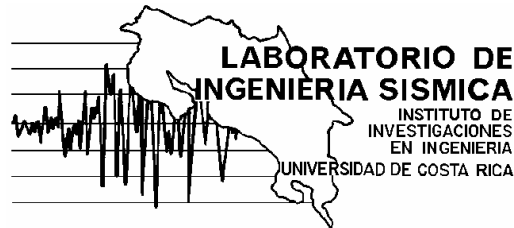


Universidad de Costa Rica
Instituto de Investigaciones en Ingeniería
Laboratorio de Ingeniería Sísmica



Informe parcial de investigación:
**Registro y análisis de acelerogramas de la red
de acelerógrafos del Laboratorio de Ingeniería
Sísmica, No. 731-A4-073**

Ing. Víctor Schmidt Díaz, Investigador Principal
Geól. Aarón Moya Fernández, Investigador Asociado
Ing. Priscilla Paniagua, Investigador Asociado
Técnico Carlos Segura Vargas (técnico)

Diciembre del 2007

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA
LABORATORIO DE INGENIERÍA SÍSMICA (LIS)**

INFORME PARCIAL DEL PROYECTO: Registro y análisis de acelerogramas de la red de acelerógrafos del Laboratorio de Ingeniería Sísmica, No. 731-A4-073

1. Antecedentes

Este es el primer informe parcial sobre las actividades de la red de acelerógrafos operada por el Laboratorio de Ingeniería Sísmica durante el año 2007.

1.1 Objetivos principales del proyecto

-Desarrollar investigaciones orientadas a la mitigación de los efectos destructivos debidos a sismos fuertes.

-Recopilar y procesar la información (acelerogramas) que suministran las 37 estaciones que conforman actualmente la red de acelerógrafos.

-Dar mantenimiento a cada instrumento que conforma la red de acelerógrafos, para asegurar la confiabilidad de la información obtenida.

-Mantener actualizada la base de datos de toda la información recopilada en este laboratorio, de manera que resulte fácil su ubicación y utilización.

1.2 Vigencia del proyecto

Del 2007.01.01 al 2009.12.31

1.3 Investigadores y Carga Académica

Ing. Víctor Schmidt Díaz, Investigador Principal, 10 horas
Geól. Aarón Moya Fernández, investigador asociado, 10 horas
Ing. Priscilla Paniagua López, investigador asociado, 10 horas
Técnico Carlos Segura Vargas (técnico), sin carga

2. Metodología

2.1 Métodos utilizados

Los instrumentos de movimiento fuerte, acelerógrafos, se encuentran instalados en sitios específicos del país llamados estaciones acelerográficas. Estas pueden ser escuelas, cuerpos de bomberos, oficinas municipales, etc. en las cuales se solicitan los permisos respectivos para garantizar la seguridad de los instrumentos.

Desde los orígenes del LIS, se ha procurado que las estaciones acelerográficas se mantengan en funcionamiento y que sean las mismas. Sin embargo, varias de ellas se han tenido que cerrar debido a desperfectos del instrumento o más comunmente porque el propietario del inmueble donde se encuentran ubicados los aparatos decide cambiarse de lugar y se necesita realizar el traslado del instrumento a otro sitio.

A partir del 2007, el LIS procedió a añadir un campo más al nombre de las estaciones. Así, antes de esa fecha, la estación ubicada en Frailes se denominaba FRA, pero ahora se denomina SFRA en donde la primera letra denota la provincia donde se encuentra ubicada. El cuadro 1 muestra este cambio de nomenclatura y la figura 1 la distribución en el espacio de cada estación activa al día de hoy.

Cuadro 1. Nomenclatura adoptada a partir del 2007 para todas las estaciones del LIS.

Estaciones en funcionamiento				
Estación	Ubicación	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
AALJ	Alajuela-Cipet	10.020	-84.217	1120
ASCS	Ciudad Quesada	10.311	-84.423	660
ASRM	San Ramón (UCR)	10.087	-84.485	1085
CCCH	Cachí	9.843	-83.806	1028
CCDN	Ciudad de los Niños	9.834	-83.918	1386
CPAR	Paraíso	9.832	-83.871	1340
CSLG	San Luis Gonzaga	9.864	-83.923	1270
CTBA	Turrialba (UCR)	9.902	-83.673	640
GLIB	Liberia (UCR)	10.621	-85.461	170
GNYA	Bomberos de Nicoya	10.148	-85.455	180
GSTC	Santa Cruz	10.284	-85.650	95
GTGA	Ingenio Taboga	10.350	-85.180	37
LGPS	Bomberos Guápiles	10.216	-83.789	250
LLIM	Limón	9.986	-83.056	60

PBJU	Bejuco, Quepos	9.520	-84.435	10
PCLD	Caldera	9.916	-84.711	5
PCNY	Ciudad Neily	8.660	-82.951	84
PGLF	Golfito	8.635	-83.171	30
PQSP	Bomberos de Quepos	9.430	-84.160	0
SECA	Escuela Católica Activa	9.936	-84.097	1192
SFRA	Frailes	9.753	-84.058	1658
SGTS	Guatuso	9.938	-84.152	970
SHTO	Hatillo	9.916	-84.099	1160
SISD	San Isidro (INS)	9.373	-83.705	690
SLPF	Lab. de Prod. Forest. (UCR)	9.938	-84.054	1230
SNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz	10.000	-84.000	1160
SPCL	Puriscal	9.850	-84.313	1120
SSAB	Sabana	9.943	-84.113	1160
RALT	RECOPE-Alto de Ochomogo	9.894	-83.941	1540
RBAR	RECOPE-Barranca	9.999	-84.722	70
RGAR	RECOPE-La Garita	10.006	-84.295	758
RMOI	RECOPE-Moín	9.989	-83.095	7
RTUR	RECOPE-Turrialba	9.910	-83.690	731
Estaciones inactivas				
SCMA	Biblioteca Carlos Monge Alfaro (UCR)	9.938	-84.053	1195
CCTG	Cartago-Parque Central	9.867	-83.892	1443
SGEO	Escuela de Geología (UCR)	9.939	-84.054	1200
SICE	ICE-Sabana	9.957	-84.051	1088
HMGL	San Miguel- Escuela local	9.986	-84.052	1220
PPTS	Puntarenas-Hospital Monseñor Sanabria	9.976	-84.751	5
PQPS	Quepos	9.432	-84.166	7
RRCP	RECOPE El Alto	9.894	-83.941	1540
CTEC	Cartago-Instituto Tecnológico de Costa Rica	9.859	-83.913	1400
HOVS	Propiedad del OVSICORI	10.000	1130	1130
SAUR	Hotel Aurola	9.938	-84.077	1195

Contrario a un sismógrafo que debe estar alejado de centros de población, los acelerógrafos se encuentran todos instalados en centros poblacionales importantes como San José, Alajuela, Liberia, etc. Los acelerógrafos están en constante estado

de alerta y ante la ocurrencia de un terremoto importante se activan y guardan el registros del movimiento del suelo en su disco duro.

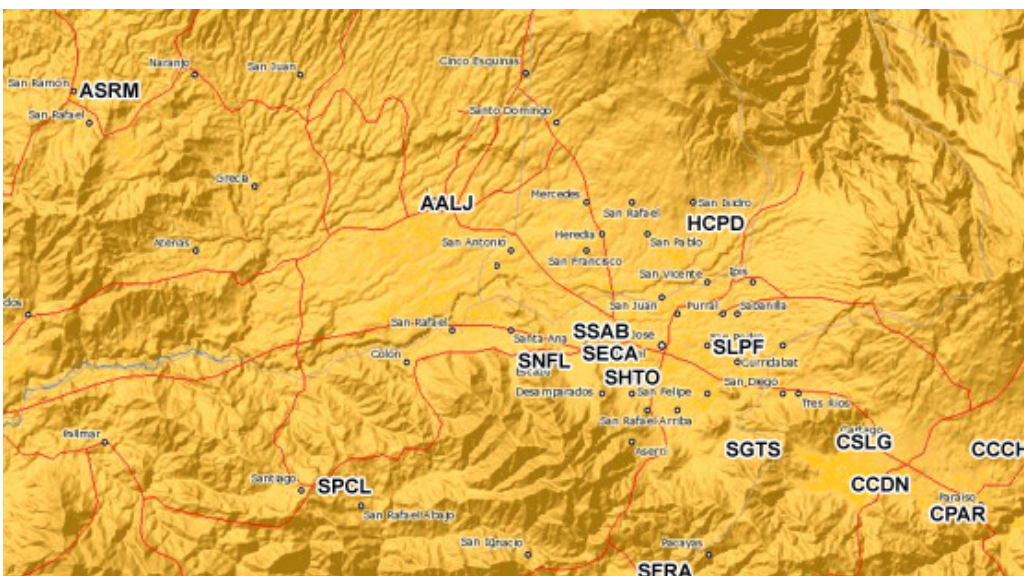


Figura 1. Ubicación de las estaciones acelerográficas que opera el LIS.

La recopilación de información se lleva a cabo mediante visitas a esos sitios. El encargado de la recopilación de la información es el técnico del laboratorio quien realiza al menos tres visitas al año a cada estación. Si ocurriera un sismo fuerte de importancia, el LIS realizaría una gira no programada a la zona de daño para recopilar la información y ponerla a disposición del público. La extracción se hace por medio de una computadora portátil desde el aparato hacia esta.

Durante las giras se realizan labores de limpieza de los refugios así como labores de calibración de los acelerógrafos para garantizar su funcionamiento. El cuadro 2 muestra el estado de los aparatos en cada estación y el tipo de mantenimiento que han requerido en el presente año.

Cuadro 2. Estado actual de la red al 31 de octubre del 2007

Estación	Mod.	Serie	COMENTARIO
AALJ	Etna-Epi-Nf	2811	Está bien El Museo se encuentra bajo remodelación Tarjeta con memoria de 256Mb .
CCCH	Etna-Epi-Nf	4349	Está bien
CCDN	Ssa-1-Fba-Nf	128	Esta casa hogar, será remodelada; la dejaron sin corriente. La recuperación del acelerógrafo tomó en tiempo un día laboral, Está bien.
GLIB	Sma-Qdr-Fba-Nf	5726-502	Está bien
GNYA	Etna-Epi-Nf	2454	Está bien Tarjeta con memoria de 256Mb .
HCPD	Etna-Epi-Nf	5660	Está bien Se instala la antena GPS. Tarjeta con memoria de 64 Mb .
LGPL	Sma-Qdr-Fba-Nf	7046-770	Está bien. Se coloca un perno de sujeción nuevo pues el primero se aflojó
LLIM	Sma-Qdr-Fba-Nf	5579-680	Está bien
PBJU	Etna-Epi-Nf	5662	Tarjeta con memoria de 64 Mb
PCNY	Sma-Qdr-Fba-Nf	5730-679	Está bien
PGLF	Etna-Epi-Nf	2810	Está bien Tarjeta con memoria de 256Mb .
SECA	Ssa-2-Fba-Nf	941	Está bien Deberá trasladarse a Escazú en Enero .
SFRA	Etna-Epi-Nf	5661	Funciona bien.
SGTS	Sma-Qdr	5583-683	Está bien
SHTO	Sma-Qdr-Fba-Nf	5577-575	Está bien
SISD	Ssa-2-Fba-Nf	2469	Está bien

SNFL	K2-fba-nf		El 14 de mayo del 2007 se despega LPF y se instala aquí para tesis del Ing Victor Schmidt D.
CPAR	Sma-Qdr-Fba-Nf	5727-765	Está bien
SPCL	Sma-Qdr-Fba-Nf	5733-498	Está bien
PQSP	Etna-Epi-Nf	2453	Está bien Tarjeta con memoria de 256Mb .
RALT	Etna-Epi-Nf	2882	Está bien.
RBAR	Sma-Qdr-Fba-Nf	5582-661	Está bien
RGAR	Ssa-2	1307	Está bien
RMOI	Etna-Epi-Nf	2881	Está bien
RTUR	Ssa-2	1306	Está bien
SSAB	Sma-Qdr	5581-769	Este equipo se inundó, posterior a la revisión no se encuentran daños
ASCS	Sma-Qdr-Fba-Sf	5732-766	Está bien
ASRM	Sma-Qdr-Fba-Nf	5731-573	Está bien, se cambia la batería
GSTC	Sma-Qdr-Fba-Nf	5584-381	Está bien cambio de batería
CTBA	Sma-Qdr-Fba-Nf	5578-639	Está bien
GTGA	Etna-Epi-Nf	2128	Ahora está bien; esta estación sufre una inundación, se quemó una UPS y el aparato estaba apagado, reparé la falla. Tarjeta con memoria de 256Mb
T-LIS*	Ssa-1	127	Vino de Frailes
T-LIS-Pir	Sma-Qdr	5734-	Del 25 al 28 de junio de 2007 la Inga. Priscilla Paniagua L. debió de acompañar al técnico Carlos Segura en la gira de servicio y de mantenimiento a las diferentes estaciones acelerográficas de la zona sur del país; con el objetivo de familiarizarse, con el manejo y los diferentes métodos en los diferentes modelos de instrumentos que componen la Red del Lis. También conocer rutas de acceso a esas estaciones, las más alejadas del territorio.
T-LIS-Pir	Sma-Qdr	5729-	
T-LIS	Sma-1	1727	
T-LIS	Sma-1 Ins	1728	

* T-LIS significa que se encuentran en el taller del LIS

Dentro de los movimientos más importantes que ocurrieron durante la ejecución de este proyecto se encuentran los siguientes:

1. El instrumento K2 de la estación SLPF se ha trasladado para la estación SNFL. Allí se mantendrá durante los próximos 3 años registrando sismos para ser utilizados en la tesis doctoral del Ing. Víctor Schmidt, por tanto la estación SLPF se encontrará inactiva.
2. La estación en PCLD (Caldera) se cierra y el aparato se traslada a RBAR (Barranca).
3. El aparato de HOVS fue desconectado.

Los registros obtenidos por la red del LIS durante ese período fueron llevados al laboratorio para su posterior identificación y procesado. El trabajo es realizado por

asistentes del laboratorio que reciben el entrenamiento adecuado para esas tareas. A partir de este punto, se pueden obtener espectros de respuesta, espectros de Fourier, acelerogramas filtrados y corregidos, etc.

Una de las tareas más importantes es que los datos son dados a conocer por medio de la página de internet del LIS para su uso por estudiantes y público en general. El siguiente cuadro muestra un resumen de los eventos recopilados durante el 2007.

Cuadro 3: Datos sismológicos y estaciones de los sismos registrados en el LIS desde finales del año 2006 y el año 2007

SISMOS REGISTRADOS EN 2007						
FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	MAGNITUD	ESTACIONES
18/11/2006	19:13	9,650	84,138	33,4	3.3 ML	SFRA, PQSP
21/11/2006	12:31	9,019	83,952	40,8	4.0 ML	PQSP
30/11/2006	06:22	9,644	84,893	9	4.8 ML	HCPD, SFRA
12/12/2006	08:34	9,519	84,52	32	4,7 ML	PBJU, SFRA
26/02/2007	10:42	9,596	84,14	12	4.5 ML	SFRA
15/05/2007	15:58	8,492	83,1	10	4,6ML	PGLF
12/08/2007	01:37	9,529	84,235	32	4,3ML	PBJU

2.2 Las dificultades y la manera de enfrentarlas

Durante este año sucedieron los siguientes movimientos importantes:

1. CSLG se vio severamente afectado debido a un derrame de la batería interna del aparato. La acidez provocó un desperfecto en la tarjeta madre que requiere que se reemplace por una nueva. Esto se encuentra actualmente en estudio en el LIS.
2. La UPS de la estación de GTGA se quemó producto de una inundación pero fue reparada y actualmente se encuentra funcionando bien.

A partir del 2000 y hasta el 2004 aproximadamente los aparatos analógicos (los que usaban película fotográfica) fueron reemplazados por convertidores analógico-digitales llamados QDR debido a que aquellos fueron retirados del mercado hacía mucho tiempo.

Los QDR han representado una opción económica y rápida para seguir manteniendo el equipo en funcionamiento, pero no es la más recomendada porque se trata de una especie de "parche" que necesita ser sustituida por aparatos de calidad como los K2 o ETNA de Kinometrics e incluso los SMA y SM de Reftek.

Debido a que la actividad sísmica del presente año ha sido muy baja, la red ha sido utilizada alternativamente para registrar vibraciones ambientales que han permitido caracterizar ciertas regiones como más propensas a verse afectadas por terremotos

fuertes por medio de la identificación de los períodos predominantes de vibración del suelo.

3. Logros y resultados más relevantes

En el cuadro 4 se muestran los valores pico de aceleración que se registraron durante el período de ejecución de este proyecto y la ubicación de todos estos eventos se muestra en la figura 2.

Cuadro 4: Valores de aceleración para los eventos registrados entre el 2006 y 2007

Evento	PGA(cm/s ²)		
	Este-Oeste	Norte-Sur	Vertical
200611181913SFRA.lis	43.10	26.30	18.30
200611181913PQSP.lis	28.10	34.90	17.80
200611211231PQSP.lis	5.14	7.00	4.78
200611300622SFRA.lis	43.80	33.60	32.00
200612120833PBJU.lis	5.22	6.55	2.63
200612120833SFRA.lis	17.00	15.80	4.61
20061130062HCPD.lis	8.28	9.84	5.00
200702261042SFRA.lis	15.50	11.10	18.00
200705151558PGLF.lis	25.50	13.90	12.30
200708120137PBJU.lis	12.00	9.23	2.36

Durante el 2007 no se registraron daños a zonas pobladas debido a la baja magnitud de estos eventos.

En este año se continuó dando mantenimiento a los instrumentos del OVSICORI, RECOPE y del Ingenio Taboga, que no pertenecen al LIS pero cuya información está disponible para este laboratorio. Lamentablemente el instrumento ubicado en el OVSICORI fue desconectado y las labores de recolección de información de ese sitio se han terminado.

En cuanto al instrumento ubicado en el Ingenio Taboga, se pretende continuar la colaboración con dicha empresa mediante la formalización de una especie de convenio que especifique los alcances y limitaciones del laboratorio con esa empresa privada.

Por otro lado, de parte de RECOPE, se han iniciado conversaciones para actualizar la red de los instrumentos que ellos operan en RGAR, RBAR, RTUR mediante la adquisición de nuevas unidades. También se explora la posibilidad de equipar de equipo acelerográfico otros sitios que son del interés de esa empresa aunque todavía no estén bien definidos.

El convenio con RECOPE tiene la gran ventaja que los instrumentos serían todos digitales y comprados por ellos. El LIS se encargaría de darles el mantenimiento preventivo para garantizar su funcionamiento a cambio de poder acceder a la información que en ellos se registre producto de un terremoto. De esta forma, tanto RECOPE como la UCR se verían ampliamente beneficiados no solo en el campo de la prevención sino también de la investigación.

4. Gastos incurridos y ejecución presupuestaria

La Vicerrectoría de Investigación aportó los siguientes montos:

Horas asistente	497.385
-----------------	---------

Las horas asistentes con que contaba este proyecto fueron utilizadas en la contratación de un asistente que se ha encargado del procesado y generación de la información de archivos de texto así como la elaboración de figuras y graficación de registros que se han utilizado en la página del laboratorio. También se utilizaron en la contratación de otro asistente que se encarga de dar respaldo a los diferentes archivos y mantenimiento preventivo al equipo de cómputo.

Apéndice

Registros acelerográficos

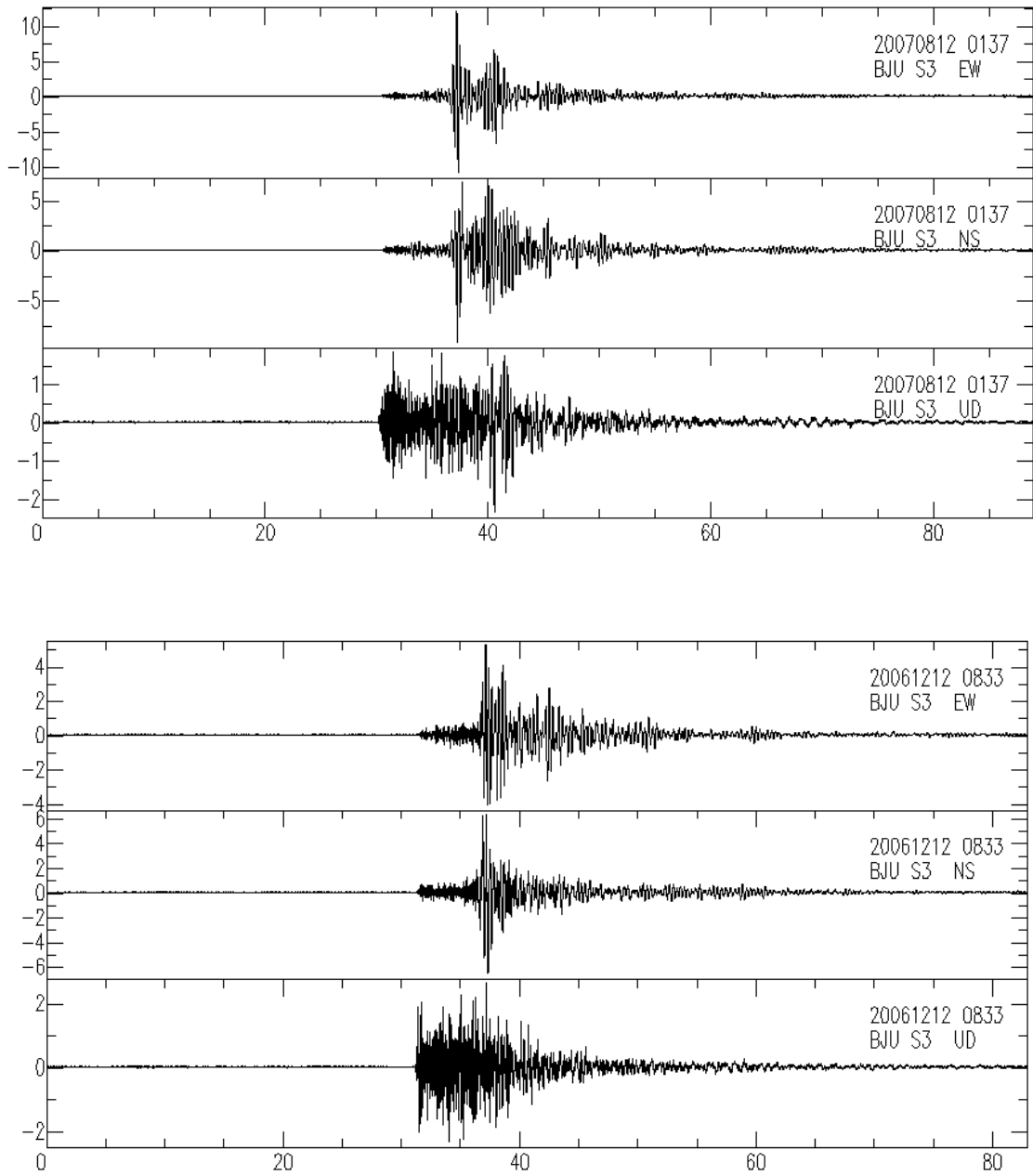


Figura A1. Formas de onda estación Bejuco (PBJU)

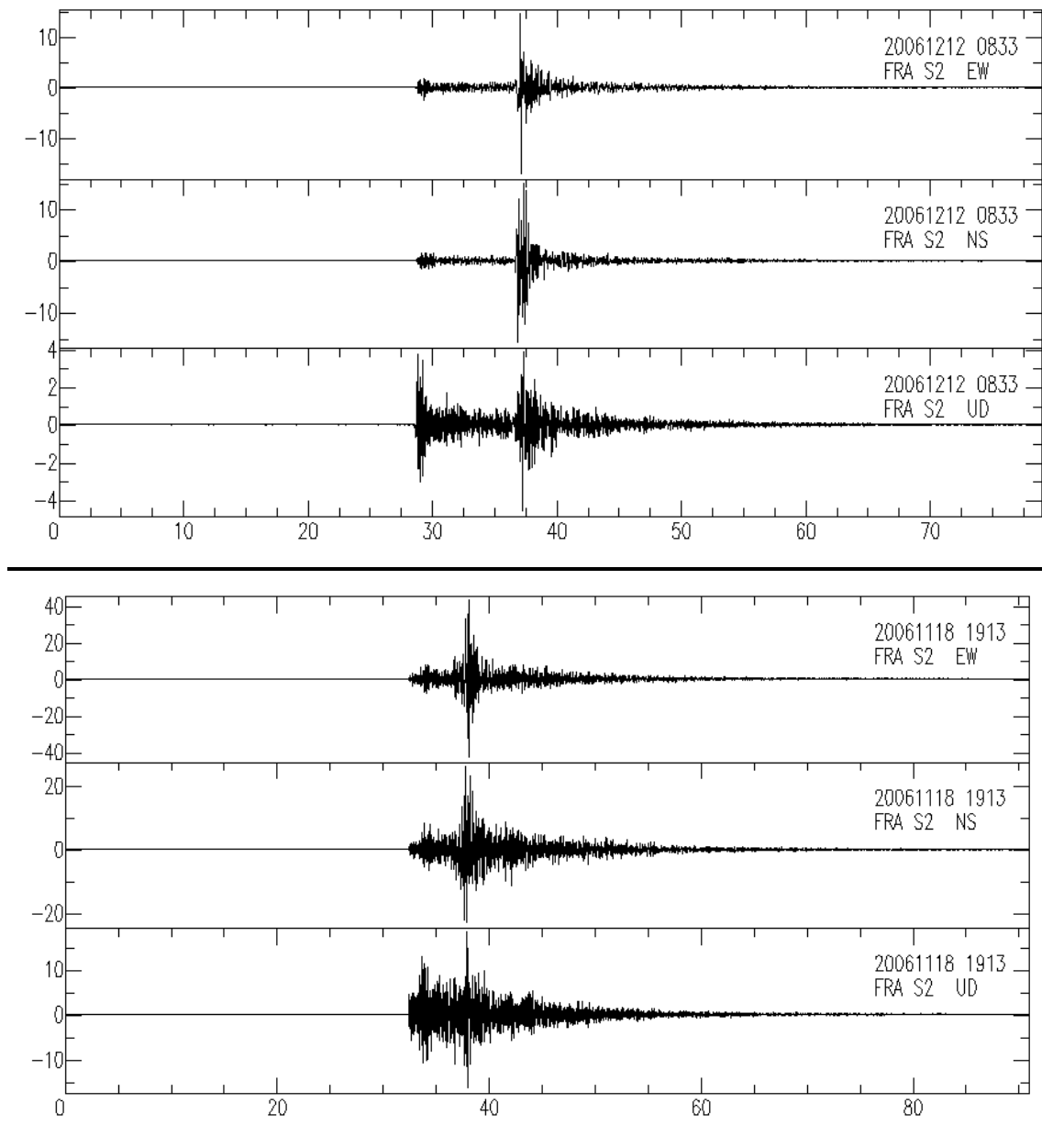


Figura A2. Formas de onda estación Frailes (SFRA)

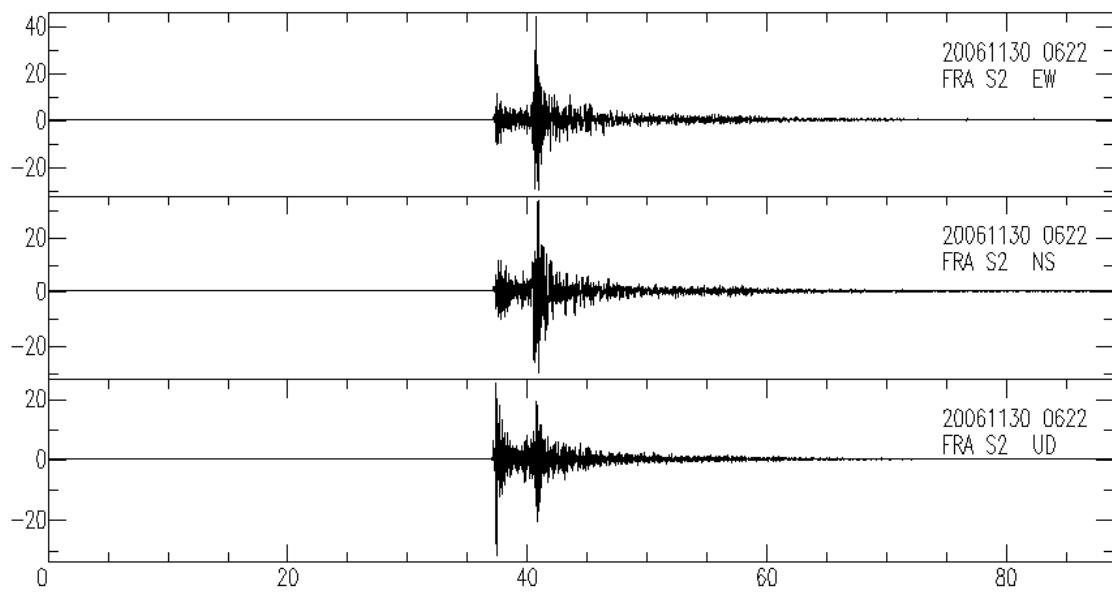
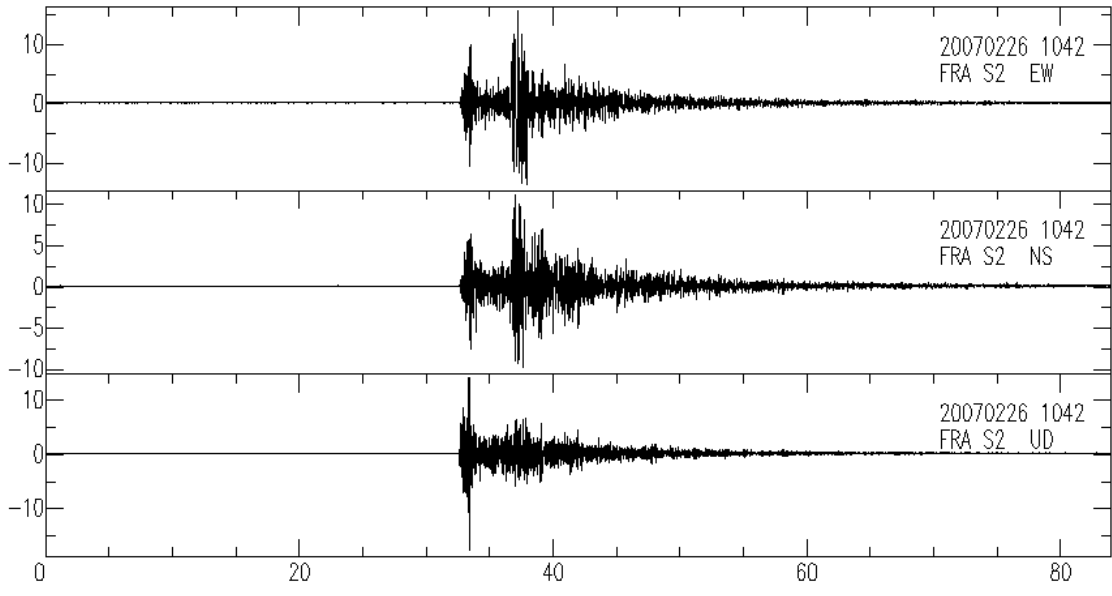


Figura A2. Formas de onda estación Frailes (SFRA)

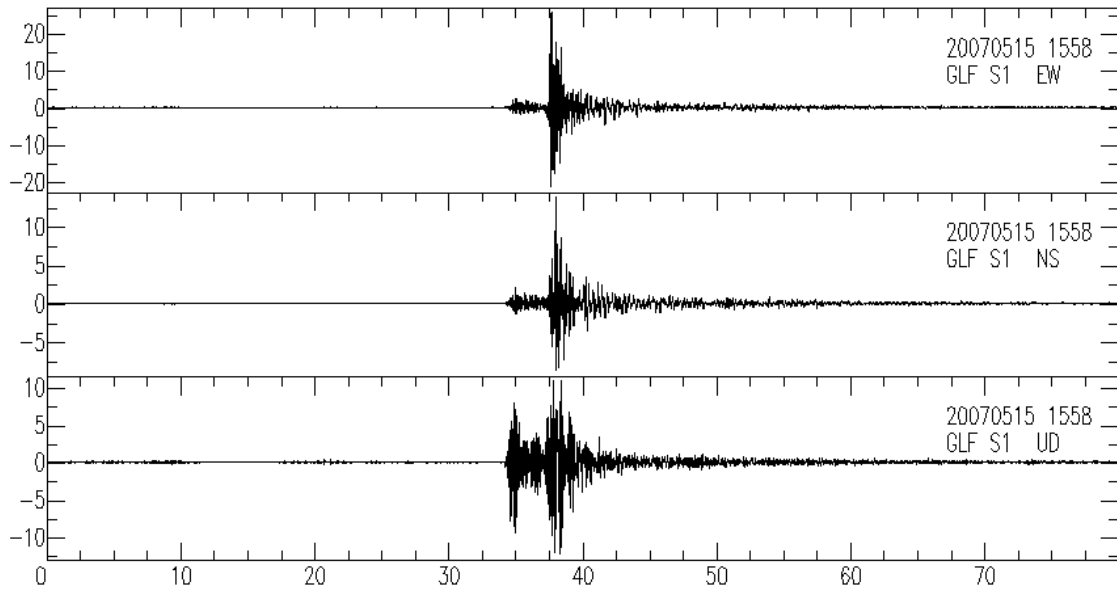


Figura A3. Formas de onda estación Golfito (PGLF)

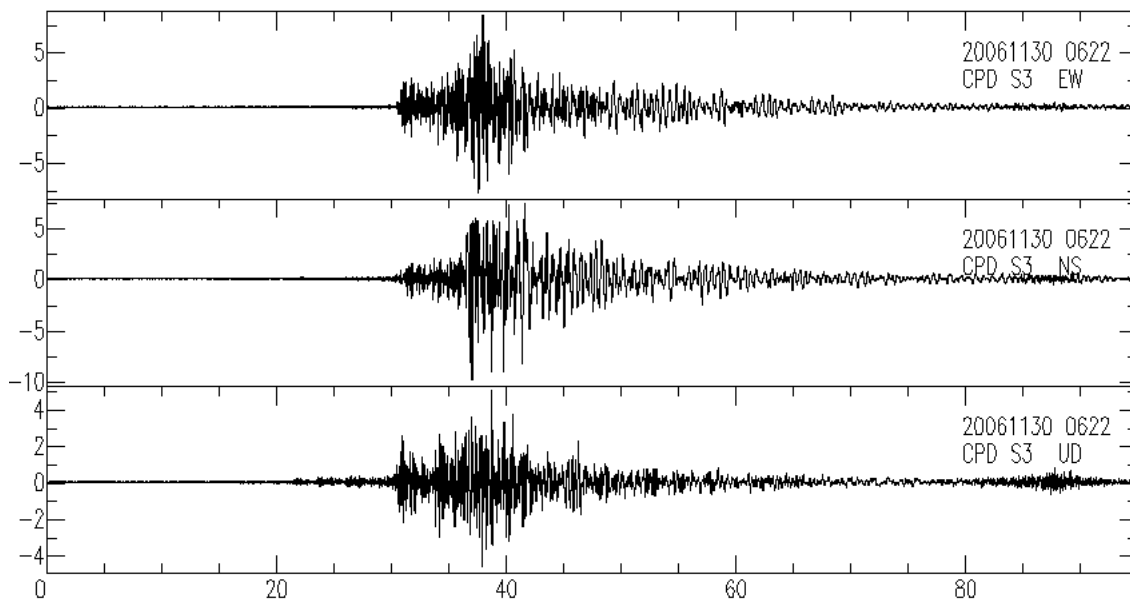


Figura A4. Formas de onda estación Golfito (HCPD)

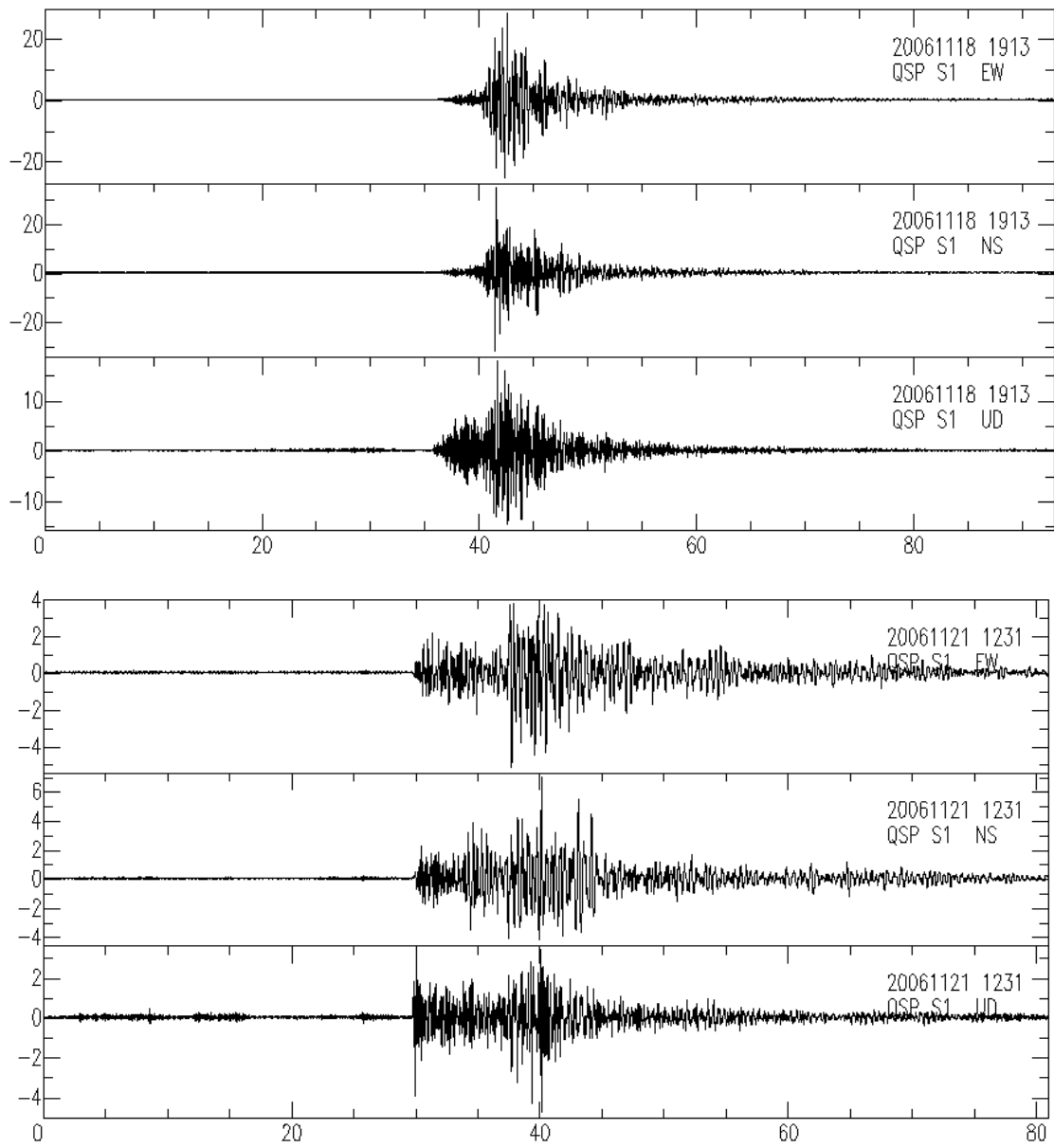


Figura A5. Formas de onda estación Golfito (PQSP)