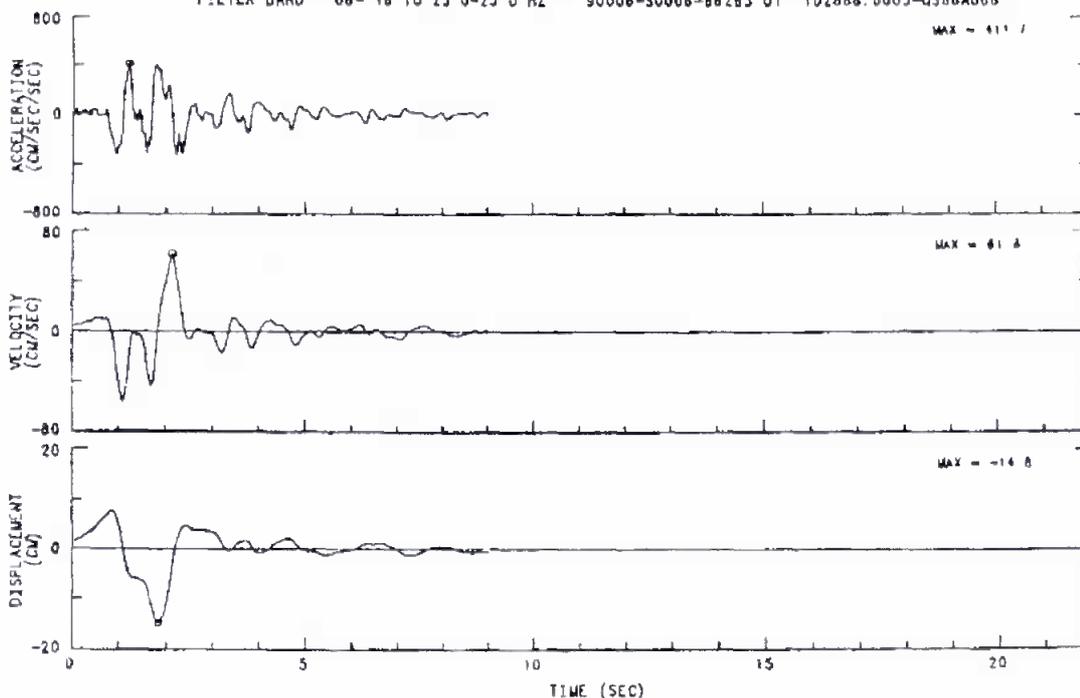


Fig. 9 Acelerogramas registrados en el Instituto Geográfico Nacional IGN y en el Centro de Investigaciones Geotécnicas CIG-(Ubicaciones - en Fig. 6)

SAN SALVADOR EARTHQUAKE      OCTOBER 10, 1986 17 49 GMT  
GEOTECH INVESTIG CENTR - (NIVEL/FLOOR 1)    CHN 1 180 DEG  
INSTRUMENT-CORRECTED AND BANDPASS-FILTERED ACCELERATION, VELOCITY AND DISPLACEMENT  
FILTER BAND 08- 16 TO 23 0-25 0 HZ    90006-S0006-86283 01 102886.0003-QS86A006



SAN SALVADOR EARTHQUAKE      OCTOBER 10 1986 17 49 GMT  
HOTEL CAMINO REAL - (SOTANO/BASEMENT)    CHN 3 0 DEG  
INSTRUMENT-CORRECTED AND BANDPASS-FILTERED ACCELERATION, VELOCITY AND DISPLACEMENT  
FILTER BAND 08- 16 TO 23 0-25 0 HZ    90014-S0114-86283 01 102886.0128-QS86A114

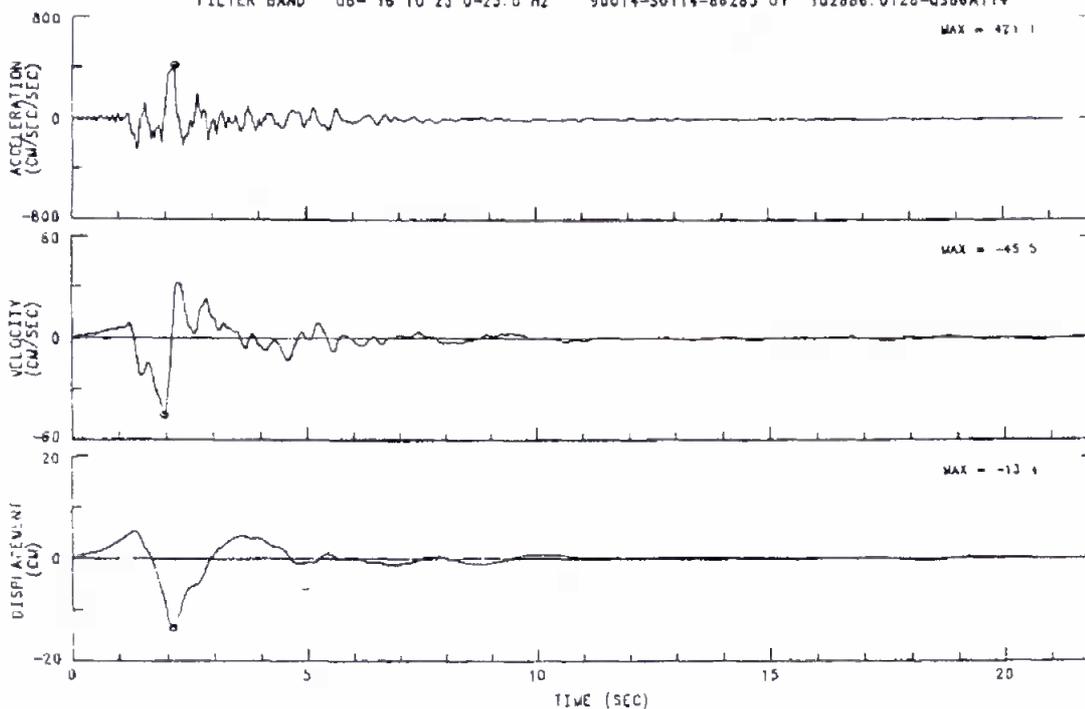


Fig. 10 Aceleración, velocidad y desplazamiento correspondiente a uno de los componentes horizontales obtenidos en el Centro de Investigaciones Geotécnicas y en sótano del Hotel Camino Real.

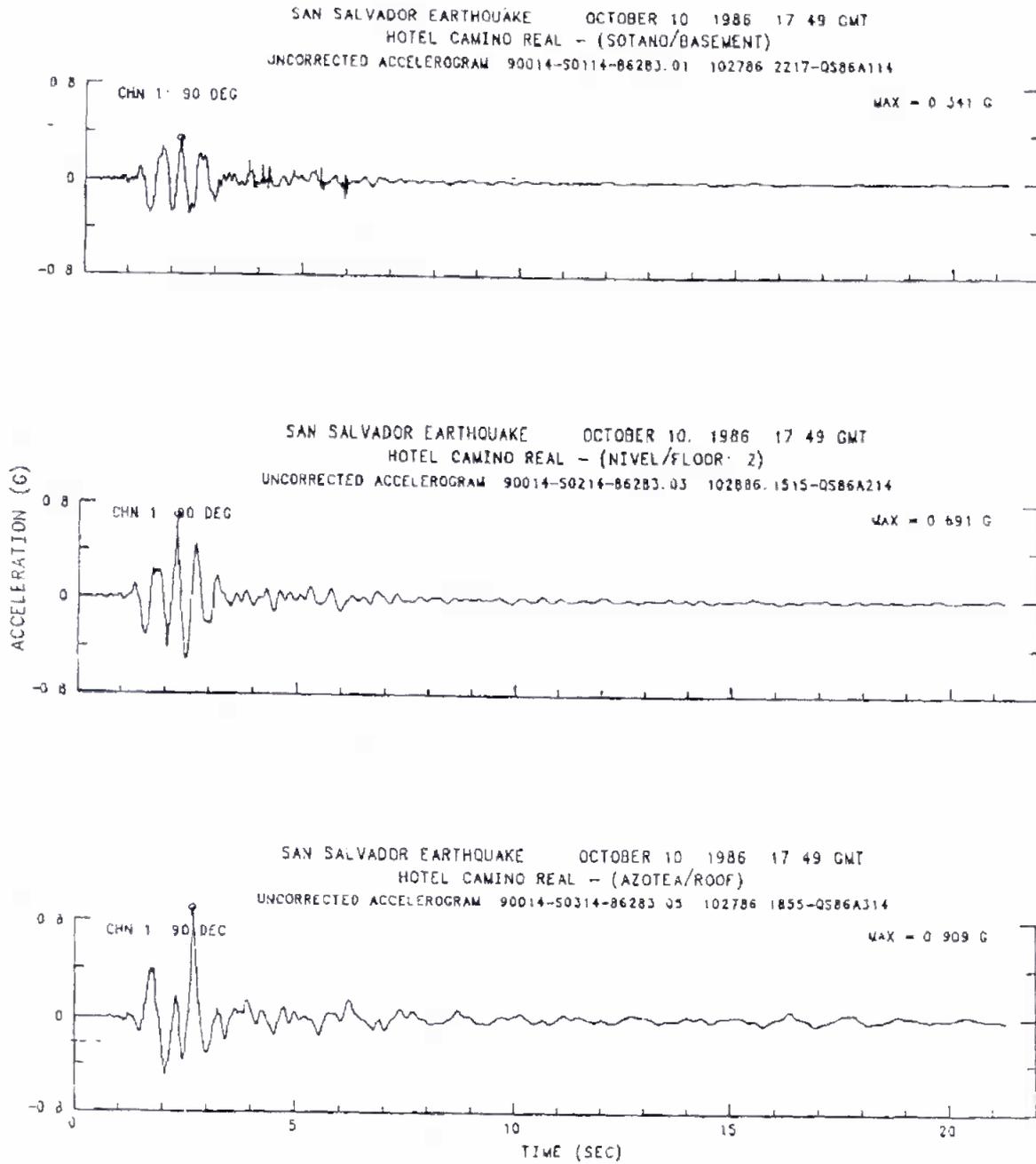


Fig. 11    Acelerogramas registrados en el sótano, 2do. piso y azotea del Hotel Camino Real.

SAN SALVADOR EARTHQUAKE      OCTOBER 10, 1986 17:49 GMT  
INST. URBAN CONSTR. - (NIVEL/FLOOR: 1)  
CHN. 1: 90 DEG  
ACCELEROGRAM BANDPASS-FILTERED WITH RAMPS AT .08-.16 TO 23.0-25.0 HZ.  
90013-A0013-86283.01 111286.1757-QS86A013A

— RESPONSE SPECTRA: PSV, PSA & SD      - - - FOURIER AMPLITUDE SPECTRUM: FS  
DAMPING VALUES: 0, 2, 5, 10, 20%

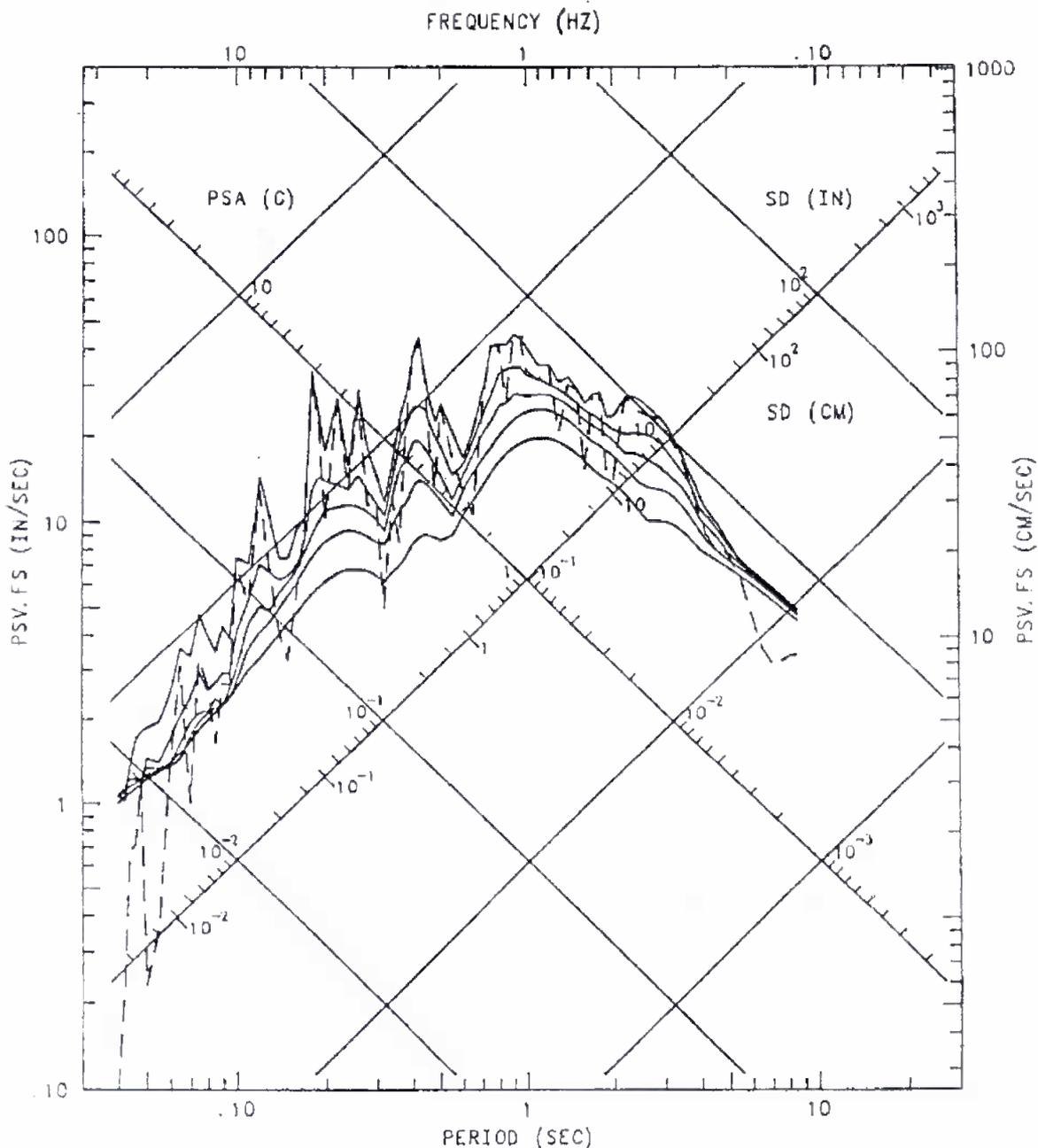


Fig. 12 Espectros respuesta de velocidad, aceleración y desplazamiento para 0, 2, 5, 10 y 20% de amortiguamiento y espectro de amplitudes de Fourier de uno de los componentes horizontales registrando en el IVU

Se han escogido estos acelerogramas porque oportunamente se harán comentarios sobre los espectros de diseño para esos lugares, en el punto 5.3 de este trabajo, donde se presentarán los espectros de aceleración para los cuatro lugares mencionados.

Se han incluido los acelerogramas sin corregir porque las escalas verticales (g) son iguales para todos los casos, lo que permite una comparación más fácil entre los registros.

En la Fig. 10 se incluyen los acelerogramas registrados en una de las componentes horizontales para 2 de los instrumentos ubicados más cerca a la fuente sísmica. Sus velocidades y desplazamientos han sido obtenidos integrando la primera curva. Se podrá notar la similitud de las curvas de desplazamiento del suelo, donde predomina el pulso de desgarramiento de la falla, lo que es indicativo de su cercanía.

Son interesantes los registros obtenidos en el sótano, 2do. piso y azotea del Hotel Camino Real, edificio de 10 pisos de concreto armado, que se presentan en la Fig. 11. Nótese el incremento de la aceleración pico con la altura (0.341g, 0.691g y 0.909g).

En la Fig. 12 se presenta los espectros de respuesta de velocidad, aceleración y desplazamiento, así como el espectro de amplitudes de Fourier.

#### 4. DAÑOS CAUSADOS POR EL SISMO DEL 10/10/86

Los daños se concentraron en un área relativamente pequeña, donde se observaron altas intensidades a pesar de su moderada magnitud debido a la cercanía y poca profundidad del foco del sismo.

El área más afectada se muestra en la Fig. 4 donde las aceleraciones registradas estuvieron por encima de 0.5g, alcanzando valores que sobrepasaron 0.7g como se ha visto en el 3. Esto explica la extensión y severidad de los daños. Es una especie de franja orientada al NNW que sigue la dirección de uno de los sistemas fallas más importantes en San Salvador.

##### 4.1 Daños en Edificaciones

Los trabajos de campo del autor se concentraron en la inspección de los daños en edificaciones de diversos tipos, que fueron visitados durante varios días. Un resumen de esos trabajos está incluido en la Ref. 10, sin embargo aquí la información es más detallada.

Con el propósito de relacionar los daños observados con la ubicación geográfica, topográfica, características de suelos y aceleraciones pico registradas en cada área, los edificios inspeccionados se presentan por sectores, empezando por los Planos de Renderos, donde se ubicó el epicentro luego la zona S-E de la ciudad (Colonias: Ferrocarril, San Jacinto, Harrison Step, etc.) , centro de la ciudad y finalmente la zona norte -- donde se ubican varias clínicas y la ciudad universitaria de San Salvador.

En total se inspeccionaron, con cierto detalle 31 edificios entre ellos, un edificio en base a bloques huecos de mortero arena cemento, rellenas con varillas de acero y concreto, de 4 pisos, así como también un edificio de condominio de concreto armado de 14 pisos, no sufrieron daños.

Se revisaron además numerosas edificaciones de 1 y 2 pisos usados en su gran mayoría como viviendas. Las que sufrieron graves daños son las -- construcciones de bahareque (Ver fotos 8 y 11), principalmente por la -- descomposición de la madera debido a repetidas exposiciones a humedad y secado. Comparado con el adobe, el bahareque no falla de manera súbita, como ocurre con el primero al ser sometido a altas intensidades sísmicas. No se pudo observar ninguna construcción de adobe durante la inspección -- de campo. Se nos informó que los daños en adobe en sismos anteriores -- fueron catastróficos, y los terremotos se han encargado de eliminar este tipo de construcción en San Salvador.

En general, se pudo observar un buen comportamiento en las construccio-- nes en base a muros portantes de albañilería. El refuerzo consistente -- en columnas y vigas collar de concreto armado es más denso que en el Perú; las columnas están espaciadas unos 3 m y no a 5 m y en adición a la viga -- collar a nivel de techo se tiene una viga de amarre a medio nivel de muro. En las edificaciones de concreto armado, los daños han sido mayormente por corte en columnas, bien sea por la rigidización de ellas al acortarse su -- altura por la distribución arquitectónica, así como también las altas ace-- leraciones observadas, que provocaron enormes fuerzas horizontales de corte.

Si asumimos que el período de vibración de los edificios de San Salvador está en el orden de  $T = 0.06 - 0.08 n^{-1}$  (T en segundos, n = número de pisos del edificio), se podrá observar que esta fórmula aplicada a los edificios de 4 - 12 pisos corresponde a los períodos de las máximas aceleraciones espectrales calculadas a partir de los registros del último sismo.

A pesar de estas circunstancias, numerosos edificios permanecieron sin daños o con daños menores, indicando que los sismos anteriores han incidido en la mejora de la técnica de diseño y construcción sismoresistente en El Salvador. Los muros de ladrillo arriostrados con columnas de concreto armado a cada 3m y vigas de arriostre a nivel de techo y media altura de muro han colaborado sustancialmente con las estructuras de concreto para tomar cargas horizontales.

También han fallado edificios por torsión, como puede observarse claramente en la foto N° 14

Lo ocurrido en el edificio Rubén Darío, debe evitarse en el futuro. Había sido dañado en un sismo anterior pero no fue reparado. A pesar de conocerse sus deficiencias continuó siendo usado. Durante el sismo del 10/10/86 colapsó causando la muerte de unas 300 personas.

En general el uso de muros de concreto reforzado para tomar cortes horizontales en edificios no está muy difundido.

En la Tabla se muestran los daños en edificaciones por sectores, (4) donde se puede observar que las mayores pérdidas se presentaron en el sector vivienda, pero los daños en los sectores salud, educación y comercio también fueron muy importantes. El 90% de la capacidad hospitalaria fue puesta fuera de servicio. Los daños en el sector educación fueron tan graves que el año escolar se dio por concluido después del sismo del 10/10/86. Felizmente el año académico estaba ya por finalizar.

Durante las visitas efectuadas por la Misión a las personalidades del Gobierno de El Salvador, se pudo percibir de los graves daños sufridos por los edificios públicos. Uno de los edificios del Ministerio de Planificación colapsó y el otro quedó gravemente dañado.

TABLA 4. DAÑOS EN EDIFICIOS

PLANES DE RENDEROS

**Topografía y Suelo:** Una pequeña planicie rodeada de zonas accidentadas y laderas de cerros. Suelo de origen volcánico. El foco del sismo se ubicó debajo de esta área. Aceleración registrada 0.54g.

Nombre Edificio	Ubicación	Nº P.	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
Seminario Salesiano	Planes de Renderos	3	De concreto armado, aporricado, relleno con ladrillo compacto y algunos vanos con ladrillo calado. Fue reparado llenando vanos en sus 3 niveles con albañilería. Reforzados con elementos de C.A. en diagonal. Varios bloques similares estructuralmente, separados por juntas. Se utilizan como aulas.	Los muros de refuerzo atrajeron hacia sí gran porcentaje de la cortante sísmica y fallaron con profundas grietas en forma de clásica "X", los que por efecto de puntal, -- punzaron pie y cabeza de columnas. Prácticamente no quedaron columnas sin dañar. Hay algunas asentadas.
		2	De concreto armado, aporricado relleno con ladrillo compacto y ladrillo calado. Aparentemente en 1982 no sufrió mayores daños. Bloques separados por juntas. Aulas.	Falla por flexión en columnas: al fondo de viga y en el nivel superior de alféizar. También fisuras por corte.
		1	Pasadizo techado de concreto armado -- con 2 hileras de columnas. Falló en 1982 y algunas columnas fueron incrementadas en sección y reforzadas. Algunos vanos fueron rellenos en el sentido del eje del pasadizo.	Falla de los extremos por momentos flexionantes en sus extremos y desprendimiento del concreto -- no confinado. Debido a la separación de estribos en algunas columnas, las varillas están flexadas. Todo el pasadizo está inclinado.
Edificios Diversos	Planes de Renderos	1 y 2	Construcción de albañilería de ladrillo reforzadas con vigas y columnas de concreto armado.	Fallas por deslizamiento, principalmente. Algunas fisuras por las altas intensidades observadas.



FOTO N° 1: Vista del epicentro hacia el NNW. Note la silueta del volcán San Salvador.

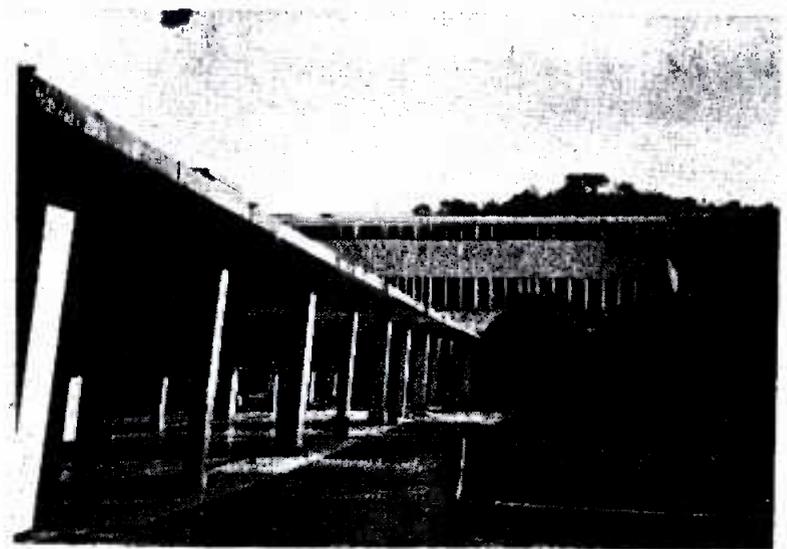


FOTO N° 2: Colegio Salesiano Ricaldi (CSR). Al fondo el bloque de 3 pisos. En el 1er. plano el pasadizo techado. Note los daños y las columnas reforzadas de mayor sección.



FOTO N° 3: Falla de un muro reforzado después del sismo de 1962, en el interior del CSR.

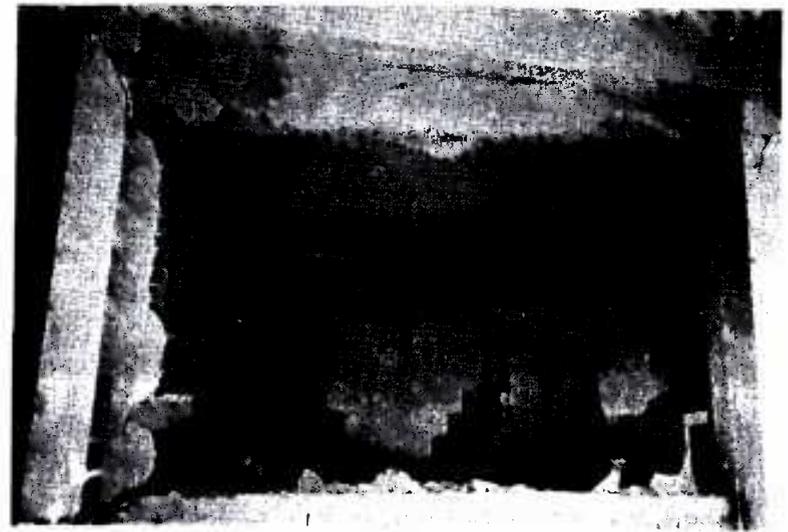


FOTO N° 4: Vista interior de CSR con daños en muros y columnas.

ZONA S-E

COLONIAS FERROCARRIL, PROVIDENCIA, MINERVA, MODELO,  
MANZANO, SAN JACINTO, HARRISON STEP, ETC.

**Topografía y Suelo:** Zona relativamente accidentada. Planos con pendiente moderada pero surcada por quebradas y rios. Suelo de origen volcánico (tierra blanca), aceleración registrada 0.55 g

Nombre Edificio	Ubicación	Nº P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
Conjunto Habitacional.	10°0 y 4°S	4	Conjunto habitacional de bloques de concreto con huecos rellenos con varillas metálicas y concreto, habitaciones pequeñas y medianas.	No hay daños. F 6
Vivienda	S-E	2	Bloques de concreto reforzado	Sin daños
Numerosas viviendas.	S-E	1 y 2	Muros de ladrillo confinados en columnas a cada 3m y vigas a nivel de techo y medio muro.	Sin daños.
Numerosas viviendas de bahareque	S-E	1	El muro de bahareque tiene pies derechos de madera o tronco y clavada horizontalmente caña brava. Rellenada con barro y tarrajeadas. Techo de madera y caña y tejas cerámicas.	En la zona visitada fallaron numerosas construcciones de bahareque por las altas intensidades, madera descompuerta por la humedad y el tiempo y techo pesado. En las zonas de terreno accidentado, los daños se incrementaron por deslizamientos. F 8

ZONA S-E

Nombre Edificio	Ubicación	Nº P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
MÍPLAN (Ministerio de Planificación de Coordinación -- del Desarrollo Económico y Social)	S-E	-	C.A., rellenas con muros de ladrillo tipo corriente separadas de la estructura.	Falla por corte en el 1er nivel. Fracturas en la albañilería de relleno.
			C. A., rellenas con ladrillo.	Colapsó causando 9 muertos. Se rescató unas 20 personas entre ellas el Vice-Ministro de Planificación.
BANCAPI	S-E	5	C.A. + albañilería de ladrillo.	Falla por corte de las columnas de fachada y luego aplastamiento.
Colegio Santa Catalina	S-E		Al momento de la inspección los escombros habían sido removidos.	Colapsó causando la muerte de unas 30 niñas que esperaban a sus padres a la salida del Colegio.
Mercado de San Jacinto	S-E	1	Columnas de C.A., rellenas con bloque de concreto. Techado con perfiles y correas de acero y cobertura de planchas de asbesto cemento.	Sin daños; en el momento de la visita el mercado funciona normalmente.

Nombre Edificio	Ubicación	N° P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
5. Antiguo Palacio Presidencial.	Plaza G.B.	2 pisos altos	C.A. albañilería con muros de gran espesor, tabiquería confinada con perfiles metálicos.	Fallas por corte de columnas - circulares en la fachada posterior a la altura del 1er. piso - En la fachada principal desprendimiento de parte inferior de columna. Tabiquería fracturadas
6. Gran Hotel San Salvador	Centro	7 + ph	E.A.C.A. + tabiquería ladrillo, carpintería de aluminio.	1er. piso destrozado y asentado, inclinado a uno de sus lados.
7. Banco Salvadoreño.	Plaza Morazan	7	C.A. muy rígido con gran densidad de muros.	Fisuras en muros de relleno. Aparentemente sin daños estructurales.
8. Teatro Nacional	Centro	2 pisos altos	C.A. con gran densidad de muros. Paracido al Palacio de Bellas Artes de México.	Aparentemente sin daños.
9. Varios edificios	Centro	1, 2, 3, y 4 pisos	C.A. con albañilería y alta densidad de muros.	Sin daños aparentes.
10. Estacionamiento Morazan	Plaza Morazan		C.A. libre sin muros de relleno; en un extremo la caja de ascensores es de ladrillo confinado.	Daños por corte en la caja de ascensores.
11. Lotería Nacional	Centro	2 + 8	C.A. albañilería de ladrillo. Plataforma + torre.	Falla por corte con 10 cm. de desplazamiento lateral.

Nombre Edificio	Ubicación	N° P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
12. Banco de Fomento Agropecuario.	Centro	6	C.A. albañilería de ladrillo de muy baja calidad.	Albañilería de ladrillo muy dañada. Estructura prácticamente sin daños.
13. Tazumal	5° AS y Rubén Darío	5	C.A. columnas cuadradas, relleno ladrillo, viguetas y bloques de concreto.	Daños en las partes superior e inferior de columnas por flexión y falta de confinamiento.
14. Pacífico	Rubén Darío	7	C.A. relleno con ladrillo muy bien confinado. Ocupa el espacio dejado por el edificio Rubén Darío que tiene planta en forma de U.	Daño por impacto en un costado en la parte alta, causado por el edificio Rubén Darío.
15. En construcción.	Esquina 55 y 4E	3	C.A. Techo de losa, columnas cuadradas. Albañilería separada de la estructura y confinada con columnas y vigas extras.	Sin daños.
16. Anexo ANTEL Centro	3ra. Avenida	4	Pórtico central paralelo a la fachada de un solo tramo y voladizos. Perpendicular a la fachada, varios tramos. De C.A.	Albañilería que esta fuera de los ejes de los pórticos, están fracturados a nivel de techo.
17. ANTEL Centro	C. Rubén Darío	4	C.A. + ladrillo, construcción contigua con muros de gran espesor y ventanas chicas.	Sin daños importantes.
18. Banco Hipotecario	Plaza G. B.	6	C.A. + tabiquería de ladrillo. Moderno, con grandes ventanales.	Falla en una losa, posiblemente por asentamientos en una esquina. Falla por corte de muro de albañilería de fachada.

Nombre Edificio	Ubicación	Nº P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
19. Cia. General de Seguros	Centro	7 + ph	C.A. + tabiquería de ladrillo	Daños por corte en la fachada debido a que le provoca <u>columnas cortas</u> .
20. Izalco	Centro	2+6 (Torre)	C.A. + tabiquería. Caja excéntrica de ladrillo confinado.	Lado flexible desplazado. Falló por torsión. Torres desplazada respecto a la plataforma. F 14
21. Julia L de Duque	Centro	3	Albañilería con muros muy gruesos	Falla por corte de los muros - del 1er. nivel.
22. Bco. de Comercio.	Centro	7	En esquina C.A. + Albañilería. Tiene muros de C.A. en la fachada, <u>Edificio masivo y pesado</u> .	Los muros de C.A. han fallado por corte.
23. Atlacalt (frente al Dueñas)	Centro	3	C.A. + albañilería	Graves daños en los muros de - albañilería.
24. Tiendas	Centro	1	C.A. + albañilería. Muro muy grueso.	Falla por corte de la fachada.
25. Iglesia del Rosario.	Plaza libertad		2 grandes arcos de C.A. <u>perpendiculares</u> a la fachada, unidas por vigas virentel.	Arcos sin daños. Las <u>columnetas</u> de las vigas virentel han <u>fallado</u> por corte y otros por flexión en sus extremos.

ZONAS DE CLINICAS Y CIUDAD UNIVERSITARIA (N)

**Topografía y Suelo:** Zona anteriormente de topografía accidentada; se han efectuado grandes movimientos de tierra en el proceso de su habilitación urbana. Hay mucha rotura de tubería de agua y desagüe por asentamientos. Aceleración 0.61 g.

Nombre Edificio	Ubicación	N° P	Descripción del Edificio	Descripción de Daños
Apartamentos San Francisco	Cerca intersecciones - Boulevard de Los Héroes y Av. Gustavo Guerrero.	5	C.A., rellena con ladrillo	Pérdida total del 1er piso. Daños por cortes prácticamente en todos los pisos.
Condominio	"	14	C.A.	Sin daños.
Varias viviendas	"	1 y 2	Albañilería reforzada con columnas y vigas.	Daños en los muros de fachada del 1er. piso, por corte. En algunos lugares se pudo notar fallas del suelo.
Hospital Bloom	"	3	Concreto armado relleno con albañilería. Bloques divididos por juntas. Consulta Externa.	Falló por desgarramiento de los nudos del techo del primer piso, lo que provocó el colapso de uno de los bloques y daños graves en el otro. Hay insuficiencia de estribos en nudos y extremos de columnas. Fallas de columnas del 1° piso por corte.