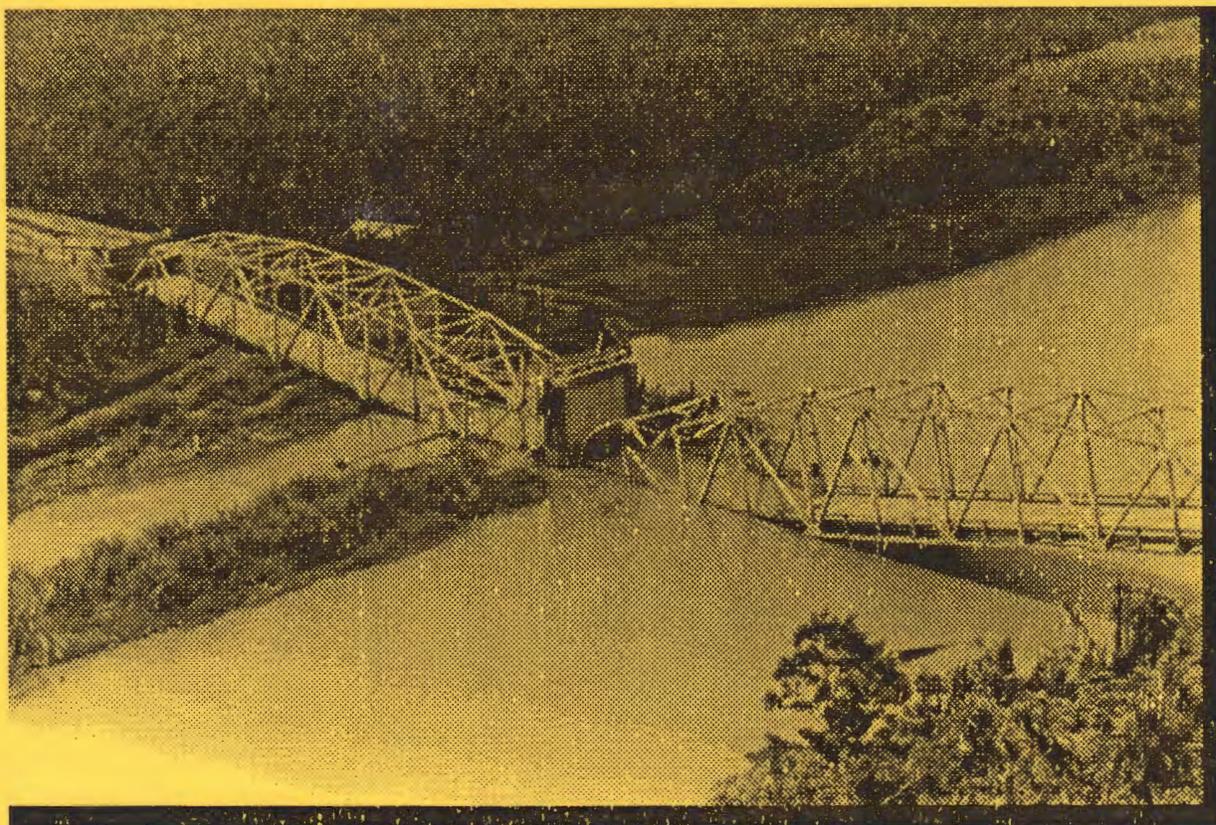




UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SISMICA

**REGISTROS DE ACELERACIONES
DEL TERREMOTO DE LIMON,
22 DE ABRIL DE 1991**



REPORTE INII-58-91
JULIO 1991

Portada: Fotografía del puente sobre el río La Estrella
Cortesía del Semanario Universidad, 1991.

Guillermo Santana B.



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA
LABORATORIO DE INGENIERIA SISMICA

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL TERREMOTO DE LIMON, 22 DE ABRIL DE 1991

Guillermo Santana B.
William Vargas M.
Víctor Sancho R.
Carlos Segura V.
Adalberto Ramírez V.
Jorge Sibaja R.



REPORTE INII-58-91
JULIO 1991

AGRADECIMIENTOS

El Programa de Medición de Sismos Fuertes agradece a todos los individuos y organizaciones que han permitido y colaborado con la instalación de acelerógrafos en sus propiedades. El Programa también extiende su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica por el apoyo que siempre ha brindado.

Los registros aquí presentados fueron posibles gracias al trabajo de muchas personas que instalaron y dieron mantenimiento a las estaciones acelerográficas a través de los años.

El Ing. Adolfo Matamoros H. y el estudiante Robert Laurent S. contribuyeron en la recopilación de información de daños aquí presentada. El estudiante Waldo Taylor contribuyó con la verificación de las condiciones geológicas de las estaciones acelerográficas. Flory Abarca contribuyó con todo el apoyo secretarial y logístico necesario para la publicación de este reporte.

INDICE

Indice de tablas	iv
Indice de figuras	v
Introducción	1
Daños	2
Registros de aceleraciones	3
Acelerogramas del sismo de Limón	12
Otros registros de aceleraciones	46
Referencias	46
Apéndice	47

INDICE DE TABLAS

Parámetros de la fuente sísmica	2
Tabla 1. Estaciones acelerográficas del Programa de Medición de Sismos Fuertes	5
Tabla 2. Estaciones que registraron el sismo principal	8
Tabla 3. Aceleraciones máximas registradas	10

INDICE DE FIGURAS

1.	Mapa de ubicación de estaciones acelerográficas del Programa de Medición de Sismos Fuertes	6
2.	Mapa de San José con ubicación de estaciones acelerográficas del Programa de Medición de Sismos Fuertes	7
3a.	Fotografía de la estación ISD	13
3b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación ISD	14
4a.	Fotografía de la estación CCH	15
4b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación CCH	16
5a.	Fotografía de la estación CTG	17
5b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación CTG	18
6a.	Fotografía de la estación GTS	19
6b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación GTS	20
7a.	Fotografía de la estación CMA	21
7b.	Diagrama de ubicación de instrumentos en la estación CMA	22
7c.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación CMA	23
8a.	Fotografía de la estación GLF	24
8b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación GLF	25
9a.	Fotografía de la estación AUR	26
9b.	Diagrama de ubicación de instrumentos en la estación AUR	27
9c.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación AUR (Sótano)	28
9d.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación AUR (Piso 15)	29

10a.	Fotografía de la estación BNC	30
10b.	Diagrama de ubicación de instrumentos en la estación BNC	31
10c.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación BNC	32
11a.	Fotografía de la estación HTO	33
11b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación HTO	34
12a.	Fotografía de la estación ICE	35
12b.	Diagrama de ubicación de instrumentos en la estación ICE	36
12c.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación ICE	37
13a.	Fotografía de la estación QPS	38
13b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación QPS	39
14a.	Fotografía de la estación ALJ	40
14b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación ALJ	41
15a.	Fotografía de la estación PCL	42
15b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación PCL	43
16a.	Fotografía de la estación SRM	44
16b.	Registro del sismo del 22 de abril de 1991 en la estación SRM	45

INTRODUCCION

En este informe se presentan los registros de aceleraciones del terremoto de la provincia de Limón, ocurrido el 22 de abril de 1991. Los registros fueron obtenidos por el Programa de Medición de Sismos Fuertes del Laboratorio de Ingeniería Sísmica de la Universidad de Costa Rica.

Se recobraron 15 registros de 14 estaciones del total de 19 estaciones del Programa. Los datos recuperados corresponden a registros de 10 estaciones de campo libre o de estructuras bajas y 4 estaciones de edificios altos. Las estaciones en edificios altos están constituidas en general por dos acelerógrafos, uno en la base y otro en la parte superior de la estructura. La estación más distante al hipocentro está ubicada aproximadamente a 162 km en San Ramón de Alajuela. Este reporte incluye todos los registros obtenidos por el Programa y reemplaza los reportes preliminares distribuidos el 26 de abril y el 14 de mayo de 1991.

El evento sísmico ocurrió a las 15:57 hora local (21:57 GMT). Según el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica el epicentro del sismo se ubica 39.5 km al suroeste del Puerto de Limón y su profundidad fue de 21 km, con origen en una falla intraplaca. La magnitud reportada por la red mundial fue de 7.4 (M_s). Los epicentros de los sismos siguientes (réplicas) se ubican a lo largo de más de 100 km, en una zona comprendida entre Batán, 40 km al noroeste de Limón y Changuinola, en las cercanías de la frontera entre Costa Rica y Panamá.

El sismo ocurrió en la estribaciones orientales de la cordillera de Talamanca, una zona que no había sido identificada anteriormente con certeza como fuente de sismos de gran magnitud. Las causas principales de esta deficiencia en la zonificación sísmica del país son la localización incorrecta dada por las redes mundiales a los epicentros de sismos originados en esta zona, que los asoció con el proceso de subducción que ocurre frente a la costa del Océano Pacífico de Centro América, y la falta de información sobre los efectos de los sismos pasados en la zona afectada, que a la fecha aún tiene una baja densidad de población. Tampoco existe ningún estudio sobre fallas activas en la zona epicentral de este sismo, del cual se pudiera estimar una posible magnitud.

La localización incierta de un sismo de gran magnitud (M_s 7.2) ocurrido el 20 de diciembre de 1904, asignado a la zona de Osa por varios autores (Morales, 1985 y Montero, 1986), fue señalada por Boschini (1989), quien encontró que las intensidades máximas habían ocurrido en el puerto de Limón. En igual forma, Güendel (1989) relocalizó en la zona costera del Caribe comprendida entre Costa Rica y Panamá otro sismo de gran magnitud (M_s 7.4) ocurrido el 24 de abril de 1916, ubicado por la red mundial en la zona costera del Océano Pacífico y asignado por Montero (1986) a la zona de Nicoya. La localización del epicentro de este sismo en la zona del Caribe había sido señalada por varios autores (Miyamura, 1980; Nishenko, 1989). Al igual que el sismo de 1991, el de 1916 provocó un pequeño tsunami en Almirante, zona del Caribe de Panamá (Reid, 1917).

El único sismo cuya localización en las cercanías de la ciudad de Limón se conoce con certeza ocurrió el 7 de enero de 1953. Este sismo destruyó 40 casas en Limón pero no provocó

ninguna muerte (Miyamura, 1980).

PARAMETROS DE LA FUENTE SISMICA

Fecha:	22 de Abril 1991
Hora:	21:57 GMT (15:57 local)
Latitud:	09° 38.62' N
Longitud:	83° 5.92' W
Profundidad:	21.5 km
Magnitud (Ms):	7.4 (Según USGS)
Fuente de la información:	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, excepto donde se indica

DAÑOS

El sismo provocó graves daños en una extensa área de las provincias de Limón y Cartago, Costa Rica, y en la provincia de Bocas del Toro, Panamá. En Costa Rica, las zonas más afectadas están ubicadas sobre terrenos de origen aluvial, al oeste, noroeste y sureste del Puerto Limón, a lo largo de la costa atlántica. Oficialmente se reportó un total de 58 muertes, de las cuales 13 ocurrieron en Puerto Limón. Daños importantes, incluido el colapso de muchas viviendas y otras edificaciones, ocurrieron en las poblaciones de La Suiza y Moravia de Chirripó, Turrialba en la provincia de Cartago así como en Batán, Matina, Puerto Limón, Valle de La Estrella, Penshurst, Cahuita, Puerto Viejo, Uatsi, Daytonia y Sixaola en la provincia de Limón. En todas las zonas bajas, ocupadas por extensas plantaciones de banano, se encontraron evidencias de licuación y otros efectos de daño y falla de suelos.

Daños importantes ocurrieron en las instalaciones de la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) y de Fertilizantes de Centro América (FERTICA), y en los muelles del puerto de Limón. En esta ciudad también ocurrió el único colapso total de una estructura de concreto reforzado de varios niveles.

La carretera nacional entre Siquirres y Puerto Limón, la única vía de transporte entre San José y la zona atlántica, fue casi totalmente destruida en el tramo comprendido entre Batán y Liverpool. Los puentes ubicados en este tramo también sufrieron daños importantes, incluyendo el colapso de un tramo del puente sobre el río Chirripó del Atlántico, así como también desplazamientos y desalineamiento de bastiones en algunos otros. La carretera costanera en el tramo sur entre Puerto Limón y el Valle de La Estrella fue destruida. Los puentes de esa vía sobre los ríos Vizcaya, Bananito, Estero Negro y La Estrella colapsaron parcial o totalmente.

También hubo múltiples daños en los ferrocarriles de la zona. Entre estos la ruptura o deformación de los rieles así como también el asentamiento y corrimiento lateral de los rellenos en las aproximaciones a los puentes. Los puentes sobre los ríos Matina, Bananito y Sixaola sufrieron desplazamiento y rotación de los apoyos y de la superestructura.

La tubería principal del acueducto de Limón sufrió múltiples rupturas en la zona cercana a la ciudad, lo que ocasionó la falta total de agua durante más de una semana. Las líneas eléctricas del litoral también sufrieron múltiples rupturas, caídas o desalineamiento de postes, lo que impidió el restablecimiento del fluido eléctrico en toda la zona durante varios días.

En la zona montañosa, sobre la cordillera de Talamanca y sus estribaciones, hubo gran cantidad de enormes deslizamientos de tierra. Este hecho ha provocado una alteración en el curso y en el flujo de algunos ríos. Estas alteraciones han tenido repercusiones importantes sobre el normal funcionamiento de las poblaciones en las zonas bajas costeras.

La costa atlántica de Costa Rica experimentó un levantamiento con respecto al nivel del mar de aproximadamente 1.5 m en Puerto Limón y de 0.3 a 0.5 m en la zona de Cahuita y Puerto Viejo. Este levantamiento provocó la exposición y muerte de los arrecifes coralinos en la costa y la desecación del estero del río La Estrella.

También se reportó la ocurrencia de un tsunami que afectó las poblaciones costeras del sur de la provincia de Limón (Cahuita, Puerto Vargas, Puerto Viejo, Cocles) y de la bahía de Bocas del Toro en Panamá.

En el Valle Central del país no se reportaron daños importantes. La intensidad del sismo fue de V a VI en esta zona, inferior a la intensidad del sismo de Alajuela del 22 de diciembre de 1990 (M_L 5.8), y similar a la intensidad del sismo de Cóbano del 25 de marzo de 1990 (M_L 6.8).

REGISTROS DE ACELERACIONES

El programa de Medición de Sismos Fuertes del Laboratorio de Ingeniería Sísmica mantiene una red de acelerógrafos en todo el país, con especial énfasis en el Valle Central y en la costa del Océano Pacífico, según se muestra en la figura 1. Esta distribución de las estaciones corresponde con la zonificación sísmica del país, realizada por Mortgat et al. (1977) y adoptada por el Código Sísmico de Costa Rica en su revisión de 1986. La red acelerográfica tiene mayor densidad en el Valle Central, especialmente en la ciudad de San José, en donde hay varias estaciones dedicadas al estudio del comportamiento de edificios altos, como se muestra en la figura 2. La identificación de las estaciones y su localización se da en la tabla 1, en la cual se marcan con asterisco las estaciones que registraron el evento principal del 22 de abril.

En la tabla 2 se presenta una descripción detallada de las estaciones que registraron el sismo principal y se indica la página del reporte en donde se muestra una copia del acelerograma correspondiente. La descripción incluye las características de la estructura o sitio, del suelo y la ubicación geográfica. Se omiten las estaciones cuyos registros no pudieron ser recuperados por alguna falla técnica en el funcionamiento del acelerógrafo, específicamente las estaciones RCP (RECOPE, Ochomogo) e INS (Edificio Central del INS en San José).

En la tabla 3 se presenta el resumen de aceleraciones máximas (valores pico) en las tres componentes del movimiento para los registros obtenidos a nivel del terreno. Estos valores deben ser considerados como preliminares, sujetos a variaciones una vez que los acelerogramas hayan sido digitalizados, corregidos y filtrados. En esta tabla las estaciones están ordenadas por

distancia hipocentral creciente, la cual es un parámetro importante en la evaluación de la atenuación de la amplitud del movimiento. Un indicador más claro en el caso de sismos de gran magnitud es la distancia a la falla o a la zona de ruptura, que se extiende por varios kilómetros. A la fecha de este reporte no se cuenta con la información requerida para correlacionar las aceleraciones máximas con la distancia a la falla o zona de ruptura.

En todos los registros puede observarse que el sismo tuvo una gran duración, cercana a un minuto en la mayoría de las estaciones. La fase fuerte tuvo una duración aproximada de 25 segundos.

El valor máximo de aceleración pico horizontal, de 0.27g fue registrado en el Parque Central de la ciudad de Cartago (Estación CTG), a pesar de que no es la estación más cercana al foco del sismo. La ciudad está ubicada sobre suelo blando, producto de las sucesivas avalanchas del Río Reventado y las erupciones de ceniza del Volcán Irazú. La comparación de esos niveles de aceleraciones con los registrados en Cachí (en roca) y en Guatuso de Patarrá (espesor de la capa de suelo muy pequeño) revela el efecto amplificador de los suelos blandos en la ciudad de Cartago. La condición de suelo blando es típica de las planicies de la zona atlántica, en donde los daños provocados por el terremoto están claramente relacionados con la amplificación del movimiento. Los registros de aceleraciones del terremoto del 22 de diciembre de 1990 también muestran niveles de aceleraciones mayores en la ciudad de Cartago que en Guatuso de Patarrá y Ochomogo. (Ver Santana et al., 1991)

La estación más cercana al epicentro es la de San Isidro de Pérez Zeledón (código ISD). En esta ciudad se registró un valor pico de aceleración horizontal de 0.20g y no hubo daños importantes.

En la ciudad de San José las aceleraciones máximas alcanzaron niveles comprendidos entre 0.06g y 0.20g. Este último valor fue registrado en el primer piso de la Biblioteca Carlos Monge Alfaro de la Universidad de Costa Rica (estación CMA) y refleja tanto las condiciones de suelo blando del sitio como la influencia de la estructura, puesto que el instrumento está ubicado muy cerca de uno de los núcleos de mayor rigidez de la estructura (ver diagrama de ubicación en página 22).

Nuevamente en este sismo los niveles de aceleraciones máximas registrados en la estación de Alajuela son superiores a lo que se esperaría dada la atenuación en la amplitud del movimiento con la distancia. Este comportamiento fue observado anteriormente en los sismos de Cóbano, del 25 de marzo y de Puriscal, del 22 de diciembre de 1990 y hace suponer que también en la ciudad de Alajuela la condición del suelo produce amplificación de las ondas sísmicas.

En las páginas 13 a 45 se presentan los acelerogramas en el mismo orden de la tabla 3, precedidos por una fotografía y descripción de la estación, y un diagrama de ubicación de los instrumentos en el caso de edificios altos. En el apéndice (página 48) se muestra un acelerograma típico con una breve explicación de los diferentes trazos.

TABLA 1
ESTACIONES ACELEROGRAFICAS
PROGRAMA DE MEDICION DE SISMOS FUERTES

Código	Nombre	Registro
ALJ	Alajuela - CIPET	*
AUR	San José - Hotel Aurola	*
BNC	San José - Banco Nacional	*
CCH	Cachí - Represa	*
CMA	San José - Biblioteca Central UCR	*
CTG	Cartago - Parque Central	*
GLF	Golfito	*
GTS	San José - Guatuso	*
HTO	San José - Hatillo	*
ICE	San José - Edificio ICE	*
INS	San José - Edificio INS	*
ISD	San Isidro	*
LIB	Liberia - UCR	
PCL	Puriscal	*
PTS	Puntarenas	
QPS	Quepos	*
RCP	Cartago - Recope	*
SRM	San Ramón - UCR	*
STC	Santa Cruz - UCR	
Abreviaturas:		
CIPET:	Centro de Investigación y Perfeccionamiento para la Enseñanza Técnica.	
ICE:	Instituto Costarricense de Electricidad	
INS:	Instituto Nacional de Seguros	
RECOPE:	Refinadora Costarricense de Petróleo	
UCR:	Universidad de Costa Rica	

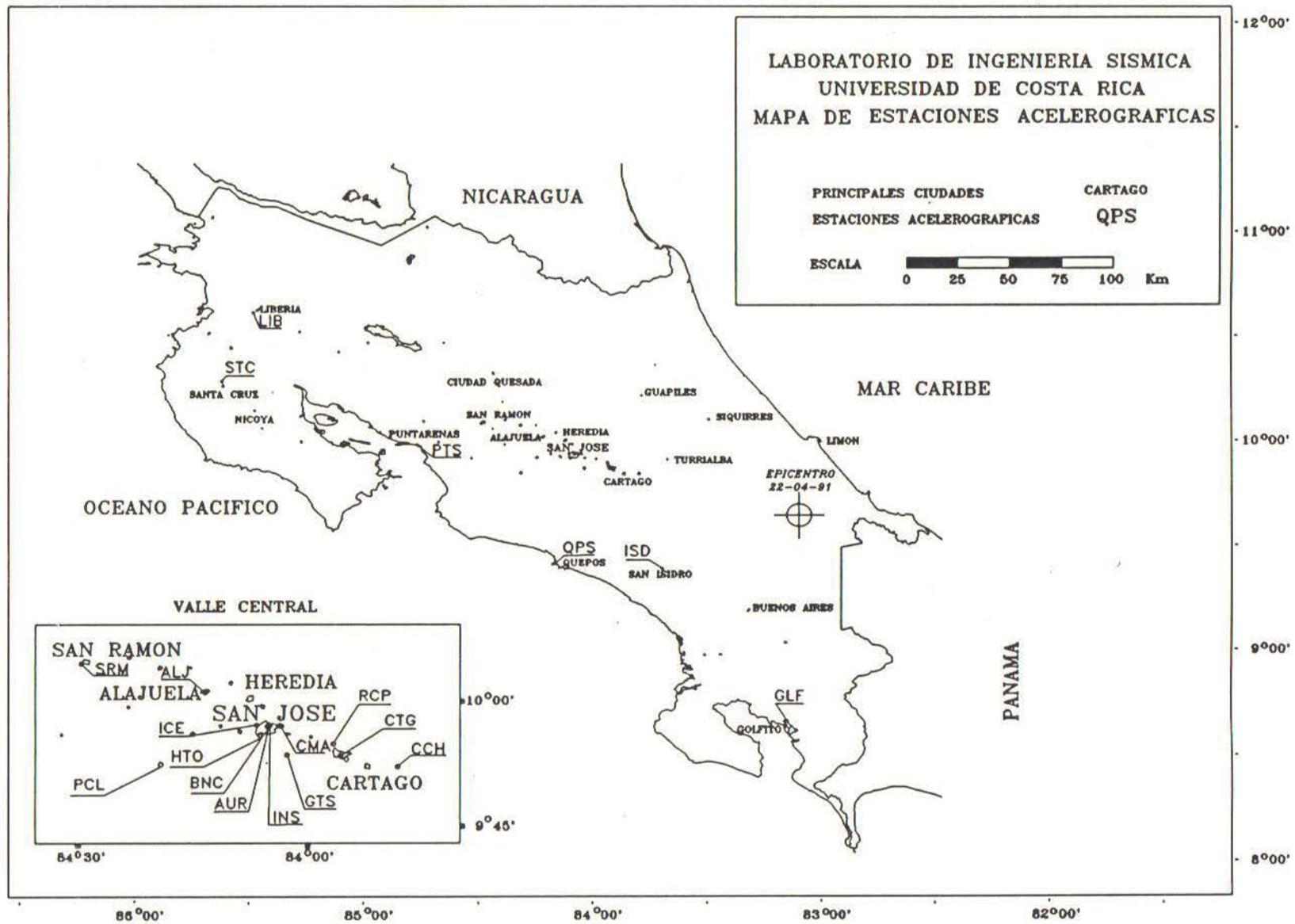
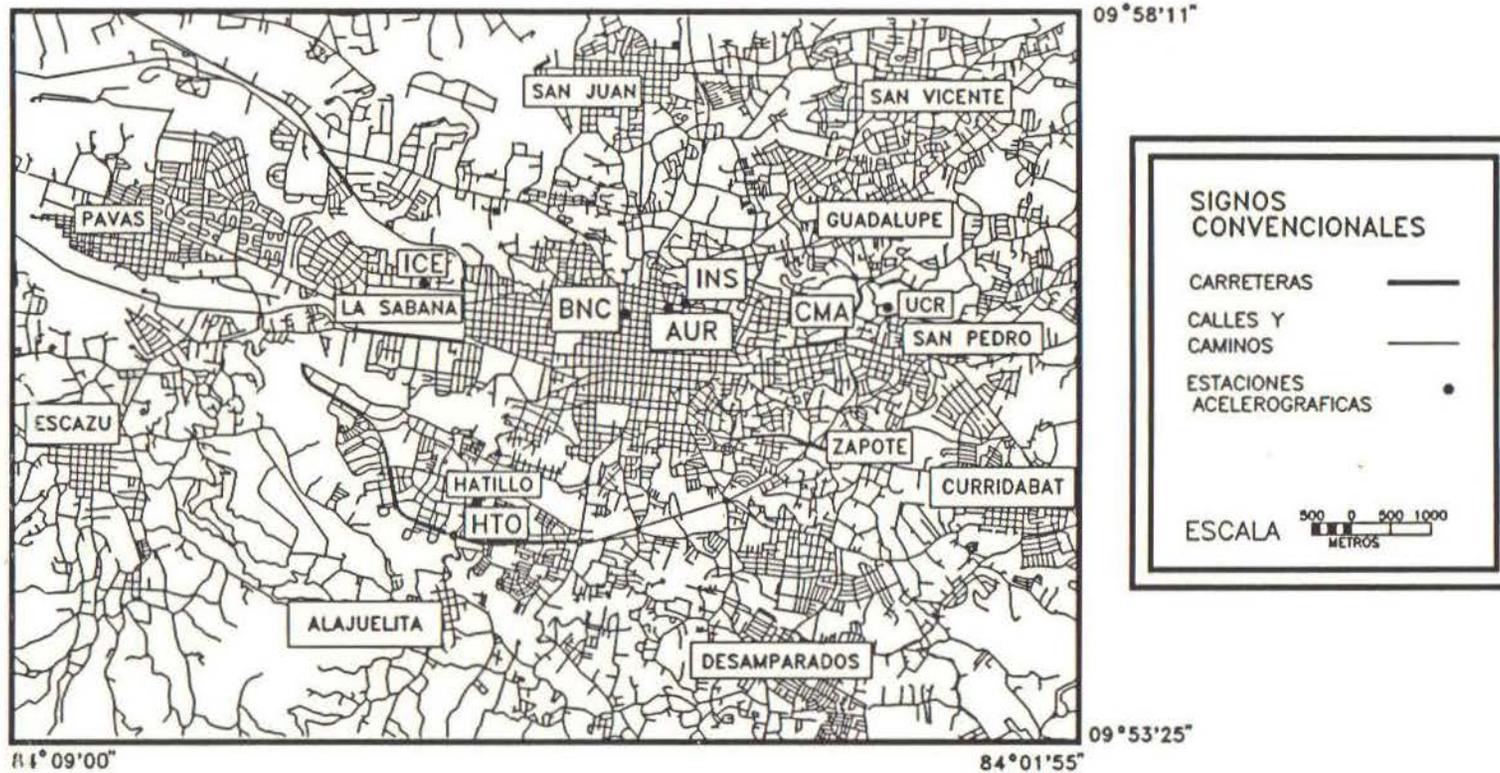


Figura 1. Mapa de ubicación de estaciones acelerográficas del Programa de Medición de Sismos Fuertes

LABORATORIO DE INGENIERIA SISMICA
 MAPA DE UBICACION DE ESTACIONES
 CIUDAD DE SAN JOSE



7

Figura 2. Mapa de San José con ubicación de estaciones acelerográficas del Programa de Medición de Sismos Fuertes

TABLA 2
ESTACIONES QUE REGISTRARON EL SISMO PRINCIPAL

Nombre, código y descripción de estación acelerográfica	Tipo de Suelo y Geología	Coordenadas geográficas	Registro en pág.
San Isidro, ISD Edificio INS Concreto reforzado 2 pisos	Firme Materiales sedimentarios terciarios	9.3726 83.7052	14
Cachí, CCH Túnel de exploración en flanco sur de represa Proyecto Hidroeléctrico Cachí Instalación en roca	Rocoso Materiales volcánicos terciarios	9.8422 83.8053	16
Cartago, CTG Parque Central Instalación en campo libre	Blando Sedimento aluviales recientes	9.8672 83.9253	18
San José - Guatuso, GTS Escuela primaria de Guatuso, Patarrá Acero y elementos prefabricados 1 piso	Rocoso Materiales sedimentarios terciarios	9.8703 84.0375	20
San José - Biblioteca UCR, CMA Edificio Biblioteca Carlos Monge Concreto reforzado 4 pisos	Blando Depósitos volcánicos cuaternarios	9.9370 84.0540	23
Golfito, GLF Hospital CCSS Acero 2 pisos	Blando Materiales ígneos y sedimentarios del Cretácico	8.6449 83.1722	25
San José - Hotel Aurola, AUR Edificio Hotel Aurola Acero y concreto reforzado 17 pisos	Firme Depósitos volcánicos cuaternarios	9.9376 84.0775	28
San José - Banco Nacional, BNC Edificio del Banco Nacional Concreto reforzado 20 pisos	Firme Depósitos volcánicos cuaternarios	9.9370 84.0823	32
San José - Hatillo, HTO Clínica Solón Núñez, CCSS Concreto reforzado 1 piso	Blando Sedimento aluviales recientes	9.9160 84.0987	34

TABLA 3
ACELERACIONES MAXIMAS REGISTRADAS

Nombre de estación	Código	Tipo Estr.	Tipo Suelo	Distancia Hipocentral	Aceleración Máxima	Orientación de ejes
San Isidro (Nivel del terreno)	ISD	B	F	76	0.20	0°
					0.17	Vertical
					0.15	270°
Cachí (Túnel de exploración)	CCH	C	R	83	0.15	0°
					0.06	Vertical
					0.09	270°
Cartago (Parque Central)	CTG	C	B	96	0.27	0°
					0.13	Vertical
					0.22	270°
San José Guatuso (Nivel del terreno)	GTS	B	F	108	0.11	0°
					0.04	Vertical
					0.06	270°
San José Biblioteca Central UCR (Nivel del terreno)	CMA	A	B	111	0.16	92.5°
					0.12	Vertical
					0.20	2.5°
Golfito (Nivel del terreno)	GLF	B	B	113	0.06	0°
					0.02	Vertical
					0.04	270°
San José Hotel Aurola (Sótano)	AUR	A	F	114	0.07	0°
					0.04	Vertical
					0.06	270°
San José Edificio Banco Nacional (Sótano)	BNC	A	F	115	0.08	262°
					0.07	Vertical
					0.07	172°

TABLA 3
ACELERACIONES MAXIMAS REGISTRADAS
(continuación)

Nombre de Estación	Código	Tipo Estr.	Tipo Suelo	Distancia Hipocentral	Aceleración Máxima	Orientación de ejes
San José Hatillo (Nivel del terreno)	HTO	B	B	116	0.12	0°
					0.06	Vertical
					0.09	270°
San José Edificio Central ICE (Sótano)	ICE	A	F	117	0.08	285°
					0.06	Vertical
					0.09	195°
Quepos (Nivel del terreno)	QPS	B	R	121	0.04	0°
					0.03	Vertical
					0.03	270°
Alajuela CIPET (Nivel del terreno)	ALJ	B	B	131	0.11	0°
					0.05	Vertical
					0.09	270°
Puriscal (Nivel del terreno)	PCL	B	B	139	0.09	0°
					0.07	Vertical
					0.07	270°
San Ramón UCR (Nivel del terreno)	SRM	B	B	162	0.09	0°
					0.08	Vertical
					0.08	270°
Notas						
Valores de aceleraciones máximas relativas a g						
g = 9.81 m/s ² , aceleración de la gravedad						
Distancias en kilómetros						
TIPO DE ESTRUCTURA				TIPO DE SUELO		
A: Edificio alto (3 o más pisos)				R: Roca		
B: Edificio bajo (menos de 3 pisos)				F: Firme		
C: Instalación en campo libre				B: Blando		

**ACELEROGRAMAS DEL SISMO DE LIMON
22 DE ABRIL DE 1991**

ESTACION: San Isidro

CODIGO: ISD



Fotografía de la estación

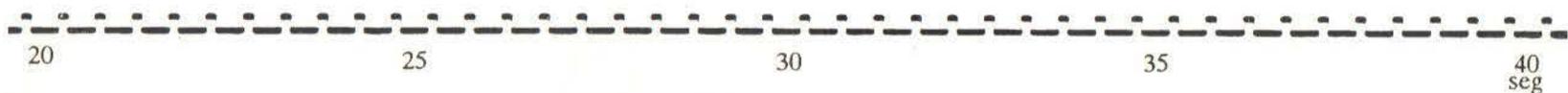
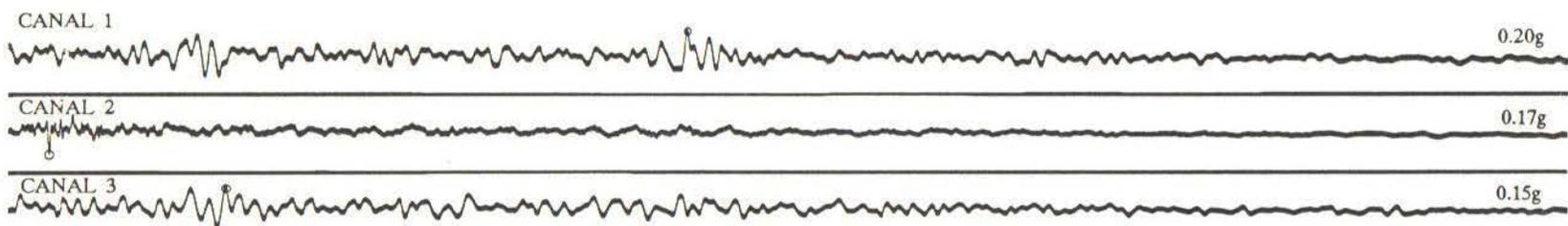
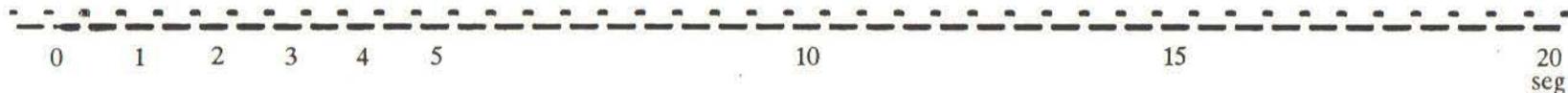
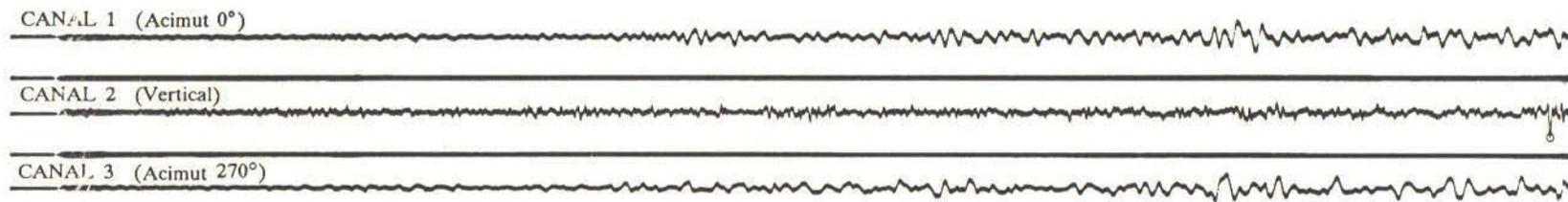
Sucursal del Instituto Nacional de Seguros en San Isidro

Estructura de marcos de concreto reforzado de 2 pisos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San Isidro de Pérez Zeledón

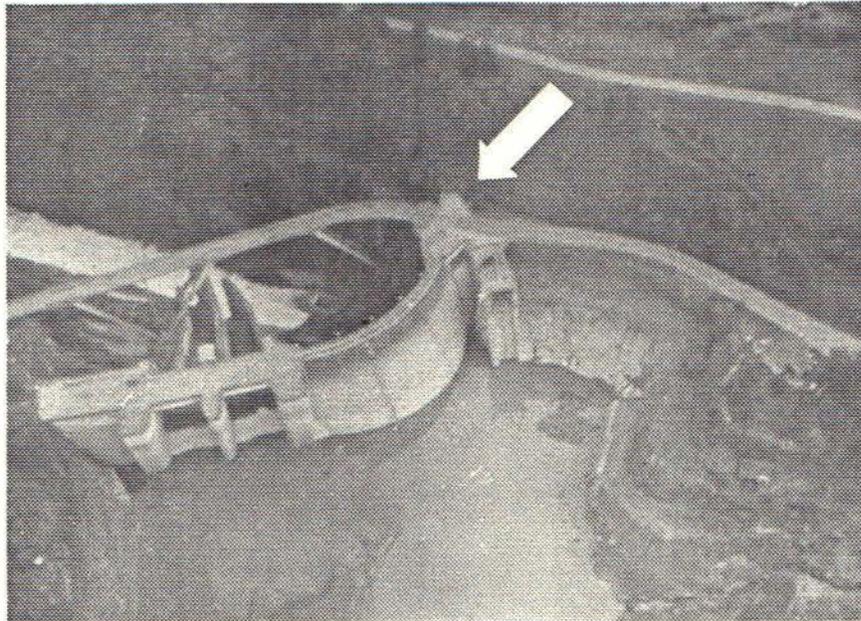
CODIGO: ISD



14

ESTACION: Cachí

CODIGO: CCH



Fotografía de la estación

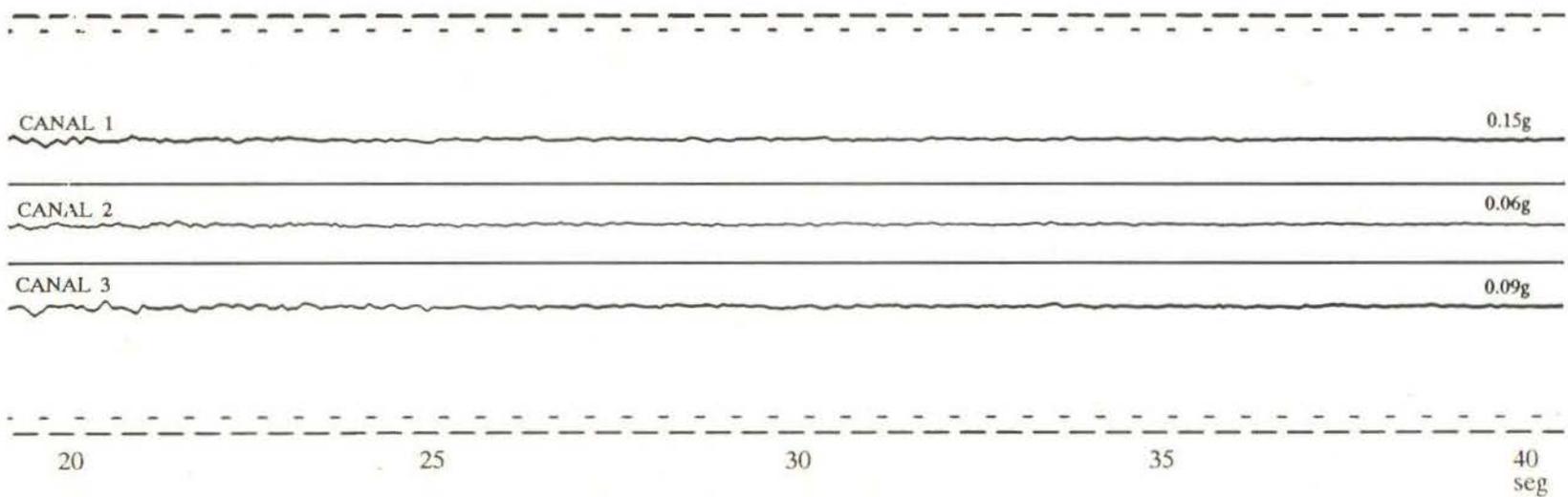
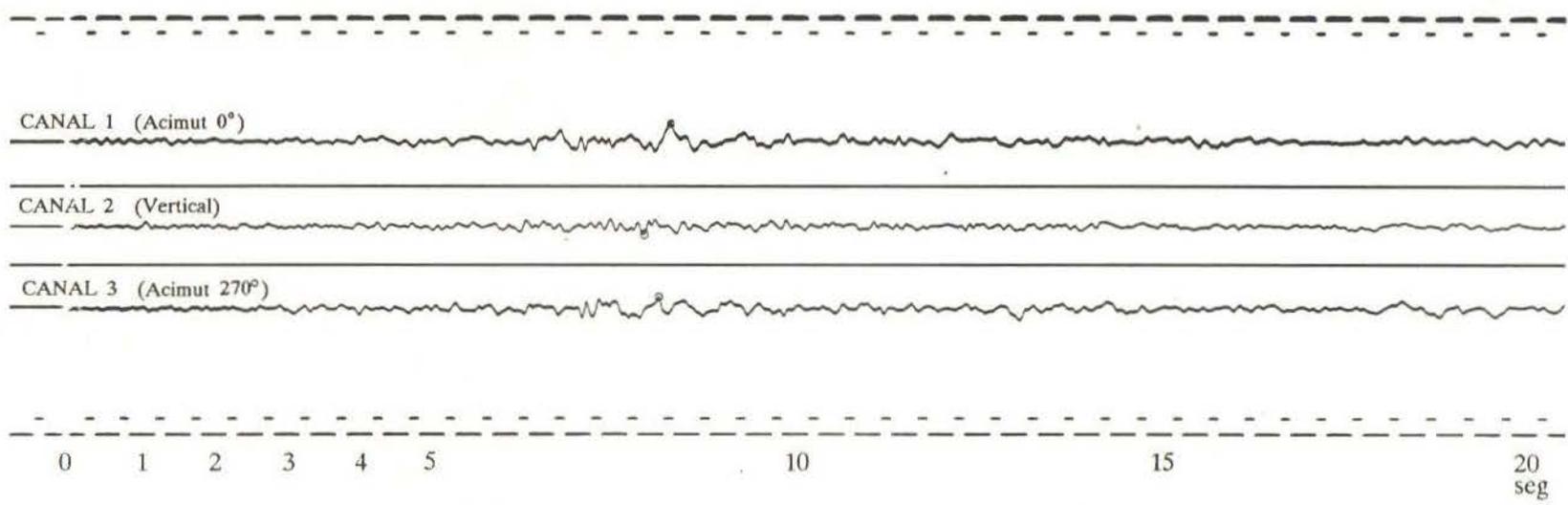
Túnel de exploración en la margen sur de la Represa del Proyecto Hidroeléctrico de Cachí

Instalación en roca

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

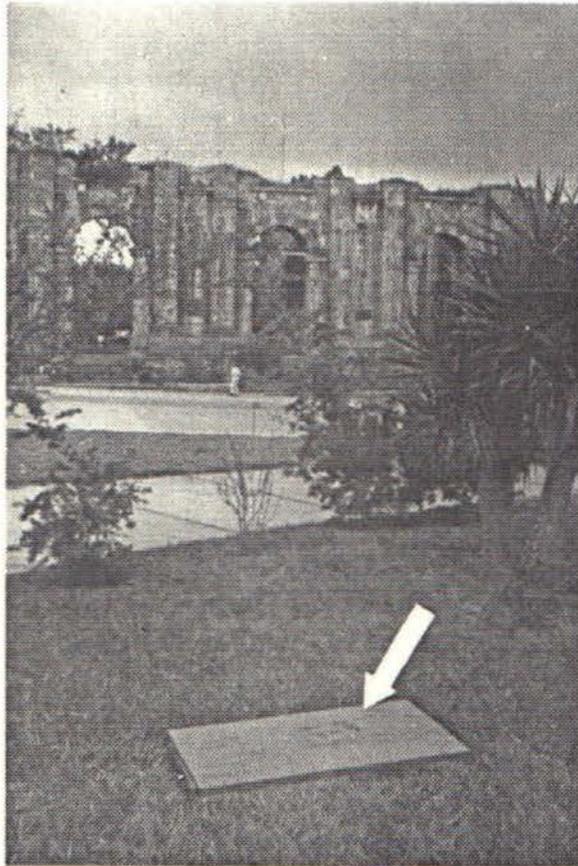
ESTACION: Cachí

CODIGO: CCH



ESTACION: Cartago

CODIGO: CTG



Fotografía de la estación

Parque Central de la Ciudad de Cartago

Instalación en campo libre

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO:

LIMON

FECHA:

22 de abril de 1991

HORA:

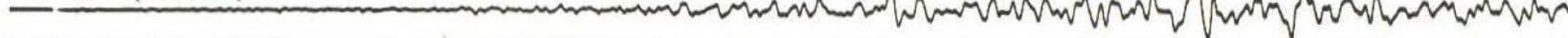
15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: Cartago - Parque Central

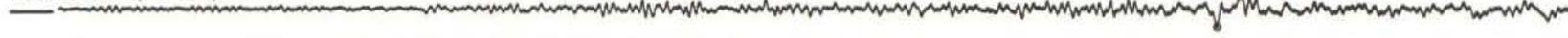
CODIGO: CTG



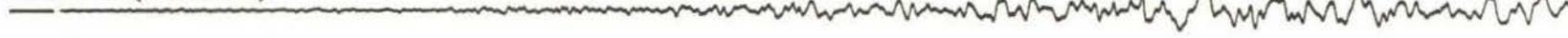
CANAL 1 (Acimut 0°)



CANAL 2 (Vertical)



CANAL 3 (Acimut 270°)



0 1 2 3 4 5 10 15 20
seg



CANAL 1



0.27g

CANAL 2



0.13g

CANAL 3



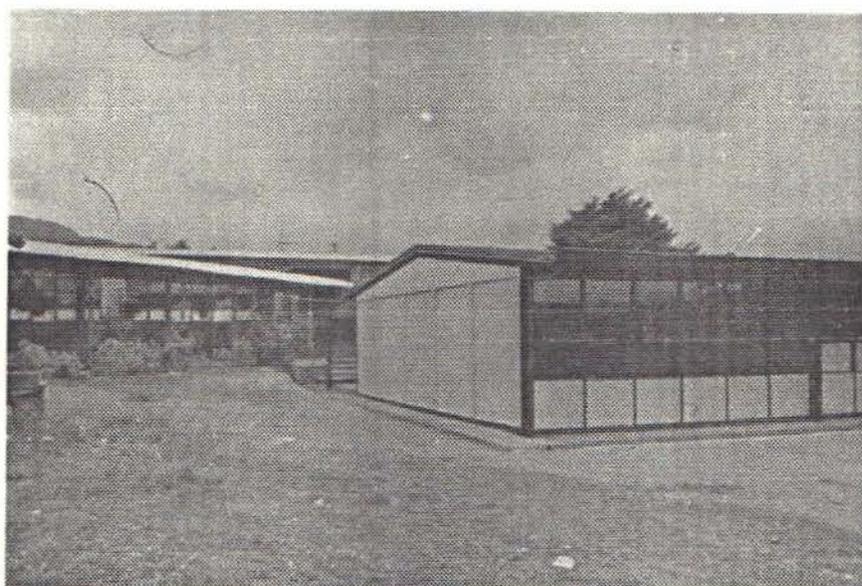
0.22g



20 25 30 35 40
seg

ESTACION: San José - Guatuso

CODIGO: GTS



Fotografía de la estación

Escuela de enseñanza primaria, Guatuso de Patarrá

Estructura de marcos de acero y elementos prefabricados de 1
piso

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO:

LIMON

FECHA:

22 de abril de 1991

HORA:

15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Guatuso de Patarrá

CODIGO: GTS

CANAL 1 (Acimut 0°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 270°)

20

0 1 2 3 4 5 10 15 20
seg

CANAL 1

0.11g

CANAL 2

0.04g

CANAL 3

0.06g

20 25 30 35 40
seg

ESTACION: San José - Biblioteca UCR CODIGO: CMA

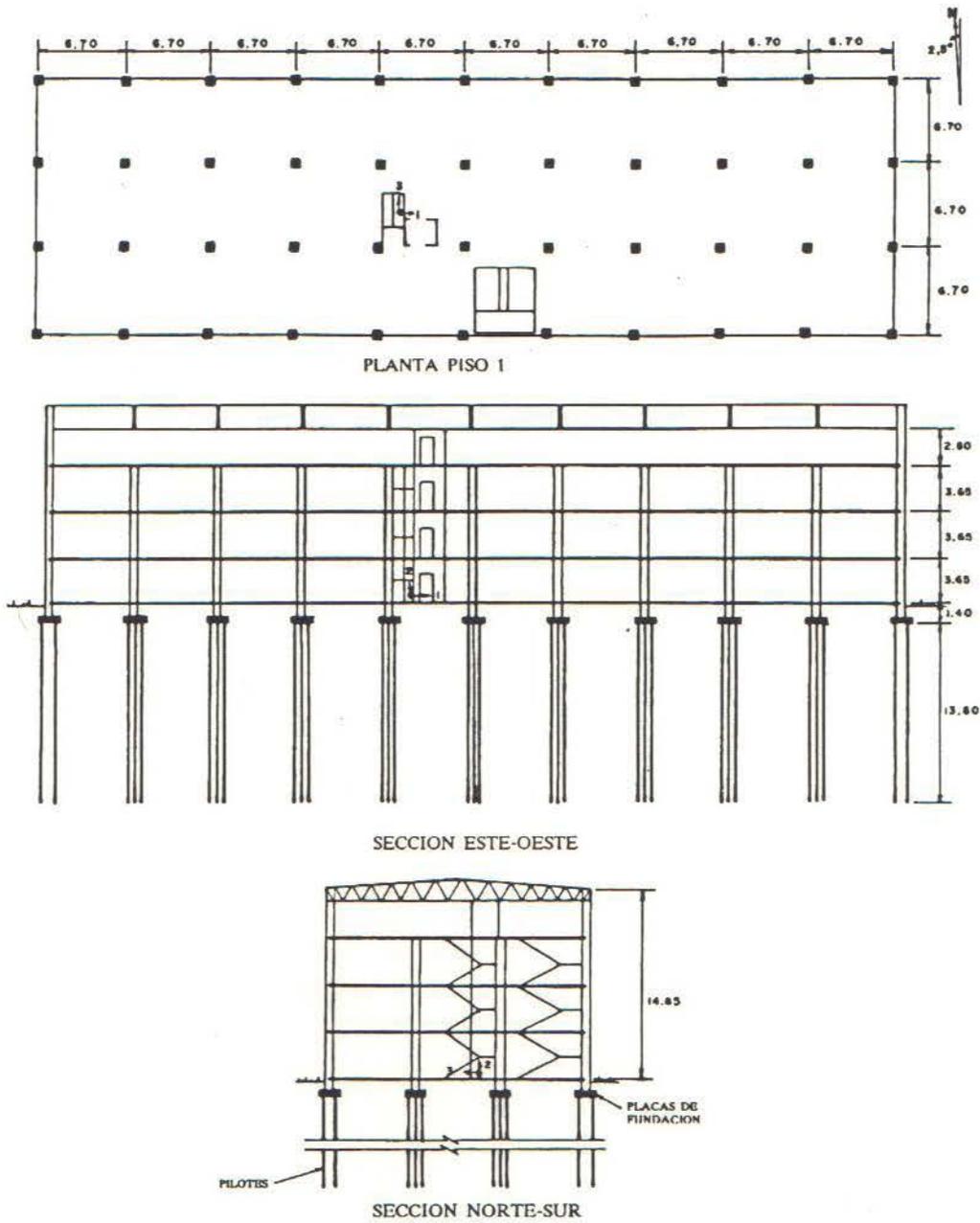


Fotografía de la estación

Biblioteca Carlos Monge Alfaro - Universidad de Costa Rica

Estructura de marcos de concreto reforzado de tres pisos con
cimentación sobre pilotes de fricción

Adición posterior de una piso (cuarto piso) con estructura de
cerchas de acero



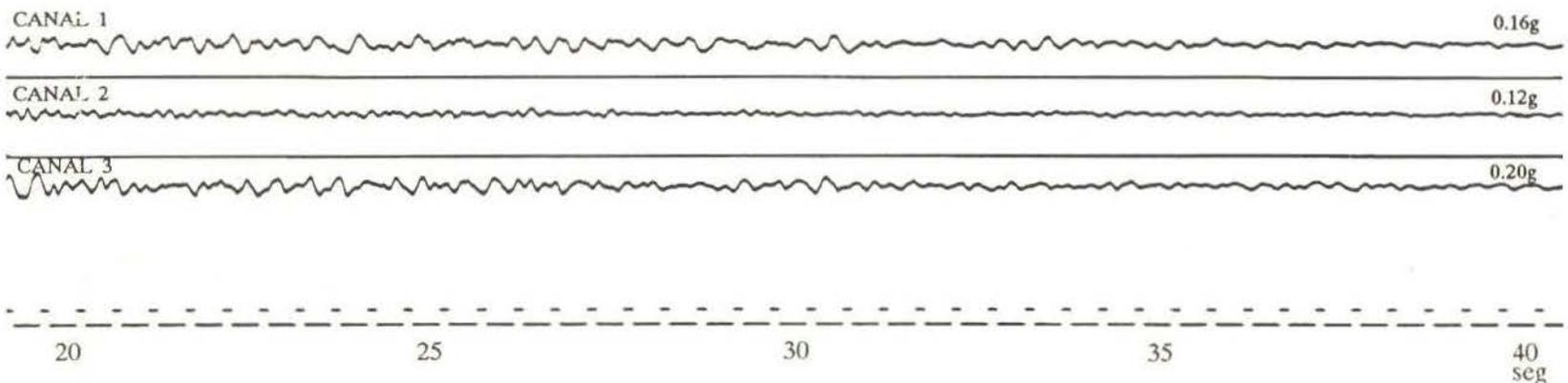
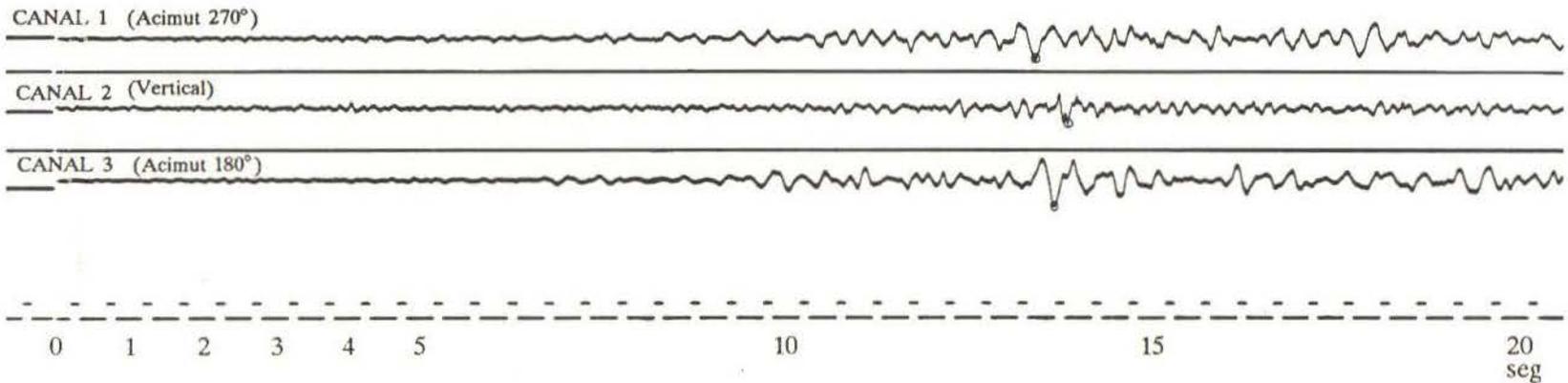
BIBLIOTECA CARLOS MONGE ALFARO
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Estación CMA
Diagrama de ubicación de instrumentos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Biblioteca Central UCR

CODIGO: CMA



ESTACION: Golfito

CODIGO: GLF



Fotografía de la estación

Hospital de Golfito

Estructura de marcos de acero de 2 pisos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO:

LIMON

FECHA:

22 de abril de 1991

HORA:

15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: Golfito

CODIGO: GLF

21:56:33 GMT

CANAL 1 (Acimut 0°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 270°)

25

0 1 2 3 4 5 10 15 20 seg

CANAL 1 0.06g

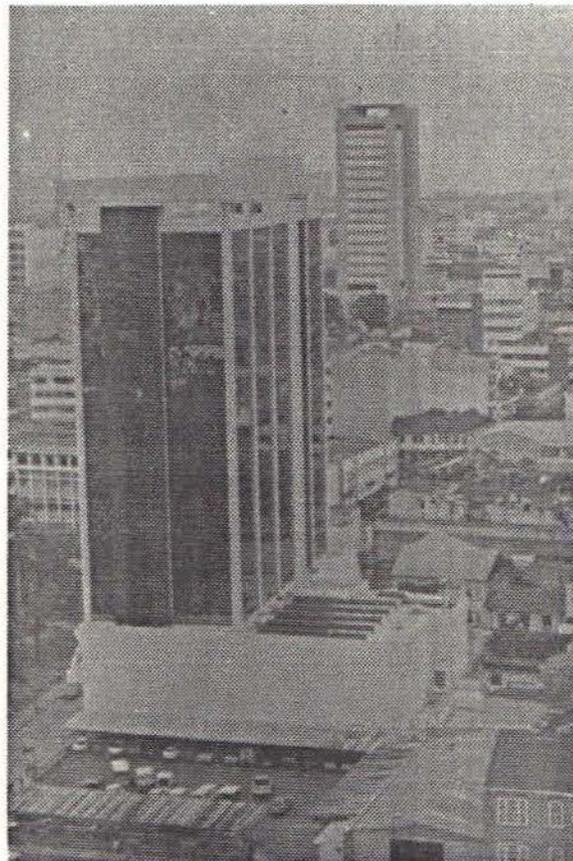
CANAL 2 0.02g

CANAL 3 0.04g

20 25 30 35 40 seg

ESTACION: San José - Aurola

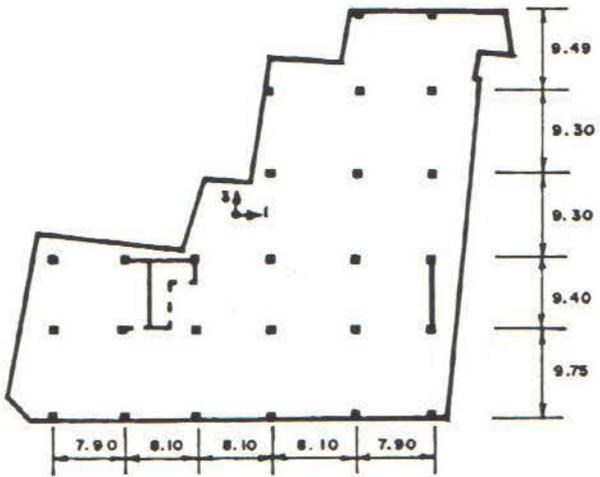
CODIGO: AUR



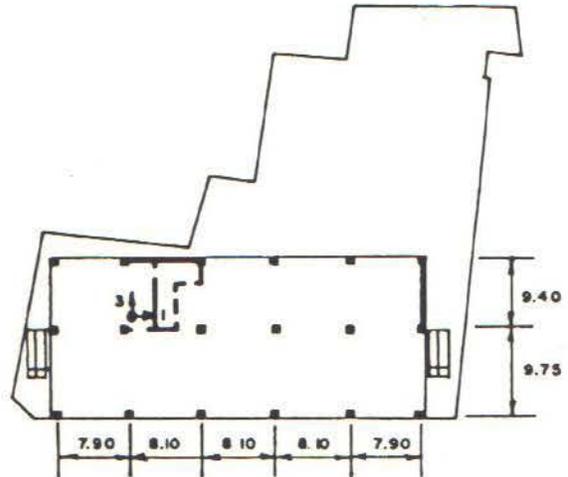
Fotografía de la estación

Edificio del Hotel Aurola Holiday Inn

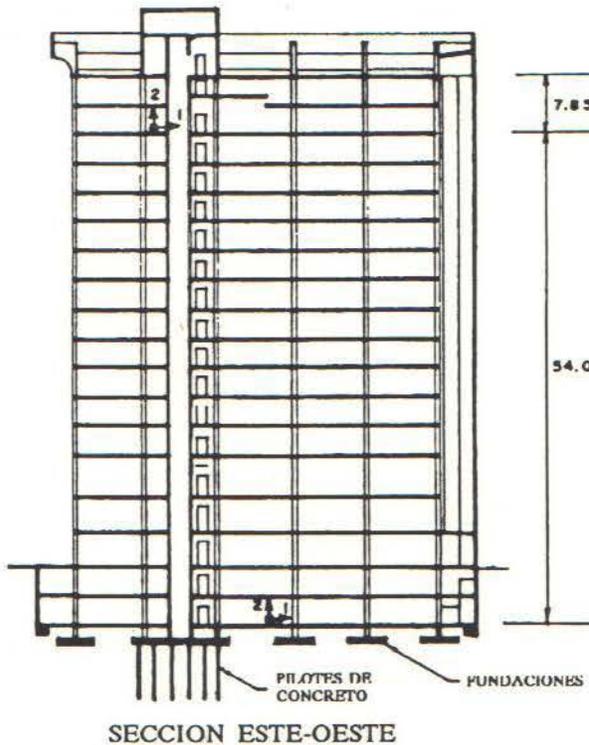
Estructura de marcos de acero y muros de concreto reforzado de
17 pisos



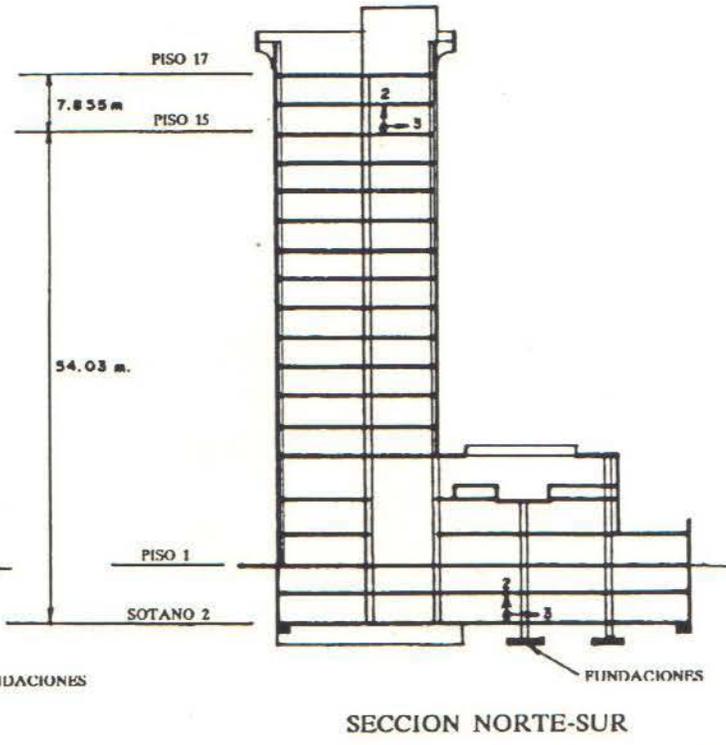
PLANTA SOTANO 2
HOTEL AUROLA HOLIDAY INN



PLANTA PISO 15
HOTEL AUROLA HOLIDAY INN



SECCION ESTE-OESTE



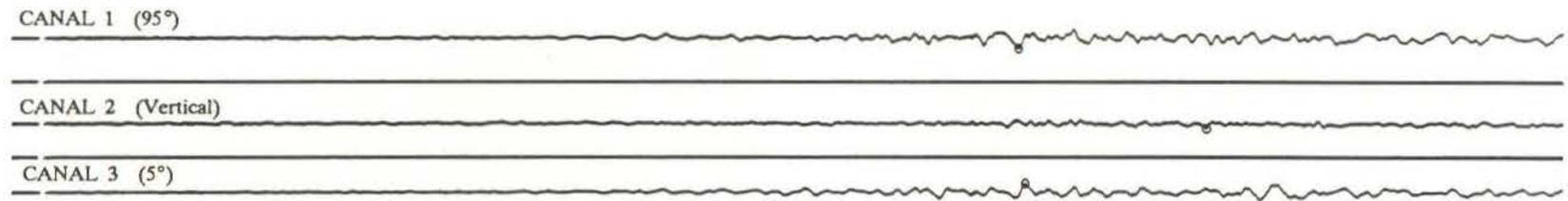
SECCION NORTE-SUR

Estación AUR
Diagrama de ubicación de los instrumentos

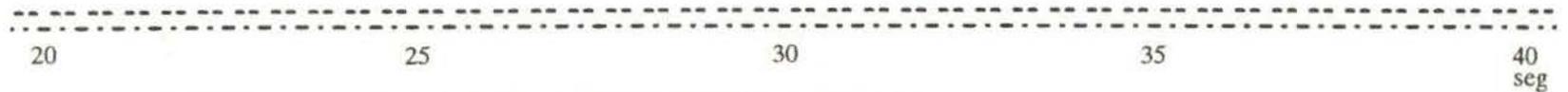
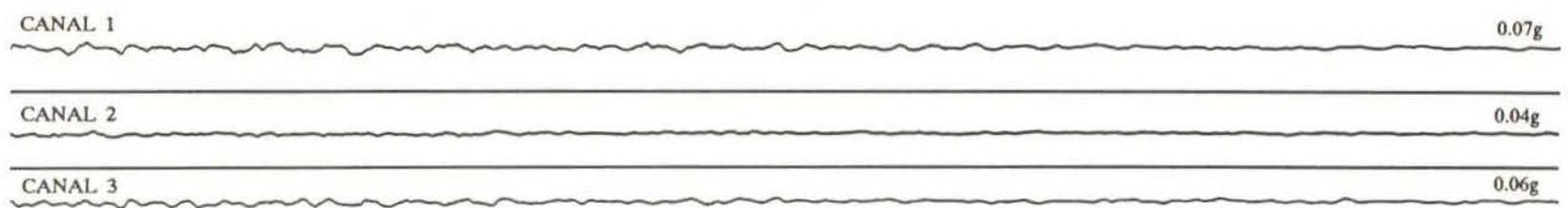
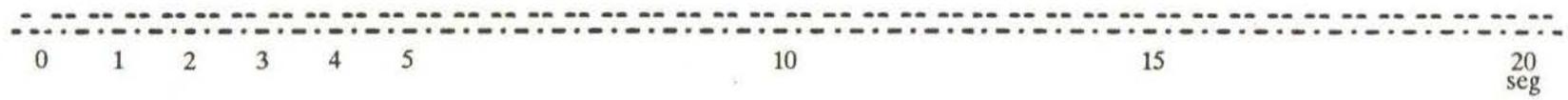
REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Hotel Aurola (Sótano)

CODIGO: AUR-g



28



Nota: Las irregularidades en las marcas de tiempo se deben a manchas en la película original

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

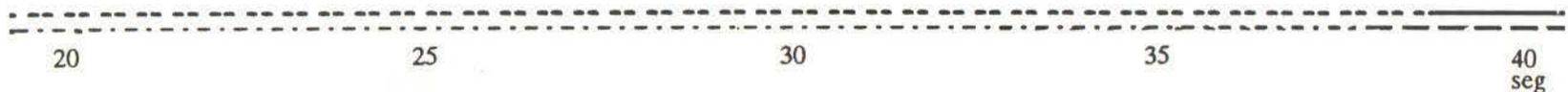
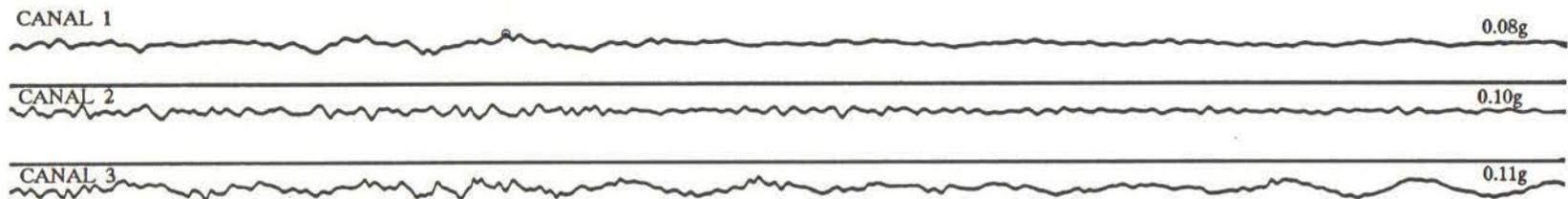
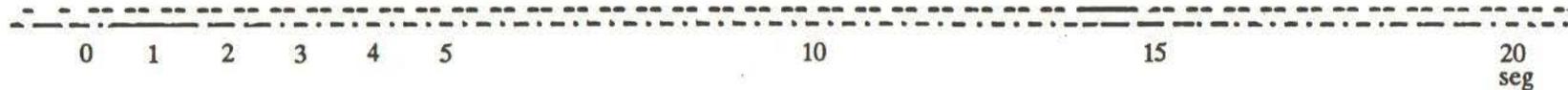
ESTACION: San José - Hotel Aurola (Piso 15)

CODIGO: AUR-u

CANAL 1 (Acimut 95°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 5°)



ESTACION: San José - Banco Nacional

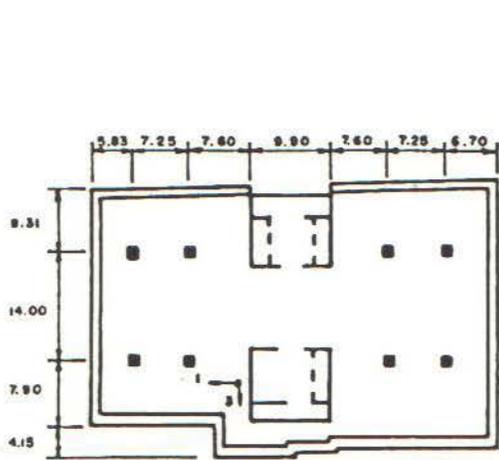
CODIGO: BNC



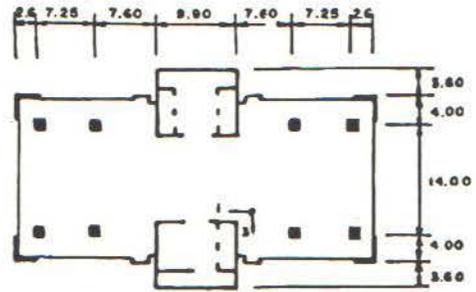
Fotografía de la estación

Edificio del Banco Nacional de Costa Rica

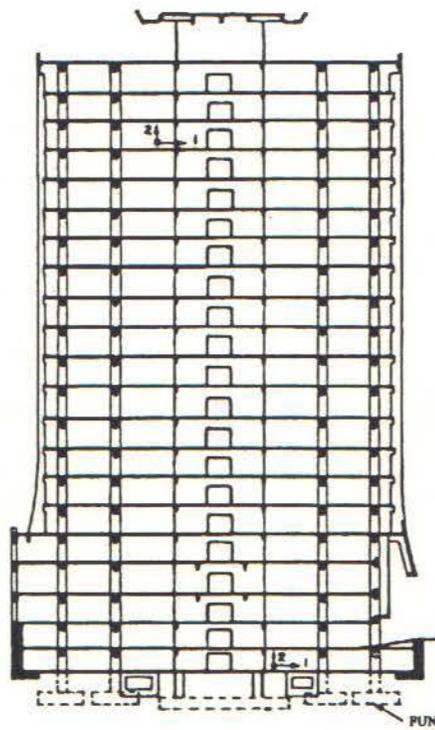
Estructura de marcos y muros de concreto reforzado de 20 pisos



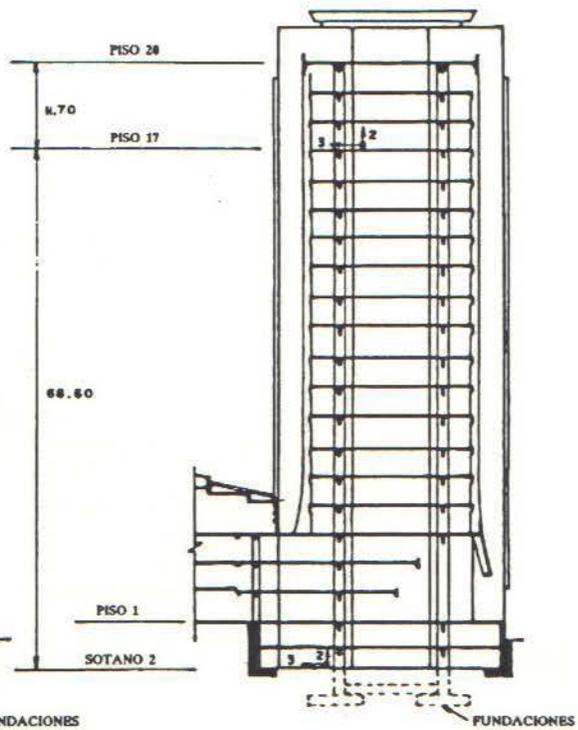
PLANTA SOTANO 2
BANCO NACIONAL DE COSTA RICA



PLANTA PISO 17
BANCO NACIONAL DE COSTA RICA



SECCION ESTE-OESTE



SECCION NORTE-SUR

Estación BNC
Diagrama de ubicación de instrumentos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Banco Nacional (Sótano)

CODIGO: BNC-g



CANAL 1 (Acimut 262°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 172°)

0 1 2 3 4 5 10 15 20 seg



CANAL 1 0.08g

CANAL 2 0.07g

CANAL 3 0.07g

20 25 30 35 40 seg

ESTACION: San José - Hatillo

CODIGO: HTO



Fotografía de la estación

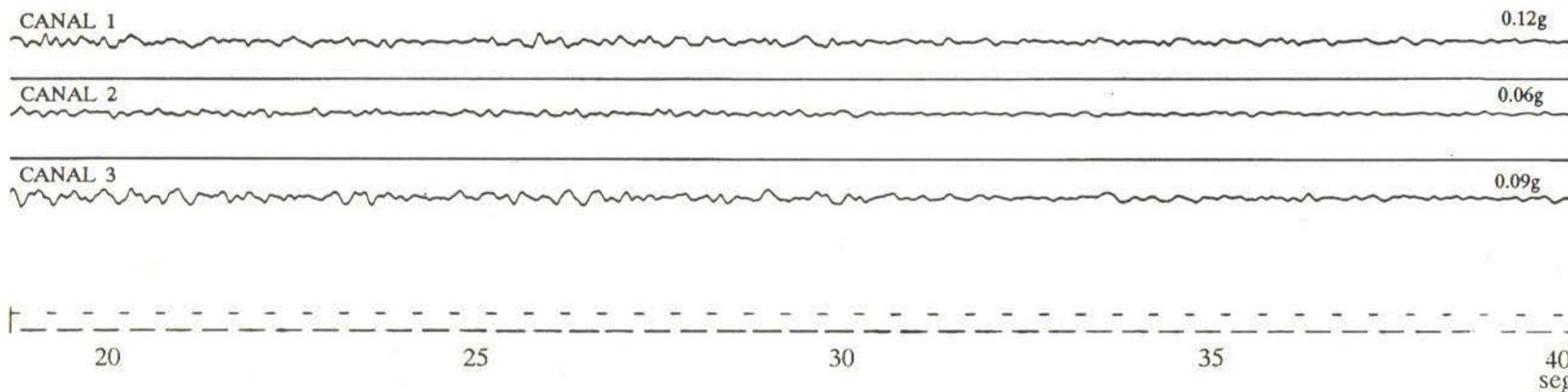
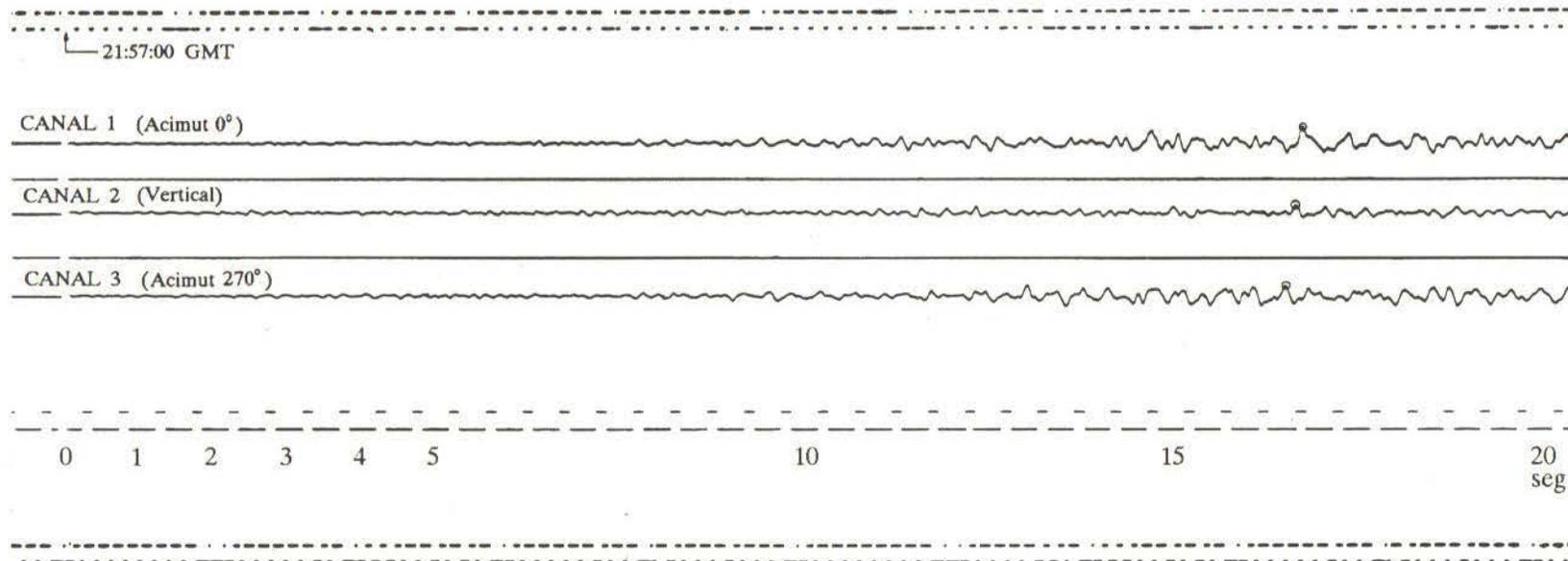
Clínica Solón Núñez, Hatillo
Caja Costarricense de Seguro Social

Estructura de mampostería y marcos de concreto reforzado de 1
piso

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Hatillo

CODIGO: HTO



ESTACION: San José - ICE

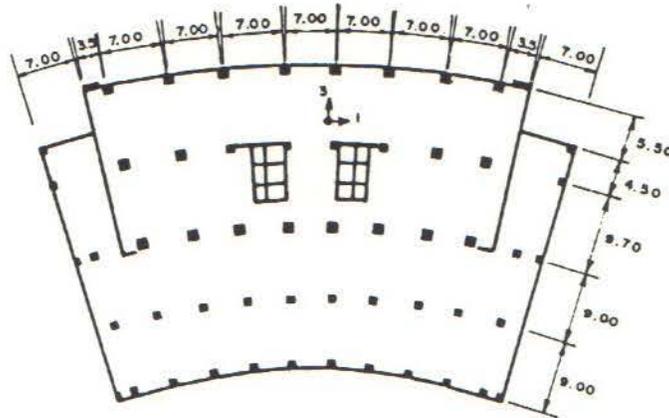
CODIGO: ICE



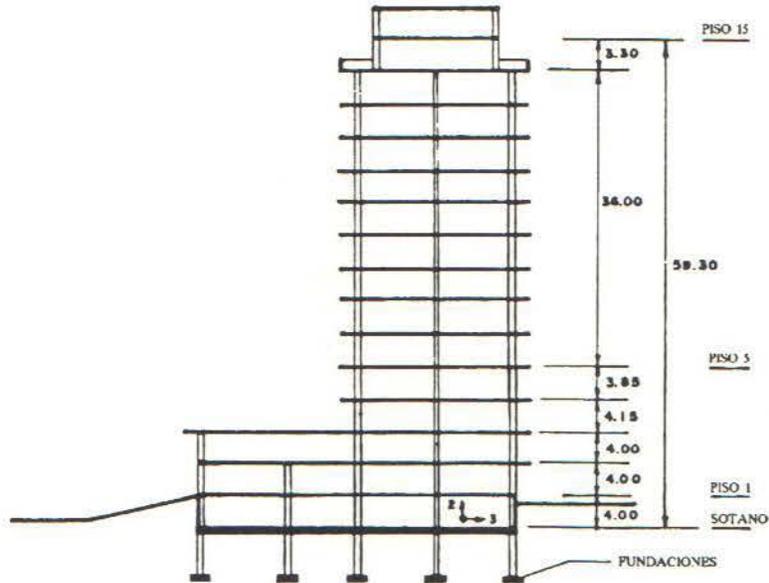
Fotografía de la estación

Edificio central del Instituto Costarricense de Electricidad

Estructura de marcos y muros de concreto reforzado de 15 pisos



PLANTA SOTANO
INSTITUTO COSTARRICENSE
DE ELECTRICIDAD

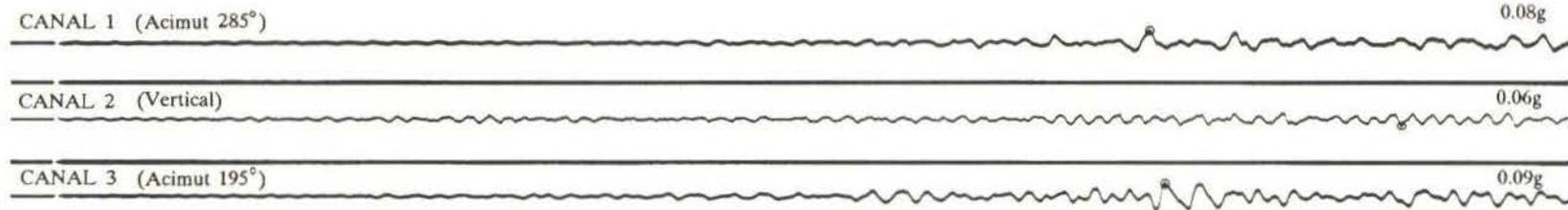


SECCION NORTE-SUR

Estación ICE
Diagrama de ubicación de instrumentos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San José - Edificio ICE CODIGO: ICE

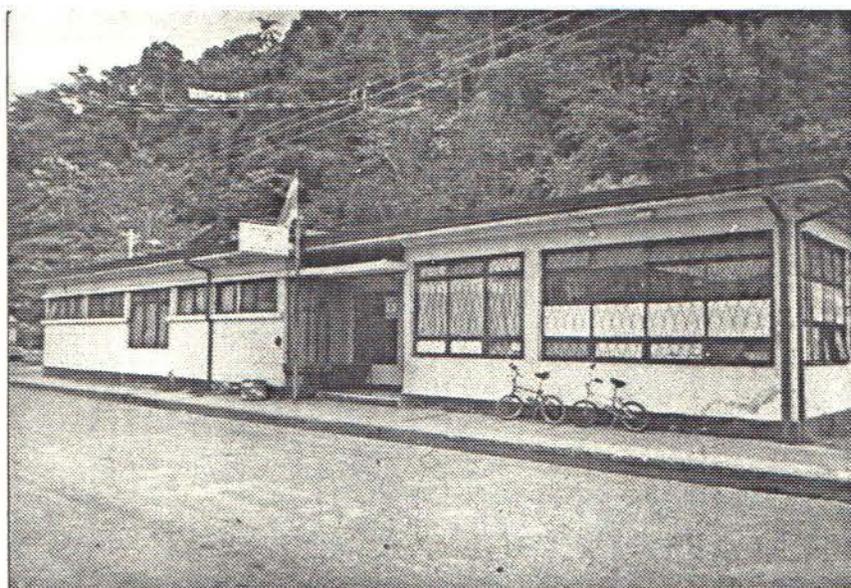


37

Nota: La película original muestra problemas en las marcas de tiempo después de los 10 segundos

ESTACION: Quepos

CODIGO: QPS



Fotografía de la estación

Centro de Salud de Quepos

Estructura de mampostería de concreto reforzada de 1 piso

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO:

LIMON

FECHA:

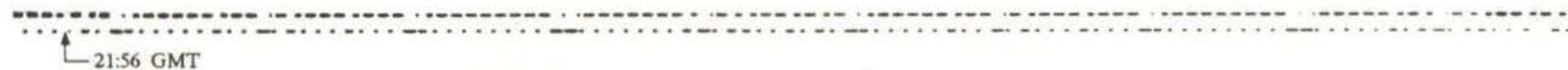
22 de abril de 1991

HORA:

15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: Quepos

CODIGO: QPS

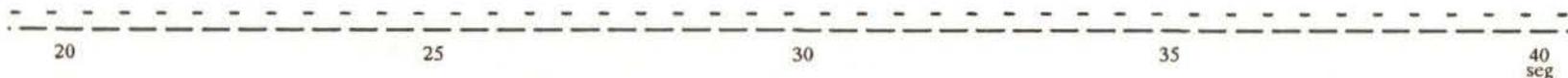
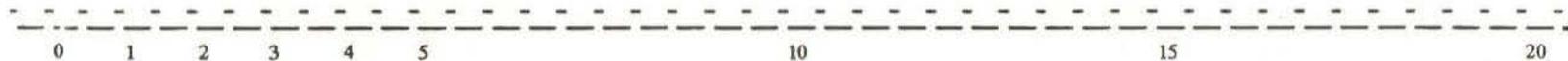


CANAL 1 (Acimut 0°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 270°)

39



ESTACION: Alajuela

CODIGO: ALJ



Fotografía de la estación

Centro de Investigación y Perfeccionamiento para la Enseñanza
Técnica (CIPET), Antiguo Cuartel, Alajuela

Estructura de mampostería de concreto reforzada de 2 pisos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: Alajuela - CIPET

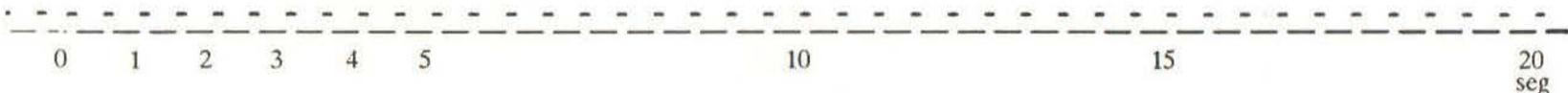
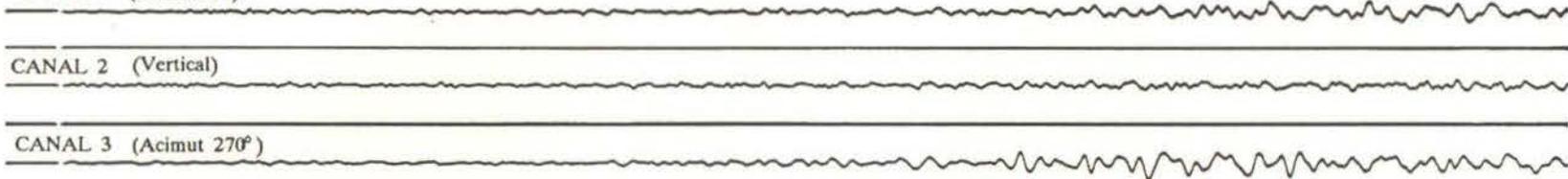
CODIGO: ALJ



CANAL 1 (Acimut 0°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 270°)



CANAL 1

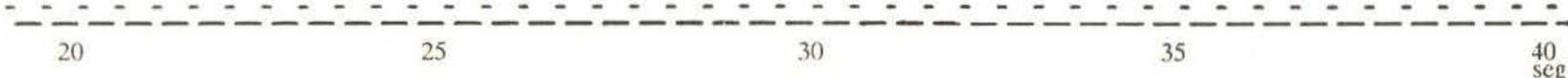
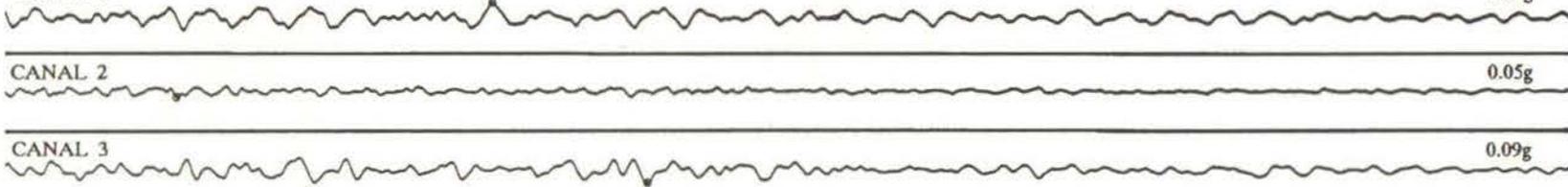
0.11g

CANAL 2

0.05g

CANAL 3

0.09g



ESTACION: Puriscal

CODIGO: PCL



Fotografía de la estación

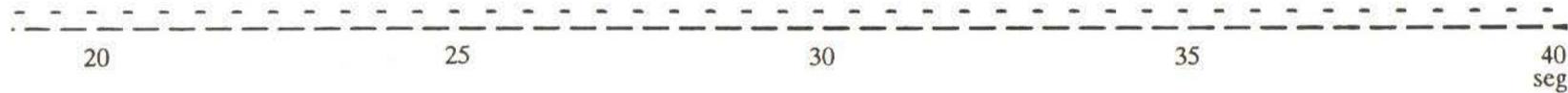
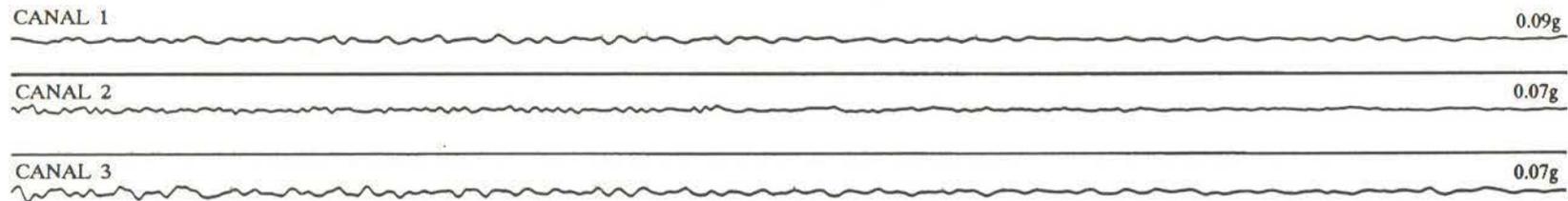
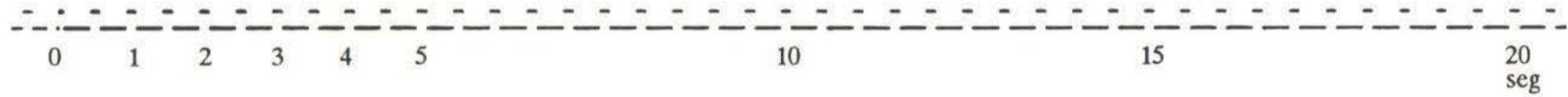
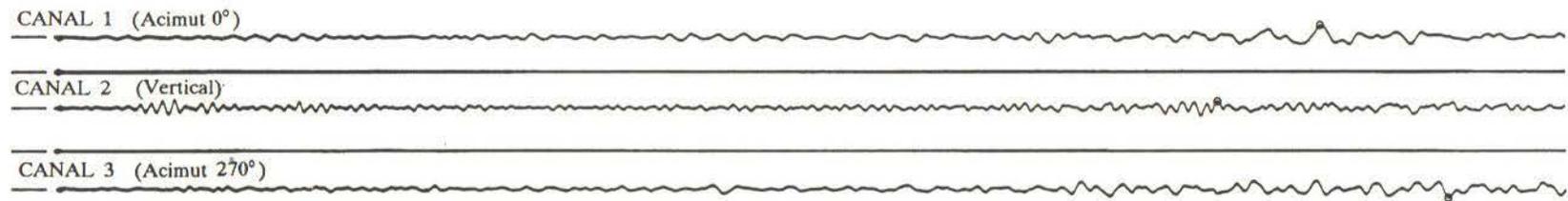
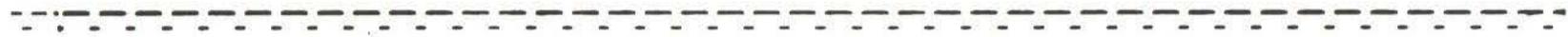
Estación de Bomberos, Santiago de Puriscal

Estructura de concreto reforzado de 2 pisos

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO: LIMON
FECHA: 22 de abril de 1991
HORA: 15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: Puriscal

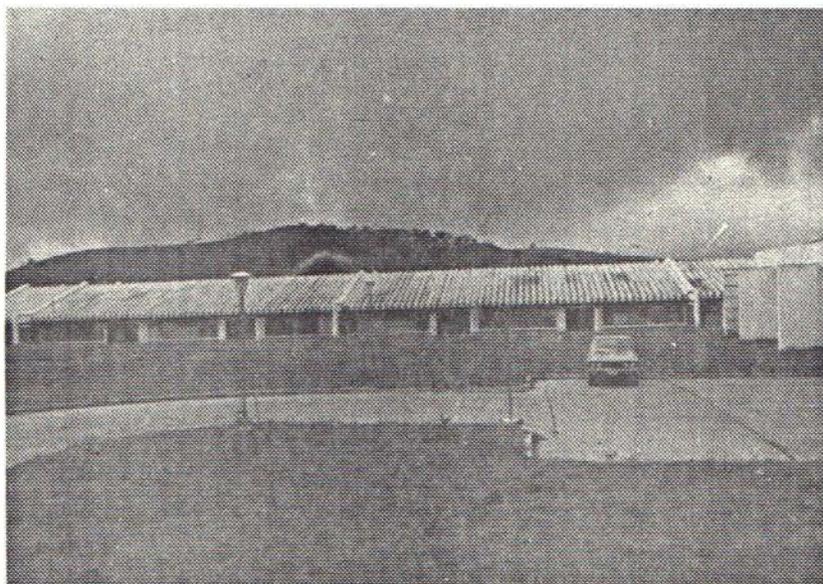
CODIGO: PCL



43

ESTACION: San Ramón

CODIGO: SRM



Fotografía de la estación

Centro Regional de Occidente, Universidad de Costa Rica
Sede de San Ramón

Estructura de marcos de concreto reforzado y mampostería de 1
piso

REGISTROS DE ACELERACIONES DEL SISMO:

LIMON

FECHA:

22 de abril de 1991

HORA:

15:57 local, 21:57 GMT

ESTACION: San Ramón - UCR

CODIGO: SRM

21:57:17 GMT

CANAL 1 (Acimut 0°)

CANAL 2 (Vertical)

CANAL 3 (Acimut 270°)

45

0 1 2 3 4 5 10 15 20 seg

CANAL 1 0.09g

CANAL 2 0.08g

CANAL 3 0.08g

20 25 30 35 40 seg

OTROS REGISTROS DE ACELERACIONES

Otras entidades en el país, además del Programa de Medición de Sismos Fuertes mantienen acelerógrafos instalados en diversas partes del territorio nacional. El Instituto Costarricense de Electricidad tiene instalados un total de 8 estaciones acelerográficas en los diferentes proyectos de generación de energía. También el Observatorio Sismológico y Vulcanológico de la Universidad Nacional en Heredia mantiene un cierto número de acelerógrafos instalados.

REFERENCIAS

1. Boschini, I. M., "Incidencia de las Fuentes Sísmicas en la Región Caribe de Costa Rica," Tesis de Licenciatura, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica, 1989.
2. Güendel, F., Comunicación personal. 1989.
3. Miyamura, S., "Sismicidad de Costa Rica." Editorial Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica. 1980.
4. Montero, W., 1986: "Períodos de Recurrencia y Tipos de Secuencias Sísmicas de los Temblores Interplaca e Intraplaca en la Región de Costa Rica." Revista Geológica de América Central, No. 5: 35-72.
5. Morales, L.D., 1985: "Las Zonas Sísmicas de Costa Rica y Alrededores." Revista Geológica de América Central, No. 3: 69-101.
6. Mortgat, C.P. et al., "A Study of Seismic Risk for Costa Rica," The John A. Blume Earthquake Research Center, Stanford University, Report No. 25, 1977.
7. Nishenko, S.P., "Circum-Pacific Seismic Potential 1989-1999," U.S. Geological Survey Open File Report 89-86, 1989.
8. Reid, H.F., "Note on the Earthquakes at Almirante, Republic of Panama, in April 1916", Bulletin of the Seismological Society of America, No.7: 27-30, 1917.
9. Santana, G, et al., "Registros de Aceleraciones del Terremoto del 22 de Diciembre de 1990." Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. (En preparación).

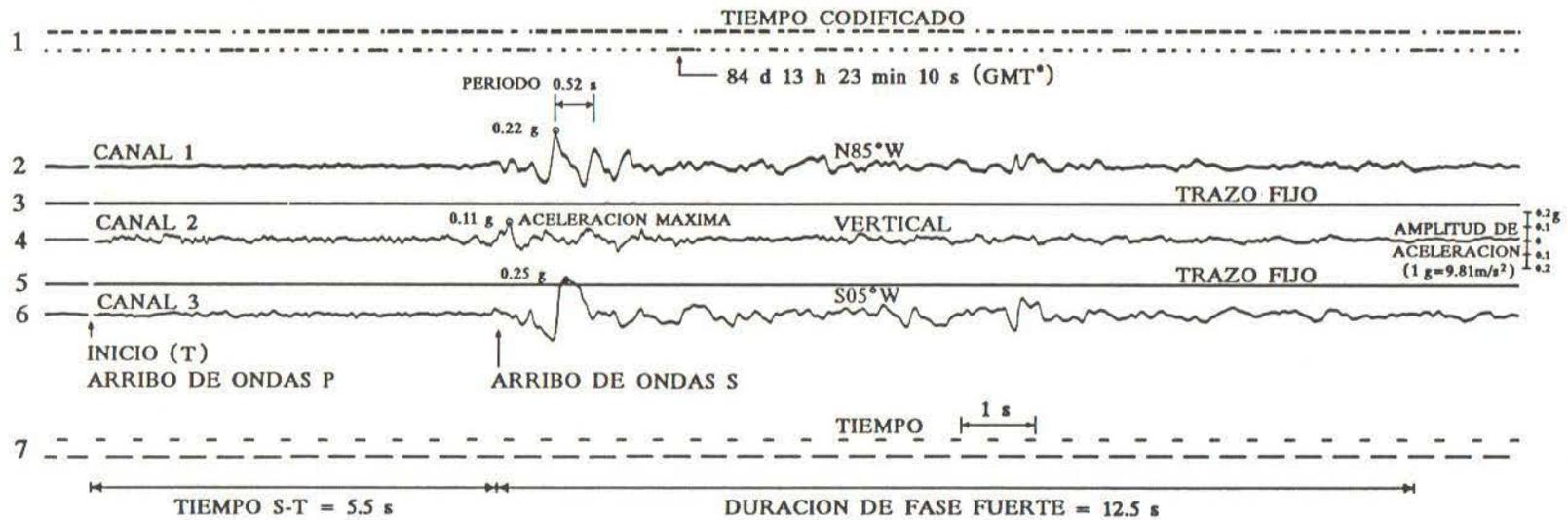
APENDICE

GUIA PARA LA LECTURA E INTERPRETACION DE ACELEROGRAMAS

SISMO DE COBANO
 25 de marzo, 1990
 13:22:55 GMT
 Ms=6.8

Estación: PTS
 Hospital Monseñor Sanabria
 Puntarenas
 Distancia epicentral 49 km

48



ACELEROGRAMA TIPICO

(*) GMT: Tiempo Meridiano de Greenwich

REPORTES DEL LABORATORIO DE INGENIERIA SISMICA

1. Altamirano, J. L. y Segura, C. Importancia de la calibración de acelerógrafos. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. REPORTE INII 37-87
2. Santana, G. y Shakal, A. Resultados del Procesamiento de los Registros de Aceleraciones del Sismo de Golfito del 2 de Abril de 1983. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 38-87. Julio 1987
3. Santana, G. et al. Sismos registrados por la Red durante el 15 de Julio de 1987. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 38-87. Agosto 1987.
4. Santana, G. et al. Sismos registrados por la Red durante el período Setiembre 1985 a Diciembre 1987. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 40-88. Marzo 1988.
5. Vargas, W. Análisis Dinámico de Depósitos de suelo. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 41-87. Marzo 1987.
6. Santana, G. et al. Sismo de Cóbano, 25 del Marzo de 1990: Efectos sobre suelos y edificaciones. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 49-90. Noviembre 1990.
7. Santana, G. et al. Resultados del Procesamiento del Registro de Aceleraciones del Hospital Monseñor Sanabria del 25 de Marzo de 1990. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 50-90. Noviembre 1990.
8. Gómez, I. y Santana, G. Estudio de Estructuras Sometidas a Excitaciones Múltiples en sus Apoyos. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 51-90. Diciembre 1990.
9. Sauter, B. y Santana, G. Determinación de los Parámetros Dinámicos del edificio central del Instituto Nacional de Seguros. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 52-90. Diciembre 1990.

10. Fernández, C. y Santana, G. Bases para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Estructuras Existentes. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 53-90. Diciembre 1990.
11. Picado, R. y Santana, G. Modelo de Análisis de Marcos Rellenos. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 54-90. Diciembre 1990.
12. Hernández, R y Santana, G. Instrumentación Extensiva para la Medición de Respuesta Sísmica de un Edificio Alto. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 55-90. Diciembre 1990.
13. Fernández, C. et al. Aportes al Quinto Seminario de Ingeniería Estructural, San José, Costa Rica 22-24 Noviembre, 1990. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 56-90. Diciembre 1990.
14. Santana, G. y Matamoros, A. Adecuación Sísmica Edificios de Microbiología. Universidad de Costa Rica. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 57-91. Abril 1991.
15. Santana, G. et al. Registros de aceleraciones del terremoto de Limón, 22 de Abril de 1991. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. Universidad de Costa Rica. Reporte INII 58-91. Junio 1991.