



INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 10 de febrero de 2010

La evaluación de la actividad volcánica, en el período comprendido entre el 2 y el 8 de febrero de 2010, permitió continuar con el nivel de actividad en Naranja ♦ (II : “*Erupción probable en término de días o semanas*”).

En términos generales durante la semana anterior se presentó un cambio en la sismicidad, caracterizado por un incremento tanto en el número de eventos como en la energía liberada, así como también por la especificidad en la ocurrencia de los mismos, destacándose el registro de eventos Tornillos y Seudotornillos. En este periodo predominó la ocurrencia de eventos tipo LP -asociados a movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico de fuente transitoria- (Figuras 1, 2 y 3, Tabla 1).

El proceso volcánico presentado entre el 1 al 8 de febrero es similar al registrado entre el 8 y el 18 de enero de 2010, caracterizados por el registro de sismos tipo Tornillo, bajos niveles de sismicidad y la culminación en ambos episodios con el incremento en la sismicidad a manera de enjambres, asociados tanto con la parte fluida del sistema como con fracturamientos de material cortical. El primer enjambre se registró el 19 de enero y el más reciente, se dio entre la mañana del 6 de febrero y el amanecer del 7 de febrero. En ambas ocasiones, después de la ocurrencia de estos enjambres, desaparecen los eventos tipo Tornillo y se incrementan ligeramente los procesos de emisión de gases.

Por otra parte, el 7 de febrero en horas de la mañana desde Consacá y Pasto, se observó salida de gas de baja altura y con coloración blanca.

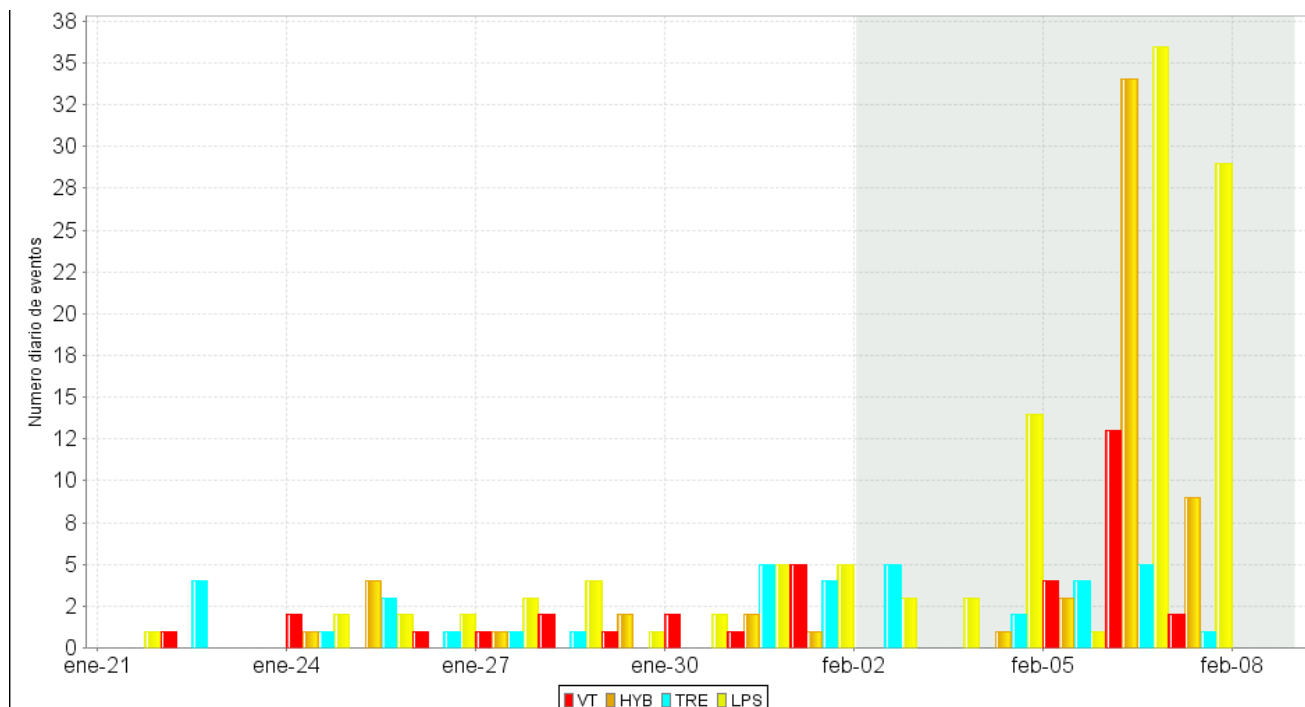


Figura 1. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 21 de enero de 2010 y el 8 de febrero de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Estadística Semanal

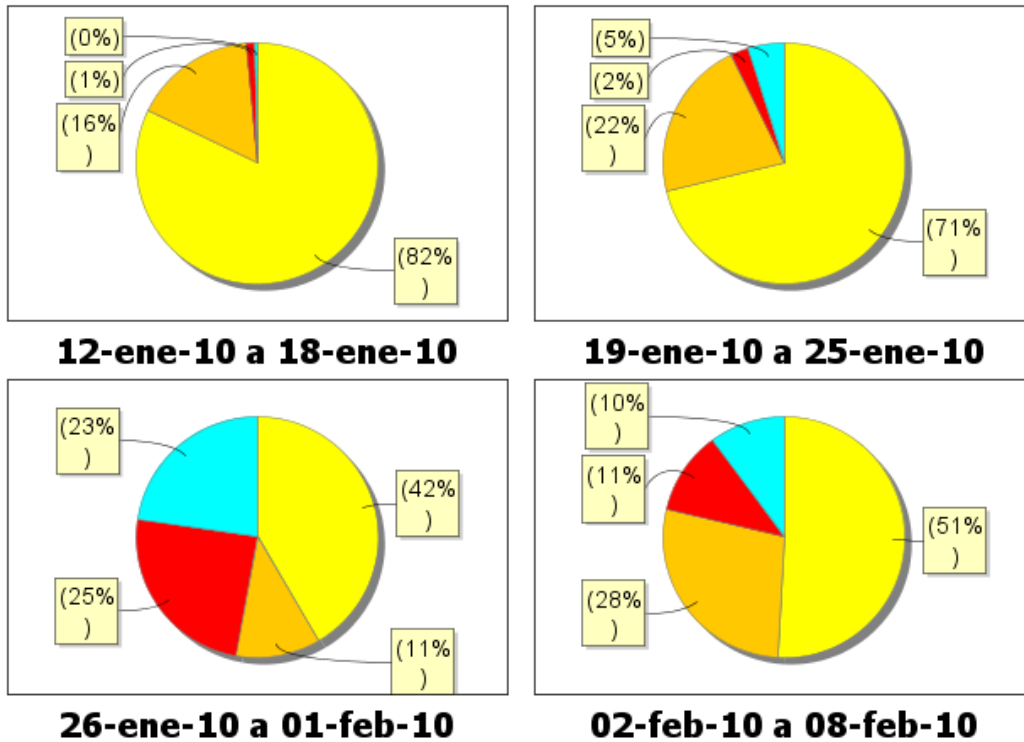


Figura 2. Porcentajes de Energía sísmica liberada por cada tipo de evento, para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

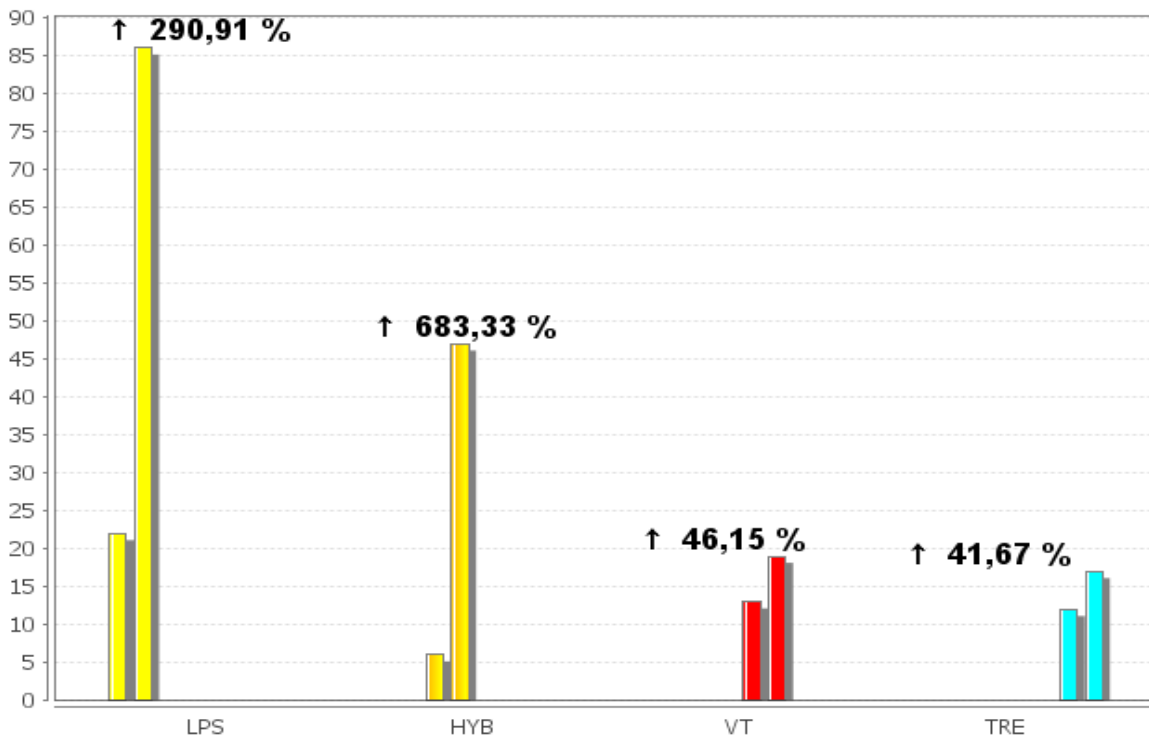


Figura 3. Comparación, entre las dos últimas semanas, en cuanto a ocurrencia sísmica por tipo de evento, para los dos últimos periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.



Tabla 1. Número de sismos volcánicos por tipo, registrados entre el 12 de enero y el 8 de febrero de 2010, contabilizados por periodos semanales.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES
12-ene-10 a 18-ene-10	564	112	8	2	686	599
19-ene-10 a 25-ene-10	149	45	5	10	209	139
26-ene-10 a 01-feb-10	22	6	13	12	53	124
02-feb-10 a 08-feb-10	86	47	19	17	169	217

En cuanto a los niveles de energía sísmica liberada, en comparación con la semana anterior, todos los tipos de eventos, excepto el tipo VT (asociados a fracturamiento de material cortical), registraron un incremento en su nivel energético (Figura 4). Los eventos LP fueron los que aportaron la mayor parte de la energía, seguidos por los VT. (Figura 4, Tabla 2). Los días en que se presenta el mayor aporte de energía liberada de la semana en evaluación corresponden al 6 y 7 de febrero (Figura 5).

Comparación Semanal

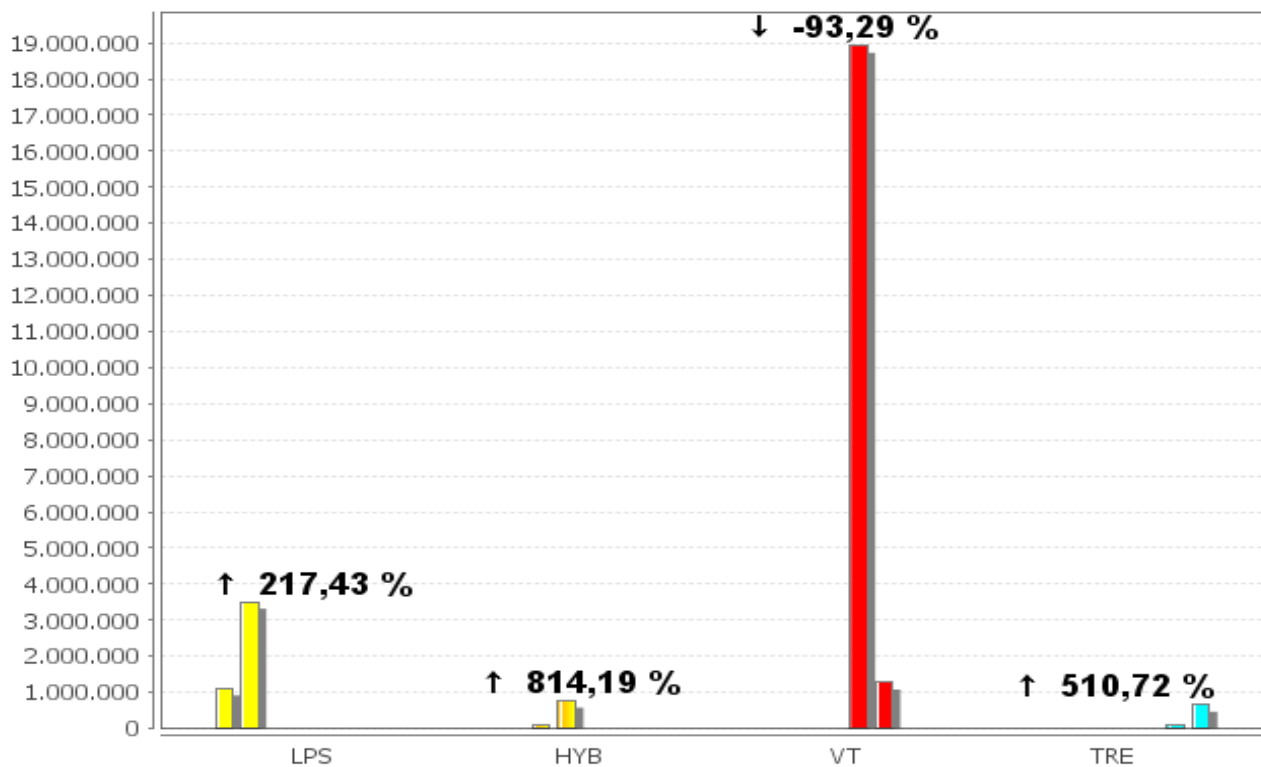


Figura 4. Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por cada tipo de evento.

RAIZ ENERGIA ONDAS DE CUERPO

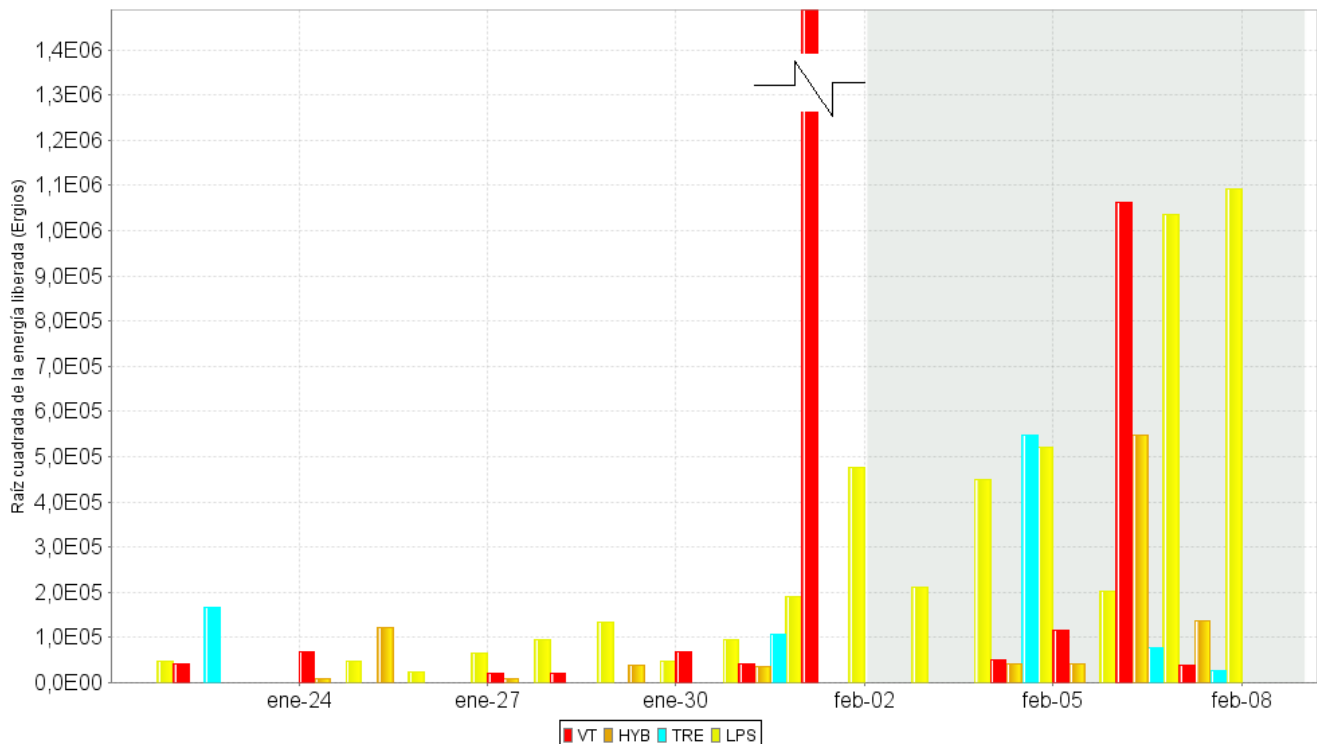


Figura 5. Histograma de la energía liberada de eventos volcánicos por tipo (expresada en términos de su raíz cuadrada), registrada entre el 21 de enero de 2010 y el 8 de febrero de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Tabla 2. Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada entre el 21 de enero de 2010 y el 8 de febrero de 2010, contabilizados por periodos semanales

Periodo Evaluado	Energía [ergios] por tipo				
	LP	HYB	VT	TRE	TOTAL
12-ene-10 a 18-ene-10	1.08E13	3.39E11	1.79E11	0	1.13E13
19-ene-10 a 25-ene-10	3.46E13	6.96E11	5.25E11	2.80E10	3.59E13
26-ene-10 a 01-feb-10	3.07E11	2.80E9	3.52E14	1.14E10	3.52E14
02-feb-10 a 08-feb-10	2.82E12	3.22E11	1.15E12	3.06E11	4.59E12

Durante la semana, se destaca el registro de cinco eventos tipo Tornillo y dos Seudotornillos, registrados entre el 1 y el 5 de febrero (Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11), los cuales mostraron en el tiempo un descenso en la frecuencia, observada en la mayoría de las estaciones que forman parte de la red sísmica de Galeras (Figura 12). Por otra parte, continuó el registro de los eventos tipo LP, caracterizados por el dominio de bajas frecuencias en su espectro y por la presencia de armónicos cuyas frecuencias sobresalen dentro de su banda espectral dominante; que por ser originados en la fuente del sismo se observan en la mayoría de las estaciones de la red sísmica (Figura 13). Estos eventos, por su contenido espectral, parecen estar asociados con la fuente que genera los eventos tipo Tornillo, de igual manera se observa una evolución en cuanto a la disminución paulatina de su frecuencia dominante (Figura 14).

En cuanto al enjambre de eventos sísmicos ocurrido entre el 6 de febrero a las 10:12 a.m. y el 7 de febrero a las 03:04 a.m., contabilizó 123 eventos, de los cuales 65 son LP, 43

Híbridos (procesos que involucran tanto movimiento de fluidos como fracturamiento de material cortical) y 15 VT (Figura 15).

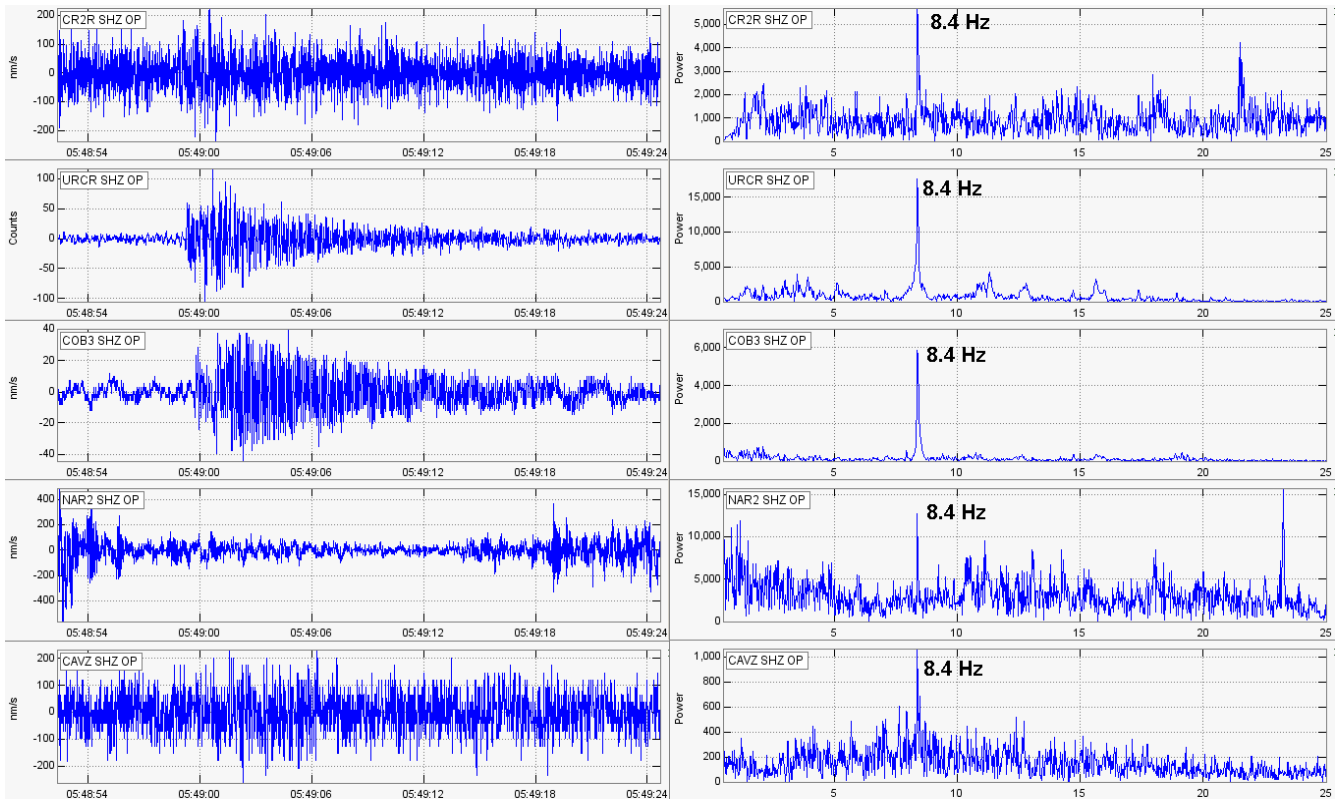


Figura 6. Evento tipo Tornillo registrado en el 1 de febrero de 2010 a las 00:49 a.m.

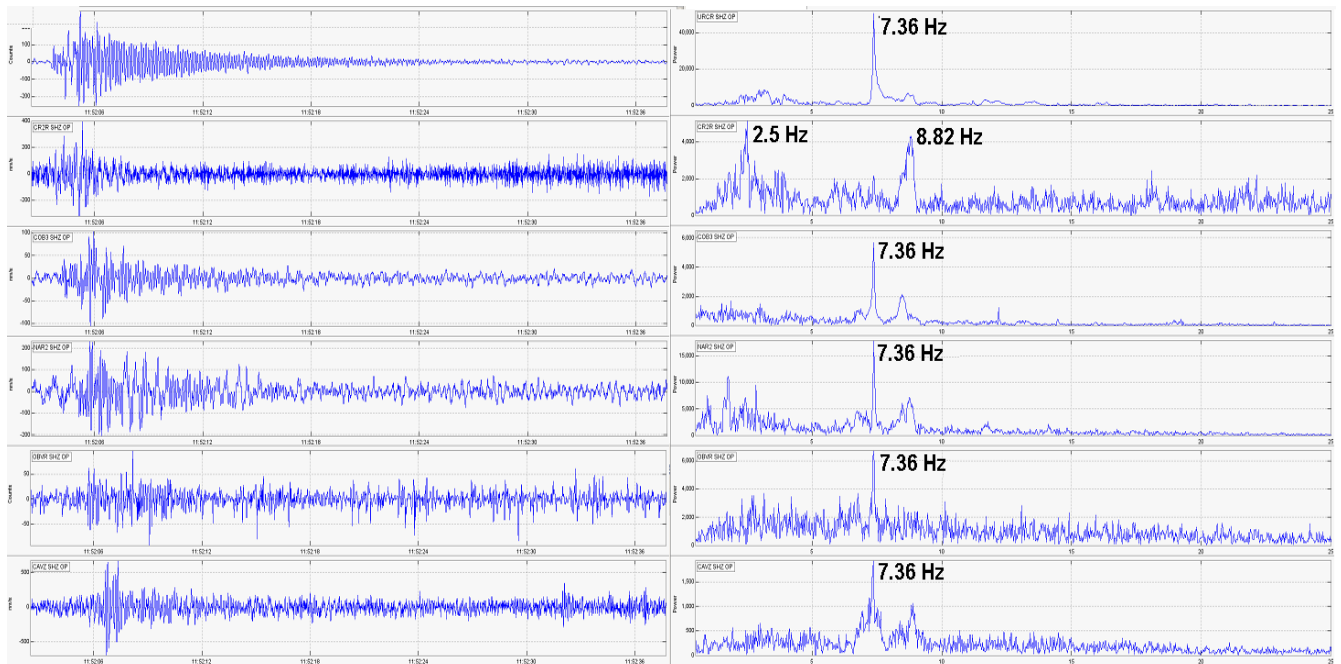


Figura 7. Evento tipo Tornillo registrado en el 1 de febrero de 2010 a las 06:52 a.m.

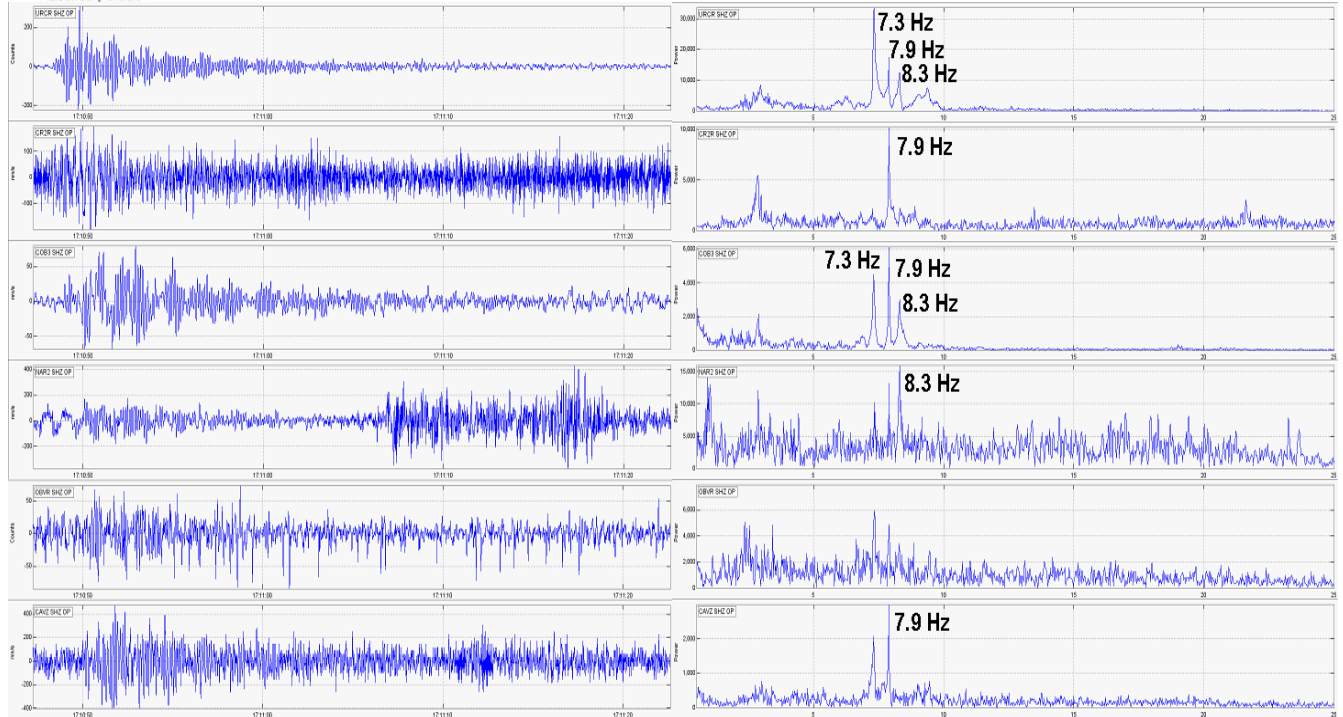


Figura 8. Evento tipo Tornillo registrado en el 1 de febrero de 2010 a las 12:20 p.m.

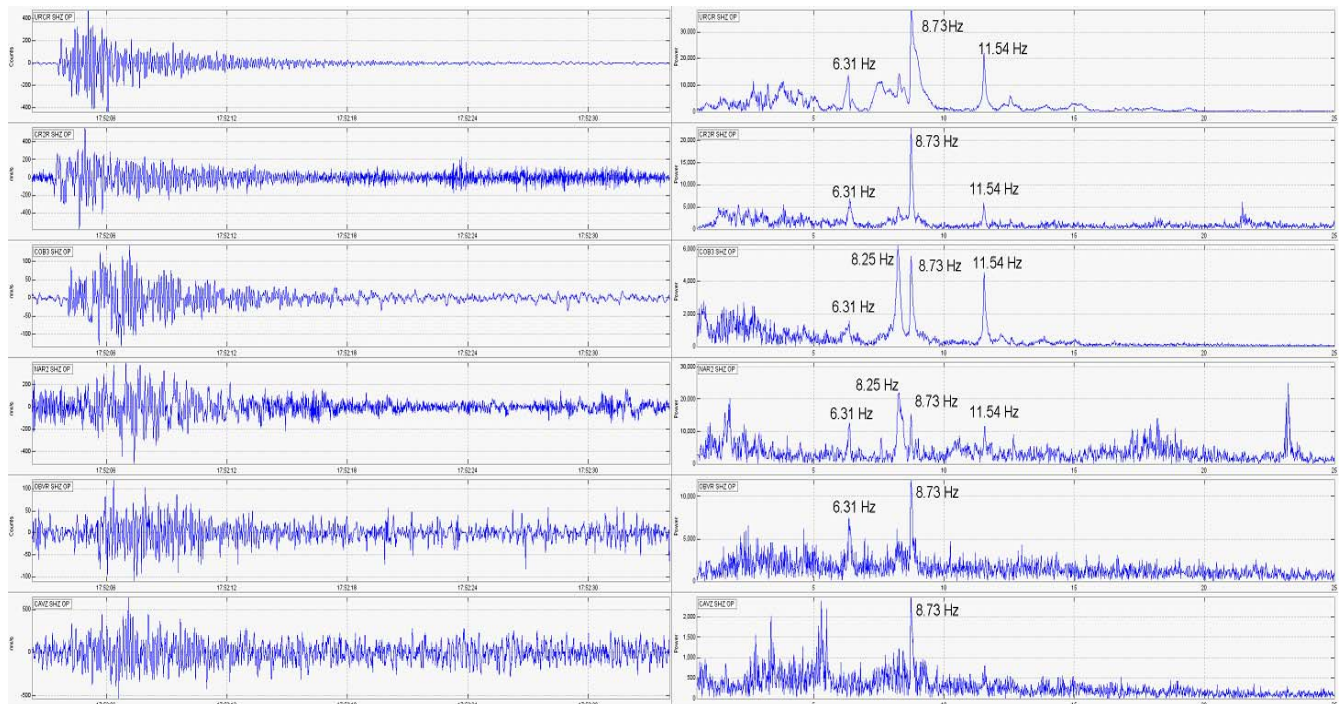


Figura 9. Evento tipo Tornillo registrado en el 3 de febrero de 2010 a las 12:52 p.m.

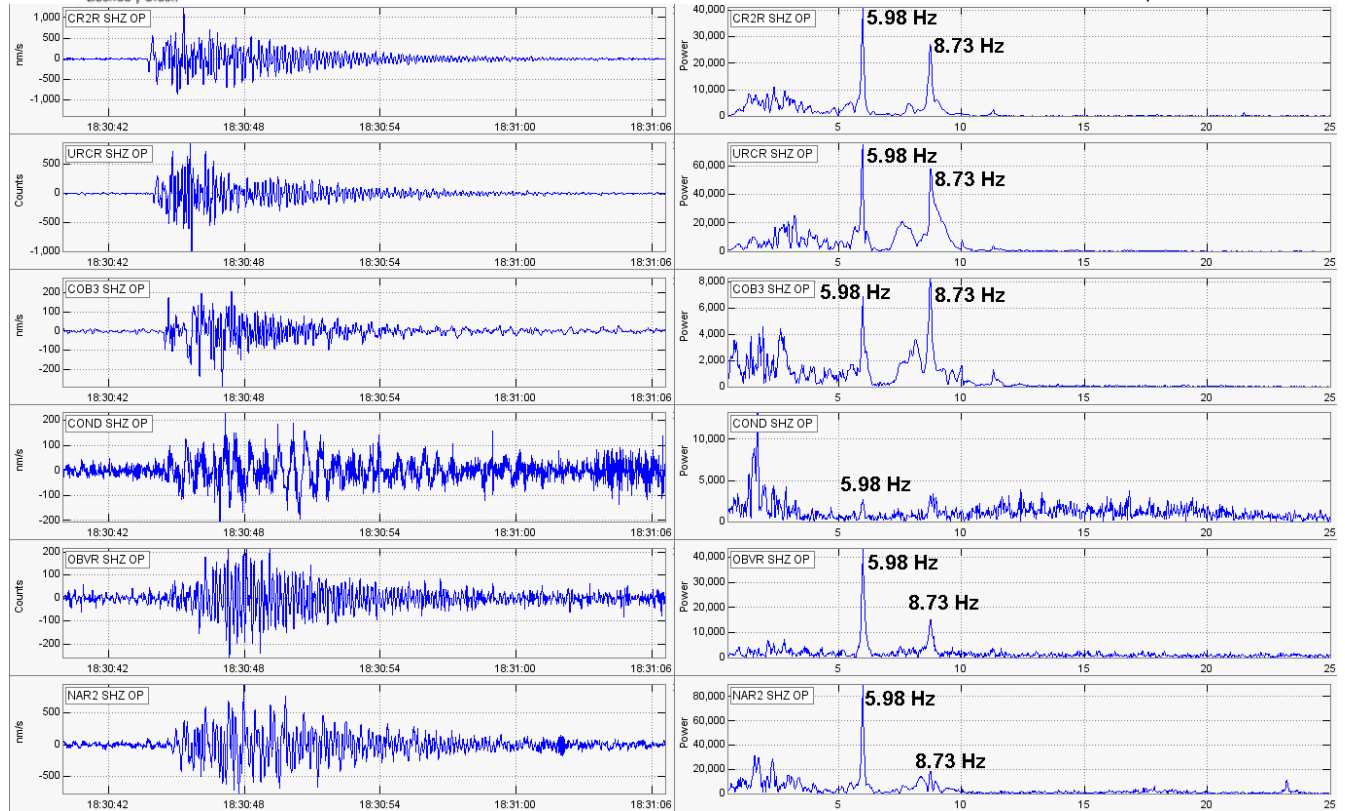


Figura 10. Evento tipo Tornillo registrado en el 4 de febrero de 2010 a las 1:30 p.m.

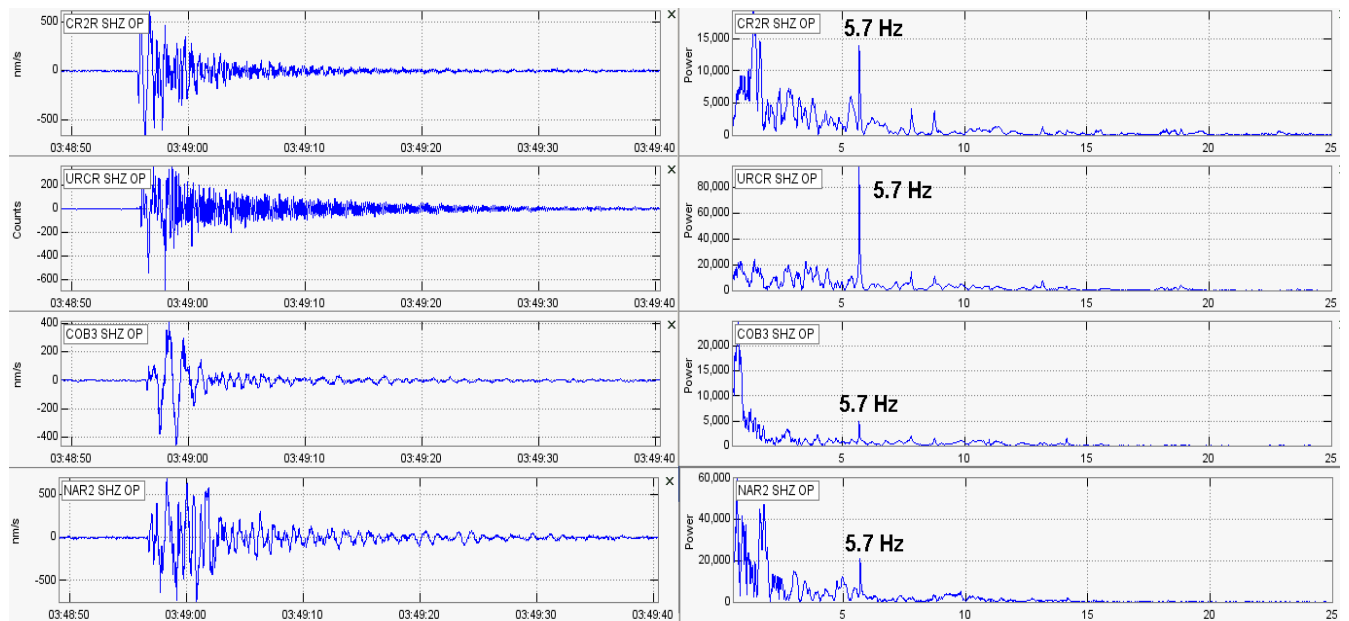


Figura 11. Evento tipo Tornillo registrado en el 5 de febrero de 2010 a las 10:49 p.m.

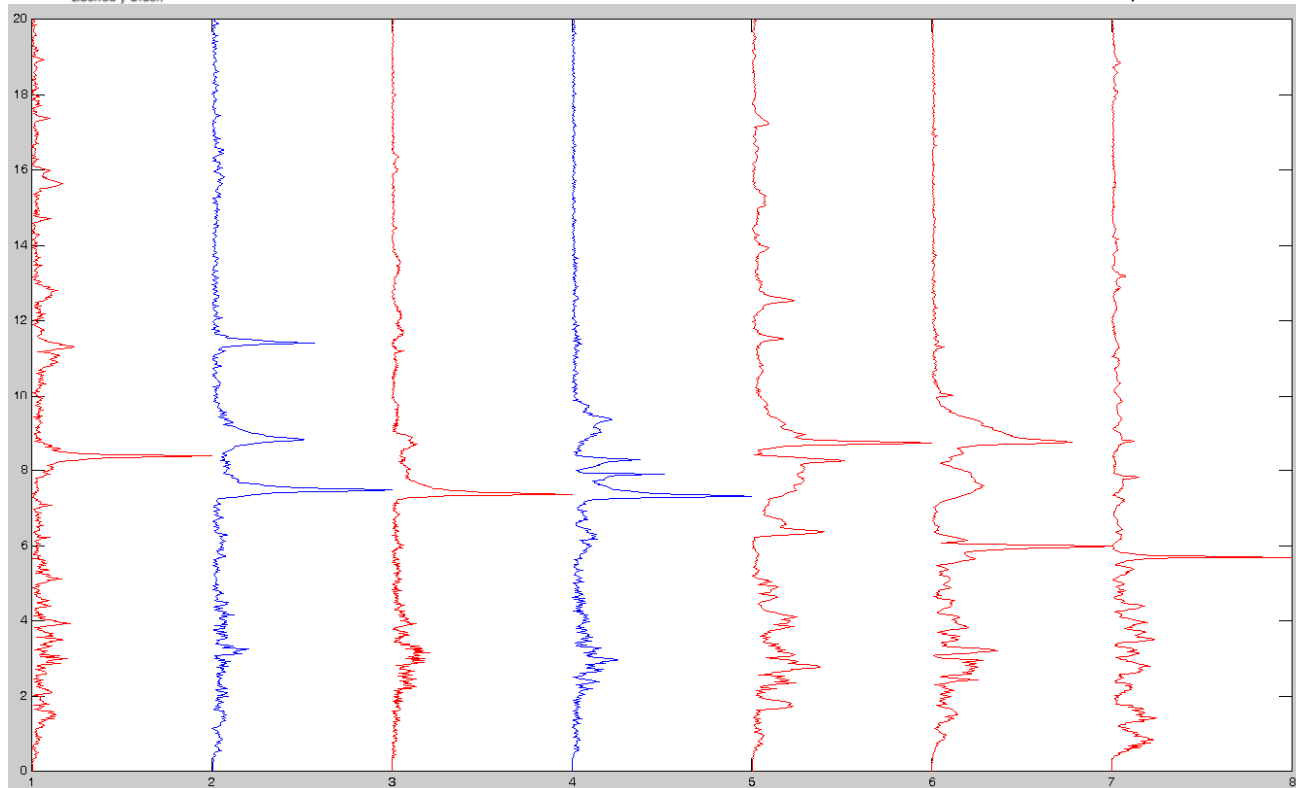


Figura 12. Espectro de Fourier de los eventos tipo Tornillo (rojo) y Seudotornillo (azul) registrados entre el 1 y el 5 de febrero 1 de 2010.

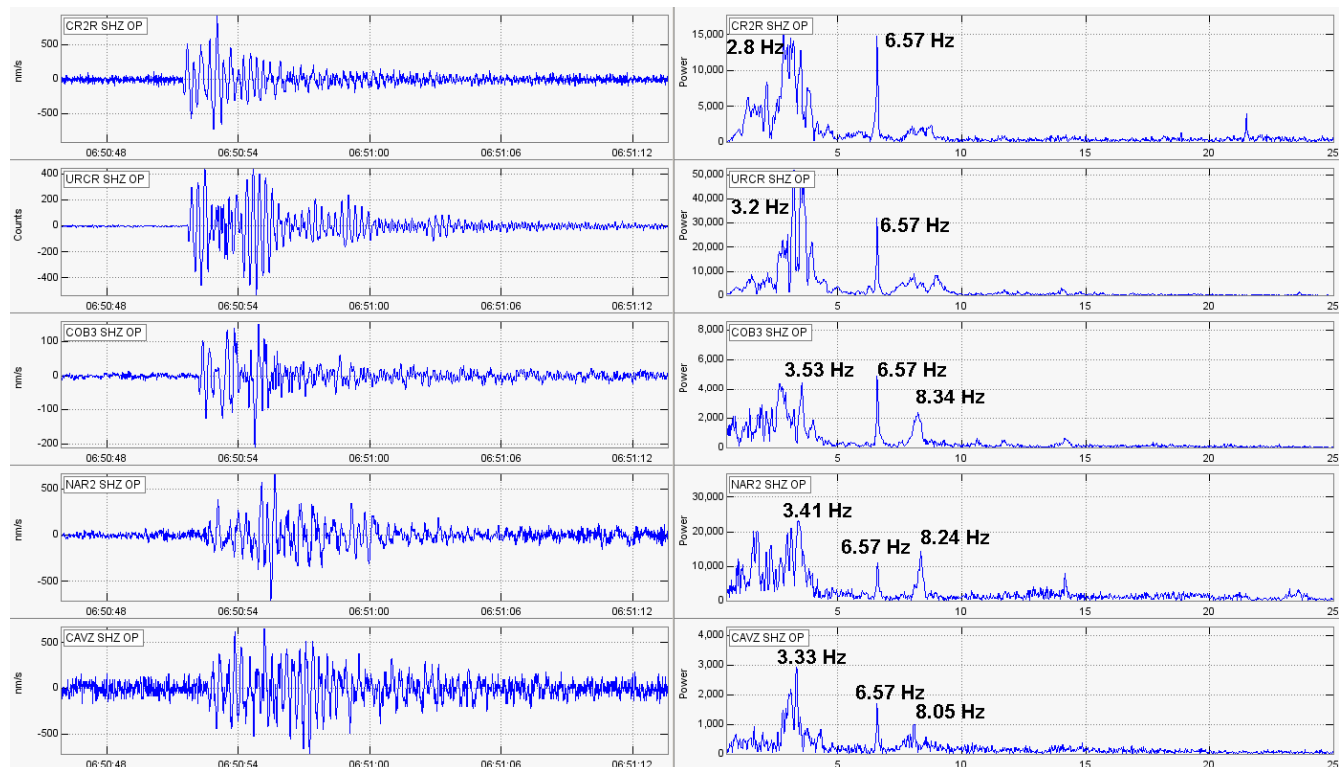


Figura 13. Evento tipo LP, registrado el 3 de febrero a las 01:51 a.m.

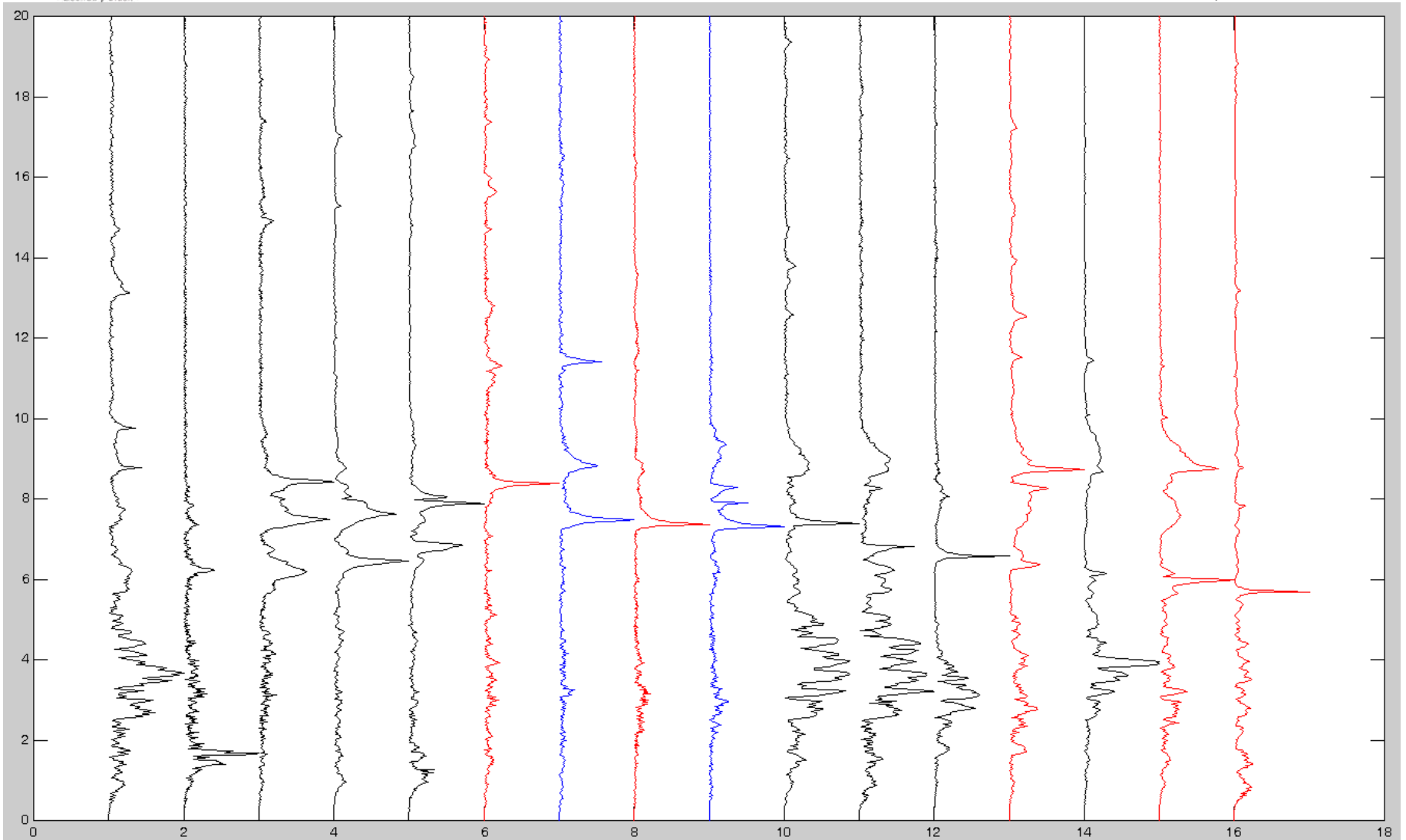
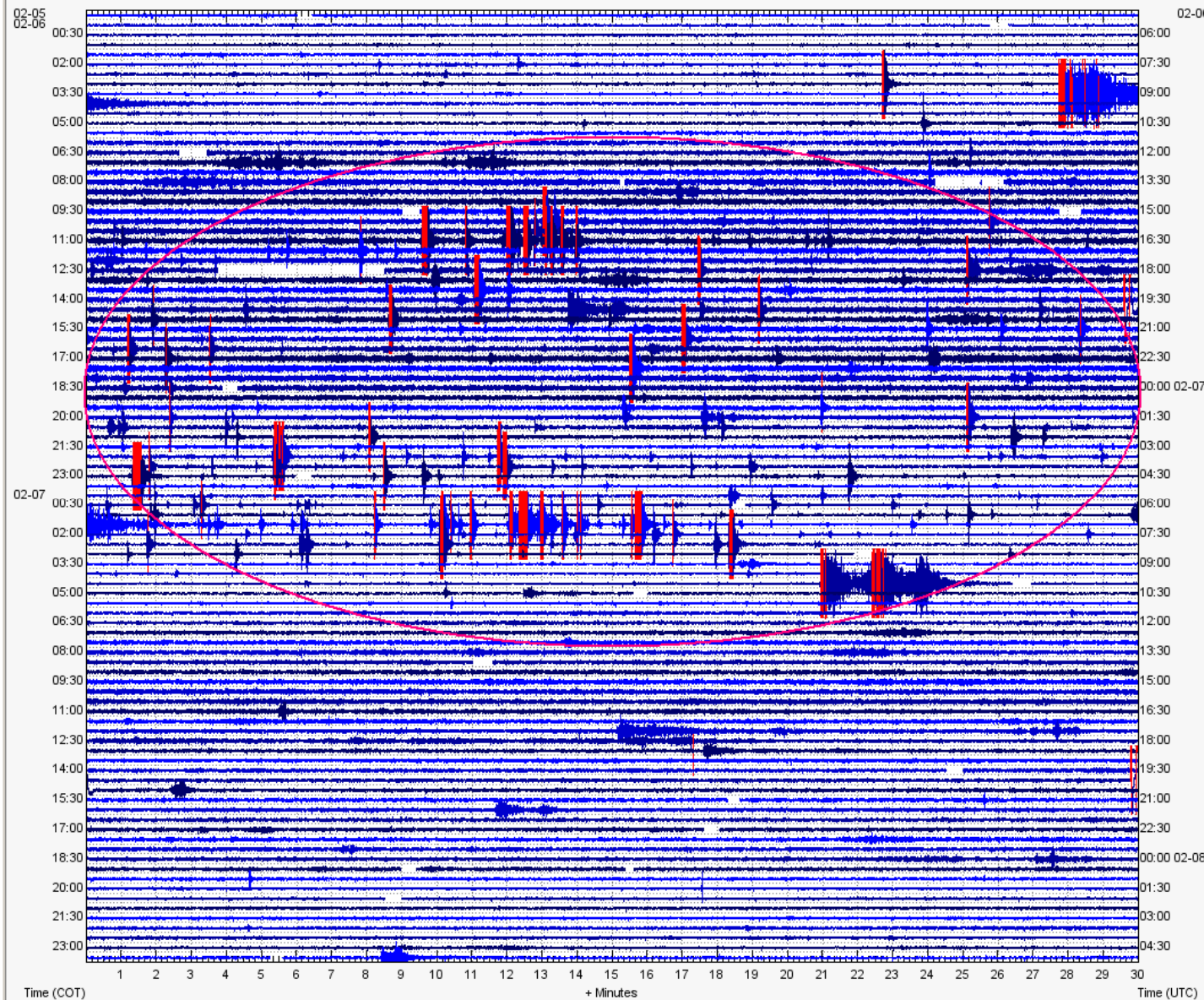


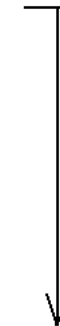
Figura 14. Espectro de Fourier de los eventos tipo Tornillo (rojo), Seudotornillo (azul) y LP (negro) registrados entre el 1 y el 5 de febrero 1 de 2010.



Febrero 1 - 5,
incremento en la
sismicidad, presencia
de Tornillos y LP



Enjambre sísmico entre
el 6 y 7 de febrero de
2010



Disminución
en la sismicidad,
ausencia de eventos
tipo Tornillo, registro de
pequeñas emisiones de
SO2

Figura 15. Sismograma del 18 al 25 de enero del 2010 de la estación Urcunina - componente vertical (ubicada a 2.3 Km al ESE del volcán). Dentro del proceso registrado entre el 1 y el 7 de febrero de 2010, se destacan tres etapas: la primera con la presencia de eventos tipo Tornillo, la segunda con el enjambre sísmico y la tercera con la disminución y ausencia de eventos tipo Tornillo.

Durante la semana se registraron 66 eventos, de los cuales 47 corresponden a VT y 19 a HYB, fue posible obtener una solución de localización para 40 eventos, con base en el tiempo de arribo de las ondas P y S a las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras, aplicando el algoritmo de Geigger, utilizando el programa HYPO71.

Los resultados obtenidos a partir de las localizaciones indican que la fuente predominante estuvo localizada al sur del volcán, a una distancia aproximada de 1.5 km del cráter principal y a menos de 4 km de profundidad. Las magnitudes de los eventos localizados se calcularon en un rango entre - 0.2 y 2 en la escala de Richter (Figura 16, Tabla 3).

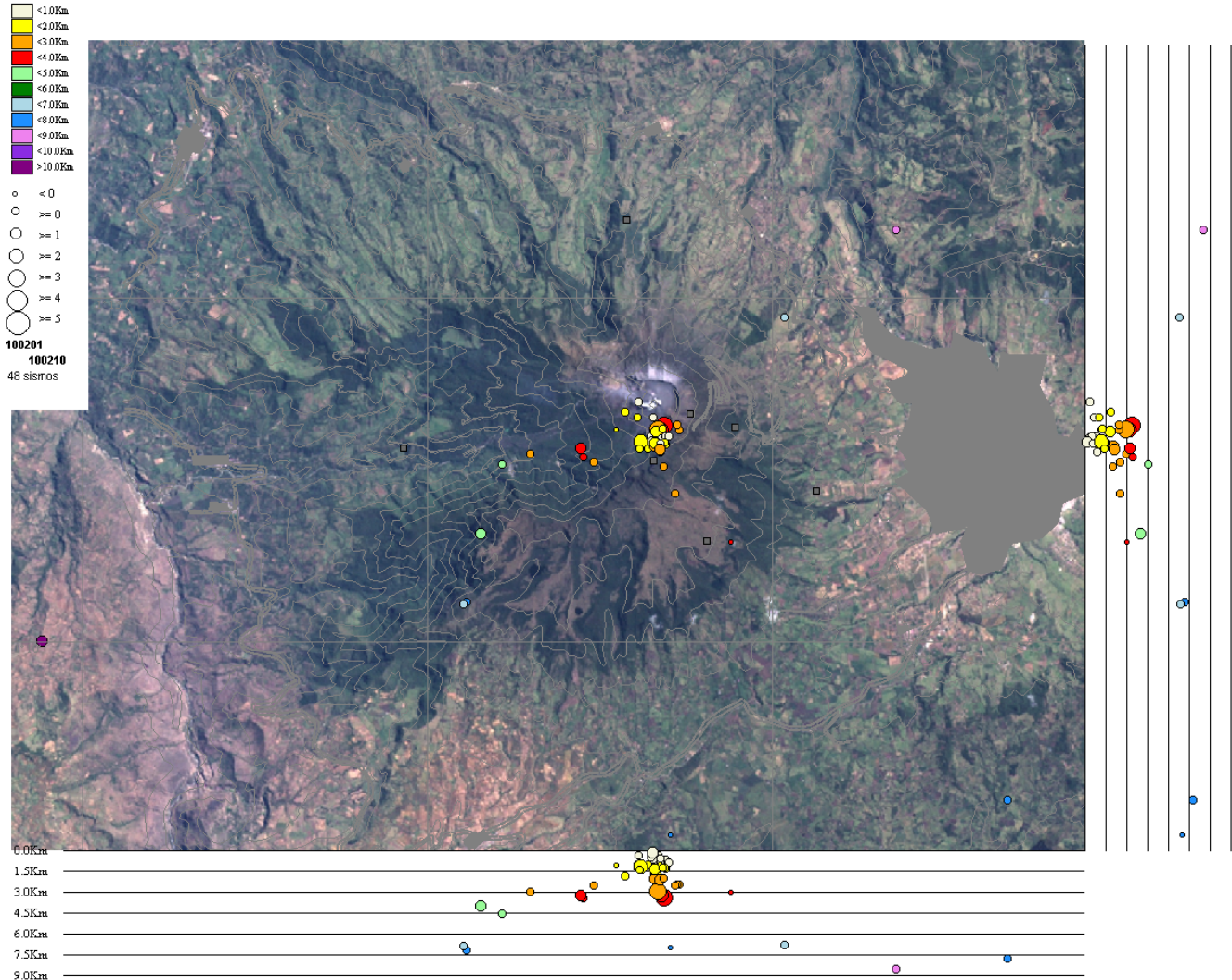


Figura 16. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 2 y el 8 de febrero de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1.5 km de profundidad, el tamaño de los círculos que representan los sismos depende de su M_L y el color su profundidad, de acuerdo con las convenciones ubicadas en la parte superior izquierda de la figura.



Tabla 3. Parámetros de las localizaciones de sismos asociados a fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 2 y el 8 de febrero de 2010.

FECHA	HORA	LATITUD		LONGITUD		PROF km	MAG Coda	MAG Local	#FASES	GAP	Dist- Min	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO
		°	'	°	'											
02/02/2010	19:49:10	1	10.01	77	30.59	14.16	1.43	0	6	341	11.1	0.05	2.3	1.5	C1	GVA
04/02/2010	5:01:26	1	13.09	77	21.36	2.41	0.23	0.4	9	156	1.2	0.08	0.4	0.4	B1	GHD
04/02/2010	10:33:18	1	12.99	77	21.66	0.33	0.49	0.6	9	192	1	0.06	0.3	1	C1	GVB
05/02/2010	0:48:05	1	12.6	77	23.94	4.56	1.64	0.1	9	155	2.3	0.03	0.2	0.2	B1	GVA
05/02/2010	3:58:23	1	12.62	77	22.61	2.54	1.48	0.7	11	142	2	0.07	0.2	0.4	B1	GVA
05/02/2010	5:14:55	1	13.27	77	21.73	0.62	0.1	0.1	6	295	1.5	0.01	0.1	0.2	C1	GHD
05/02/2010	5:41:40	1	13.17	77	21.38	2.43	0.1	0.1	9	160	1.3	0.05	0.3	0.3	B1	GHD
05/02/2010	10:51:12	1	12.98	77	21.56	0.9	1.02	0.7	9	179	0.9	0.05	0.2	0.3	B1	GVA
05/02/2010	20:07:34	1	12.75	77	23.52	2.94	1.1	0.4	11	124	2.3	0.08	0.3	0.5	B1	GVA
05/02/2010	22:48:55	1	13.02	77	21.51	0.67	1.96	1.3	6	127	1	0.05	0.2	0.7	B1	GTO
06/02/2010	3:22:38	1	10.56	77	24.5	6.86	1.82	0.5	11	258	3	0.05	0.4	0.3	C1	GVA
06/02/2010	3:22:38	1	10.58	77	24.45	7.17	1.91	0.5	12	257	3	0.05	0.3	0.2	C1	GVA
06/02/2010	5:23:44	1	14.91	77	14.85	7.68	1.32	0.1	11	318	10.6	0.07	0.6	0.2	C1	GVA
06/02/2010	5:23:44	1	15.02	77	14.8	7.64	1.42	0.1	11	318	10.8	0.06	0.6	0.2	C1	GVA
06/02/2010	6:55:09	1	11.45	77	20.6	3.05	0.53	-0.1	10	91	0.6	0.1	0.4	0.4	B1	GVA
06/02/2010	7:11:35	1	13	77	21.55	0.63	1.35	0.2	7	178	1	0.02	0.1	0.2	B1	GVA
06/02/2010	7:54:00	1	13.31	77	21.67	0.23	0	0	5	188	1.6	0.01	0.1	0.4	C1	GLP
06/02/2010	7:54:00	1	13	77	21.5	0.87	0.5	0.1	7	172	1	0.09	0.4	0.7	B1	GVA
06/02/2010	11:12:17	1	13.5	77	21.96	0.35	-0.62	0.2	6	309	2.1	0.03	0.2	1	C1	GHD
06/02/2010	11:13:04	1	12.89	77	21.55	1.29	-0.62	0.7	8	179	0.8	0.06	0.3	0.3	B1	GHD
06/02/2010	12:47:26	1	12.93	77	21.68	1.22	0.55	0.8	7	102	0.9	0.07	0.3	0.7	B1	GHD
06/02/2010	14:47:26	1	7.19	77	21.48	7.03	1.19	-0.2	9	313	7.4	0.06	0.7	0.3	C1	GVA
06/02/2010	14:57:09	1	12.91	77	21.56	1.22	0.49	0.1	8	180	0.8	0.05	0.2	0.3	C1	GHD
06/02/2010	15:08:36	1	13.01	77	21.77	0.47	1.22	0.9	11	97	1.1	0.1	0.3	1.2	B1	GHD
06/02/2010	15:53:56	1	13.06	77	21.68	1.83	1.13	0	8	193	1.1	0.08	0.4	0.5	C1	GHD
06/02/2010	15:56:02	1	13.28	77	21.97	1.01	0.91	0.1	8	213	1.7	0.08	0.4	0.8	C1	GHD
06/02/2010	15:58:17	1	12.89	77	21.63	0.98	0.73	0.7	5	191	0.8	0.04	0.4	0.8	C1	GHD
06/02/2010	16:16:55	1	11.56	77	24.24	4	1.03	1	8	292	5.3	0.22	1.5	1.9	C1	GVA
06/02/2010	16:31:09	1	12.92	77	21.75	0.18	0.91	1.2	8	111	0.9	0.06	0.2	3.4	B1	GVA
06/02/2010	16:33:29	1	13.44	77	21.95	0.99	0.83	0.6	5	308	1.9	0.02	0.3	0.8	C1	GHD
06/02/2010	19:50:55	1	12.83	77	21.82	1	0.55	0.5	7	216	0.9	0.06	0.4	0.6	C1	GVA
06/02/2010	20:02:21	1	13.01	77	21.6	0.59	0.42	0.3	10	185	1	0.06	0.2	0.5	C1	GHD
06/02/2010	20:02:21	1	12.92	77	21.53	1.09	0.52	0.4	6	175	0.8	0.05	0.3	0.4	B1	GHD
06/02/2010	20:33:57	1	12.78	77	21.63	0.84	0.6	0.2	5	196	0.6	0.03	0.3	0.6	C1	GHD
06/02/2010	21:04:16	1	12.9	77	21.63	1	-0.22	-0.1	7	191	0.8	0.05	0.2	0.5	C1	GVA
06/02/2010	22:05:29	1	12.88	77	21.63	0.69	0.09	0.7	5	191	0.8	0.02	0.2	0.5	C1	GVA
06/02/2010	22:10:41	1	13.35	77	22.15	1.87	0.73	0.5	7	222	2	0.03	0.2	0.4	C1	GHD
06/02/2010	22:11:43	1	12.9	77	21.7	1.42	0.95	1.4	9	107	0.9	0.09	0.3	0.6	B1	GHD
06/02/2010	22:11:43	1	12.85	77	21.7	2.07	0.88	1.4	10	110	0.8	0.09	0.3	0.5	B1	GHD
06/02/2010	22:31:45	1	12.9	77	21.62	0.58	1.17	0.5	8	189	0.8	0.06	0.3	0.8	C1	GHD
06/02/2010	22:41:52	1	12.81	77	21.63	2.15	1.09	1.3	10	91	0.6	0.1	0.3	0.6	B1	GHD
06/02/2010	23:01:18	1	12.93	77	21.93	1.19	2.07	2	11	99	1.1	0.1	0.3	0.7	B1	GVA
07/02/2010	0:44:32	1	12.18	77	21.42	2.5	0.75	0.1	5	197	0.6	0.05	0.5	0.5	C1	GVA
07/02/2010	1:25:06	1	12.82	77	21.94	1.37	0.93	0.6	9	221	1	0.09	0.5	0.5	C1	GHD
07/02/2010	1:38:11	1	12.86	77	21.76	1.12	0.83	0.7	7	211	0.8	0.08	0.6	1	C1	GHD
07/02/2010	1:40:55	1	13.11	77	21.59	1.26	0.85	0.7	8	181	1.2	0.06	0.3	0.5	C1	GHD
07/02/2010	1:46:25	1	12.57	77	21.58	2	0.81	0.2	4	280	0.2	0.02	0	0	C1	GHD

Con relación a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos de deformación del edificio volcánico, se encontró lo siguiente:

Para el inclinómetro Peladitos (1.4 km al sureste del cráter principal, 3850 msnm), la componente tangencial muestra un comportamiento ascendente la cual venía mostrando desde finales de octubre de 2009; hasta enero de 2010 este comportamiento podría haberse asociado con la temperatura, teniendo en cuenta que en años anteriores se observó el mismo comportamiento, sin embargo, a pesar de que la temperatura para las últimas semanas muestra un descenso, la componente tangencial continua con la tendencia ascendente, lo que puede estar asociado, con mayor probabilidad, a la actividad volcánica. La componente radial, muestra variaciones pequeñas que se asemejan al comportamiento de la temperatura (Figura 17).

Las dos componentes del inclinómetro Huairatola (1.7 km al norte del cráter, 3745 msnm), no muestran variaciones que puedan considerarse producto de la deformación del edificio volcánico; los cambios pueden estar relacionados con variaciones de temperatura (Figura 18).

Las componentes radial y tangencial del inclinómetro Calabozo (ubicado a 6.8 km al oeste-suroeste del cráter principal, 2350 msnm) muestran un comportamiento similar, entre 28 de octubre de 2009 y 14 de enero de 2010, muestran una tendencia ascendente de unos 120 μ radianes y 50 μ radianes respectivamente y posteriormente cambian de tendencia, acumulando hasta la fecha unos 100 μ radianes y 20 μ radianes (Figura 19).

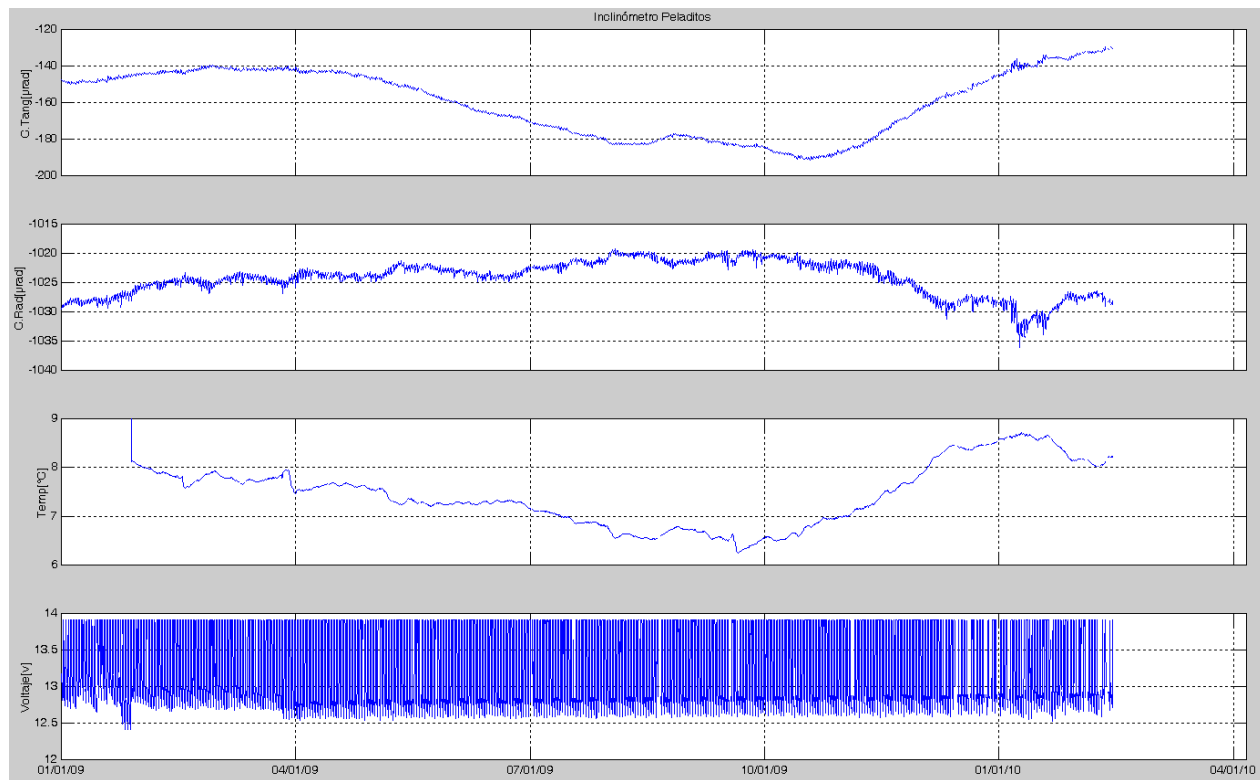


Figura 17. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 8 de febrero de 2010.

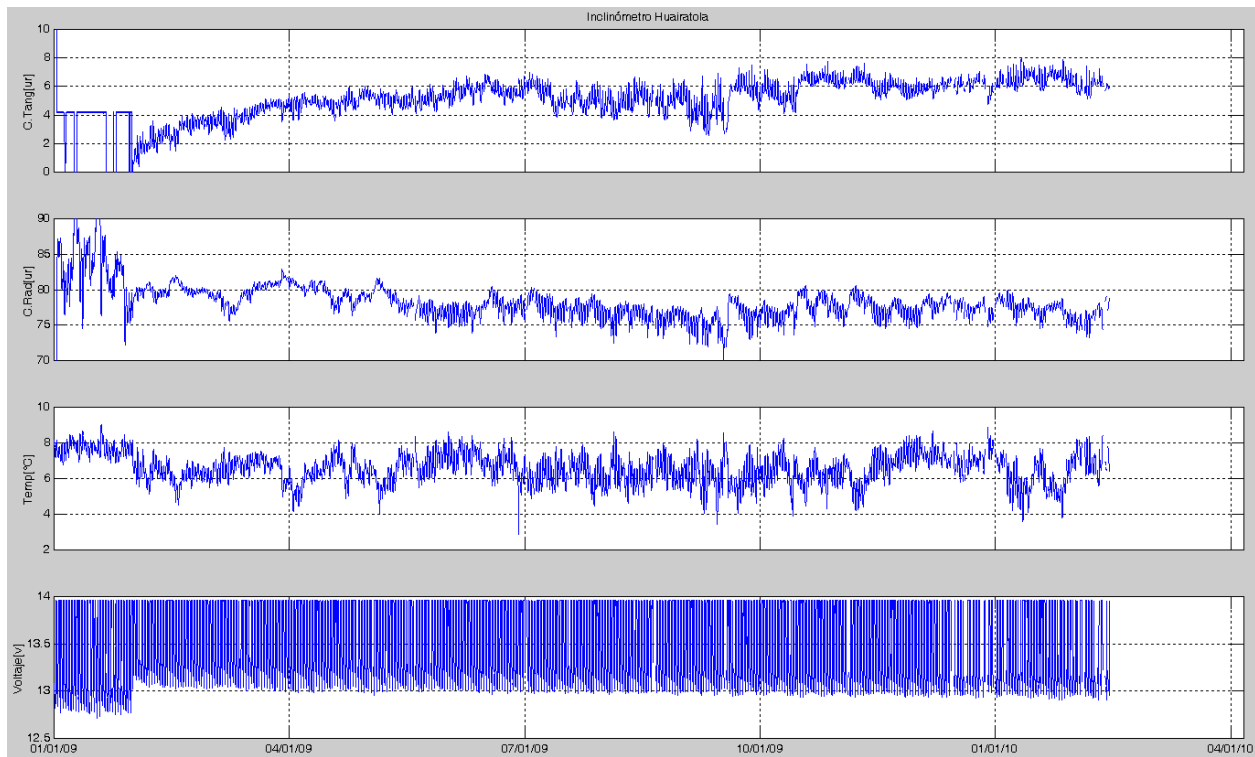


Figura 18. Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 8 de febrero de 2010.

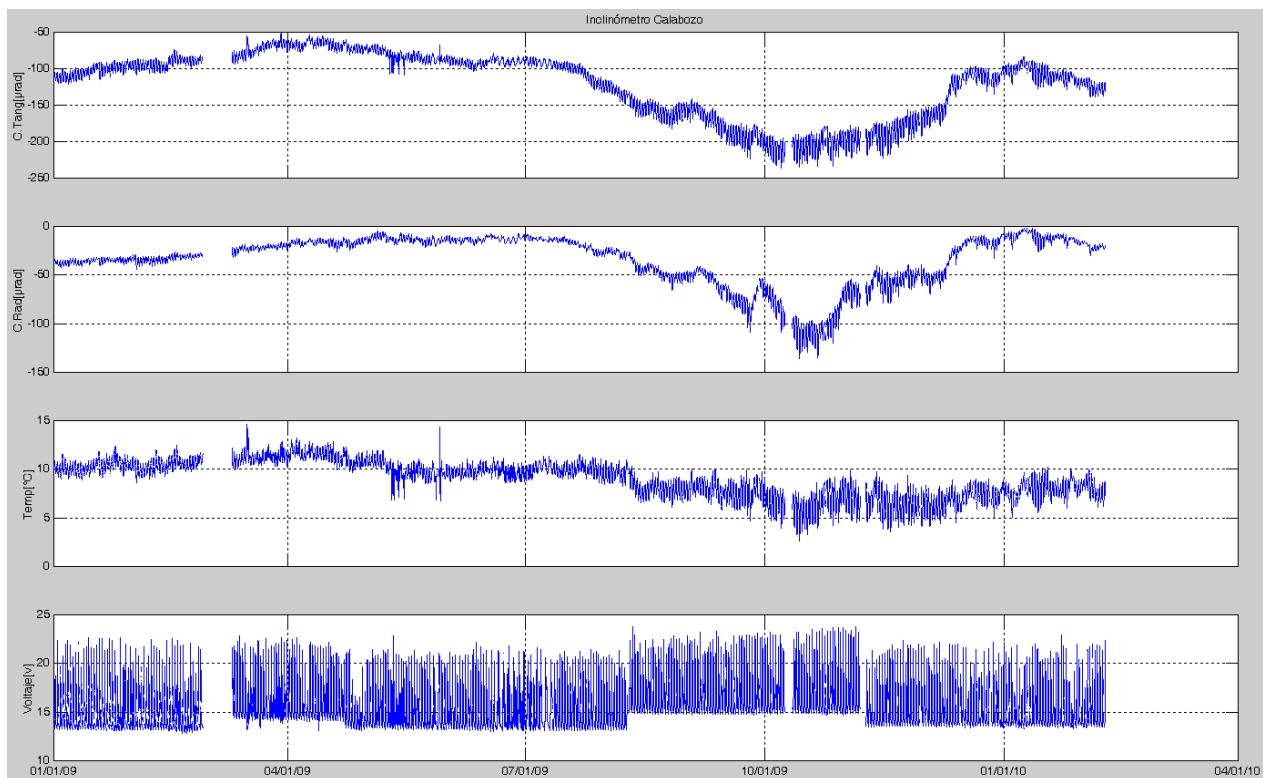




Figura 19. Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 8 de febrero de 2010.

+

Durante el transcurso del periodo evaluado, las estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS (ubicadas al noroccidente del cono activo) del proyecto NOVAC (<http://www.novac-project.eu/>) en Galeras, registraron varios escaneos, de los cuales únicamente se obtuvo un valor para el 7 de febrero calculado en 141 ton/día; el 8 se realizó una medida con el equipo MovilDoas y se obtuvo un valor de 167 ton/día (Figura 20)., estos datos son considerados como bajos para Galeras, pero cobran importancia en esta semana, teniendo en cuenta que en este último periodo no se había detectado columna de emisión y que este incremento puede asociarse con el enjambre de sismos registrados entre el 6 y 7 de febrero.

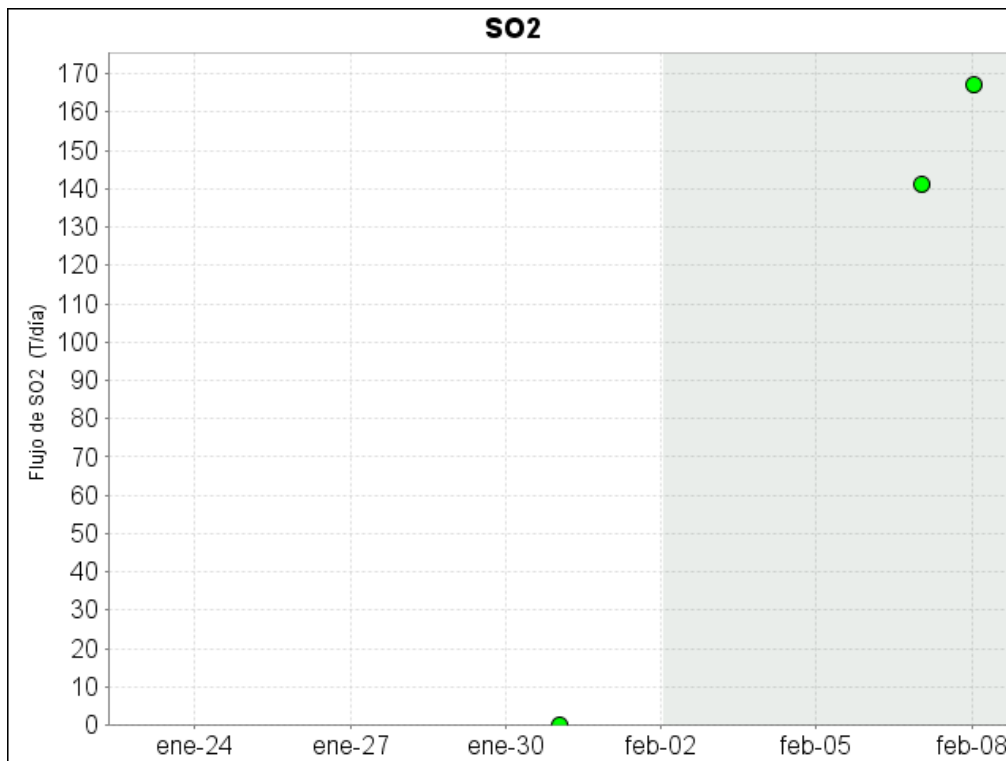


Figura 20. Flujo de SO₂ del volcán Galeras registrado por las estaciones ScanDOAS, ubicadas al noroccidente, registrada entre el 21 de enero de 2010 y el 8 de febrero de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado.

Durante el transcurso de la semana evaluada, las condiciones climáticas en la cima de Galeras permitieron el día 7 de febrero de 2010, a las 6:23 am, 9:00am, y 10:07 am, observar tres emisiones, las dos primeras reportadas desde Consacá y la tercera desde Pasto. Estas pequeñas emisiones se caracterizaron por ser de baja altura y de coloración blanca (Figura 21).



Figura 21. Emisión de Galeras, registrada el 7 de febrero a las 10:07 am. vista desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.



CONCLUSIONES

- Posterior a la erupción del 2 de enero de 2010, se han dado en Galeras dos procesos similares. El primero se dio entre el 8 y 18 de enero de 2010, caracterizado por el registro de sismos tipo Tornillo, bajos niveles de sismicidad y la culminación el 19 de enero con un enjambre de eventos asociados tanto con la parte fluida del sistema como con fracturamientos de material cortical. El segundo proceso se presentó entre el 1 y 5 de febrero de 2010, el cual de manera similar, tuvo la presencia de eventos tipo Tornillo, bajos niveles de sismicidad y finalizó entre el 6 y 7 de febrero de 2010, con un enjambre de eventos asociados en su mayoría a movimiento de fluidos
- La presencia de eventos tipo Tornillo evidencia que en el interior del volcán se están dando procesos de sobrepresión que facilitan la ocurrencia de este tipo de eventos.
- La baja o nula presencia de emisiones de SO₂, hasta el 7 de febrero de 2010, refuerzan la hipótesis de que el sistema estuvo parcialmente sellado.
- El enjambre de eventos sísmicos ocurrido entre el 6 y el 7 de febrero de 2010, el registro de emisiones de dióxido de azufre y la verificación en superficie de actividad superficial, indican que aunque hay evidencia de presencia de material magmático en niveles superficiales, que el sistema está presentando procesos de sobrepresión, la conformación de sellos relativamente pequeños que se rompen y permiten una súbita desgasificación.
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando un desarrollo inestable, el comportamiento registrado permite prever la posibilidad de que se requiera algún tiempo para que se generen nuevas condiciones de sobrepresión.