

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
IDENTIFICACIÓN		
Información de la citación		
CITACIÓN		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto.
Nombre del responsable		Rafael Isaac Cárdenas Santacruz
Fecha	De publicación/disposición Tres primeras letras del mes/año	Febrero de 2017
Título		Informe Mensual de Actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Febrero de 2017.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
Identificador	En proceso de definición	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de los datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Se utiliza gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales. (Investigación, plan, programa, proyecto)	Proyecto

Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	Investigaciones Volcánicas SGC 2017
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos	Febrero de 2017.
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro. Zona de influencia de los Volcanes Doña Juana y Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Azufral.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptorios		

Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptores primarios: -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación cortical -Electromagnetismo -Geoquímica -Emisiones de gases -Actividad Superficial -Temperaturas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios	- Zona de influencia del Volcán Galeras, cono activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Cumbal - Zona de influencia de los Volcanes Doña Juana y Las Ánimas - Zona de influencia del Volcán Azufral - Zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro
Código temático		Capas de información
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de Archivos Principal en el directorio: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2017\feb
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia de los Volcanes Galeras, Cumbal, Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Chilles y Cerro Negro para acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato. Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato DOC y PDF
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2017.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado el conjunto de datos y su ubicación física. Disquete de 3-1/2; CD-ROM	CDROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Cristian López, Proyecto: Investigaciones Volcánicas, Operación 3: Diagnóstico de la Actividad Volcánica
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		(57+1)2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11 (57+1) 01-8000-110842
Fax		(57+1) 222 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CHILES – CERRO NEGRO, CUMBAL,
LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL
FEBRERO 2017**

Edición:

**RAFAEL I. CÁRDENAS SANTACRUZ
EDGAR MUÑOZ HIDALGO
PATRICIA PONCE**

San Juan de Pasto, marzo de 2017

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	9
	INTRODUCCION	11
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2017	12
1.1.	Red de vigilancia	12
1.2.	Sismología	16
1.3.	Deformación	20
1.3.1.	Inclinometría Electrónica	20
1.3.2.	Estaciones GNSS permanentes	25
1.4.	Electromagnetismo	29
1.5.	Geoquímica	32
1.5.1.	Muestreo de aguas en fuentes termales - Volcán Galeras	32
1.5.1.1.	Fuente termal Río Pasto	36
1.5.1.2.	Fuente termal Aguas Agrias	36
1.5.1.3.	Fuente termal Cehani	37
1.5.1.4.	Fuente termal Agua Blanca	37
1.5.1.5.	Fuente termal Licamancha	37
1.6.	Actividad superficial	39
1.7.	Conclusiones	40
2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – FEBRERO DE 2017	41
2.1.	Red de vigilancia	41
2.2.	Sismología	42
2.3.	Deformación	44
2.4.	Geoquímica	49
2.5.	Actividad superficial	49
2.6.	Conclusiones	50
3.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – FEBRERO DE 2017	51
3.1.	Ubicación Geográfica	51
3.2.	Red de vigilancia	51
3.3.	Sismología	54
3.4.	Deformación	55
3.5.	Geoquímica	58
3.5.1.	Registro de temperatura – Estación térmica telemétrica Baño Grande Volcán Chiles	58
3.6.	Actividad superficial	59
3.7.	Conclusiones	60
4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2017	61
4.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN LAS ANIMAS	62
4.1.1.	Ubicación Geográfica	62
4.1.2.	Red de Vigilancia	62
4.1.3.	Sismología	64
4.1.4.	Deformación	65
4.1.4.1.	Inclinometría Electrónica	65
4.1.4.2.	Estaciones GNSS permanentes	65
4.1.5.	Actividad Superficial	67
4.1.6.	Conclusiones	67
4.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA	68

4.2.1.	Red de vigilancia	68
4.2.2.	Deformación	69
4.2.2.1.	Inclinometría Electrónica	69
4.2.2.2.	Estaciones GNSS Permanentes	70
4.2.4.	GEOQUÍMICA	71
4.2.5.	Actividad Superficial	71
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN AZUFRAL	72
4.3.1.	Red de vigilancia	72
4.3.2.	Sismología	73
4.3.3.	Deformación	74
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	74
4.3.3.2.	Estaciones GNSS permanentes	77
4.3.4.	Electromagnetismo	79
4.3.5.	Geoquímica	80
4.3.6.	Actividad Superficial	82
4.3.7.	Conclusión	83
5.	BIBLIOGRAFÍA	83

FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.	13
Figura 2.	Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.	13
Figura 3.	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.	16
Figura 4.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en febrero de 2017.	16
Figura 5.	Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	17
Figura 6.	Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2017.	17
Figura 7.	Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	18
Figura 8.	Comparación de la energía de los sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para febrero de 2017.	19
Figura 9.	Localizaciones de sismos VT en la zona de influencia de Galeras durante febrero de 2017	20
Figura 10.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.	21
Figura 11.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 28 de febrero de 2017.	21
Figura 12.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.	22
Figura 13.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.	22
Figura 14.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 28 de febrero de 2017.	23
Figura 15.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2007 y el 28 de febrero de 2017.	23
Figura 16.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.	24
Figura 17.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2011 y el 28 de febrero de 2017.	24
Figura 18.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 17 de febrero de 2017.	25
Figura 19.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 17 de febrero de 2017.	26
Figura 20.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en	26

	Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 17 de febrero de 2017.	
Figura 21.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de mayo de 2014 y el 17 de febrero de 2017.	27
Figura 22.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2012 y el 17 de febrero de 2017.	27
Figura 23.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre 19 de septiembre de 2016 y el 17 de febrero de 2017.	28
Figura 24.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 19 de septiembre de 2016 y el 17 de febrero de 2017.	28
Figura 25.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagui, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre el 3 de marzo de 2010 y el 17 de febrero de 2017.	29
Figura 26.	Campo magnético total (F), registrado en las estación de Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de noviembre de 2016 y febrero de 2017. La zona sombreada corresponde al mes evaluado, febrero de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	30
Figura 27.	Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (superior) y Frailejón (inferior), para el mes de febrero de 2017, donde se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición para las dos series de tiempo está dada en nano Teslas (nT).	30
Figura 28.	Variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Frailejón (superior) y Barranco (inferior), pertenecientes a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el periodo entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.	31
Figura 29.	Resultante horizontal del campo eléctrico (negro) para las estaciones Frailejón (superior) y Barranco (inferior), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), en la zona de estudio, para el periodo comprendido entre los meses de enero y febrero de 2017. En el caso de Frailejón se evalúa hasta el día 21 puesto que el 22 se realizó el mantenimiento de la estación.	31
Figura 30.	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.	32
Figura 31.	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras febrero 2017	34
Figura 32.	Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras - febrero 2017.	35
Figura 33.	Variación de Conductividad Eléctrica de las FT de Volcán Galeras – febrero 2017.	36
Figura 34.	Variación del pH de las FT de Volcán Galeras - febrero 2017.	38
Figura 35.	Variación de alcalinidad en las FT de Volcán Galeras febrero 2017.	38
Figura 36.	Imagen de la emisión de gases del volcan Galeras presentada el dia 8 de febrero del 2017 a las 11:35.,capturadas por la camara Barranco.	39
Figura 37.	Imagen de la emisión de gases del volcan Galeras presentada el dia 10 de febrero de 2017 a las 7:56.,Capturada por la camara Bruma.	39
Figura 38.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2017.	41
Figura 39.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en enero de 2017.	42
Figura 40.	Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, durante enero y febrero de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.	44
Figura 41.	Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2017.	44
Figura 42.	Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos tipo TOR, registrados en febrero de 2017 en la componente vertical de la estación La Mesa del CVC.	45

Figura 43.	Localizaciones de VT e HIB registrados en febrero de 2017 en el CVC.	46
Figura 44.	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2017.	46
Figura 45.	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico .La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 28 de febrero de 2017.	47
Figura 46.	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.	47
Figura 47.	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.	48
Figura 48.	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico .Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2017.	48
Figura 49.	Imagen de la emisión de gases del volcan Cumbal presentada el día 11 de Febrero de del 2017 ..capturadas por la camara ubicada en el sector de Punta Vieja.	49
Figura 50.	Imagen de la emisión de gases del volcan Cumbal presentada el día 12 de Febrero del 2017. ,capturadas por la camara ubicada en el sector de Punta Vieja.	49
Figura 51.	Imagen de la emisión de gases del volcan Cumbal presentada el día 15 de Febrero del 2017.,capturadas por la camara ubicada en el sector de Punta Vieja.	50
Figura 52.	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha)..	51
Figura 53.	Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2017.	52
Figura 54.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en enero de 2017.	53
Figura 55.	Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo durante enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.	54
Figura 56.	Localizaciones de sismos VT registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer en febrero de 2017	55
Figura 57.	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2017.	56
Figura 58.	Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.	56
Figura 59.	Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 25 junio de 2014 y el 28 de febrero de 2017.	57
Figura 60.	Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.	57
Figura 61.	Mapa de localización de la estación térmica telemétrica Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles.	58
Figura 62.	Temperatura estación Térmica Baño Grande-Volcán Chiles febrero 2017.	59
Figura 63.	Imagen de los Volcanes Chiles (izquierda) y Cerro Negro (derecha),fotografía capturada el 9 de febrero de 2017 a las 5:56 p.m	60
Figura 64.	Imagen de los Volcanes Chiles (izquierda) y Cerro Negro (derecha), fotografía capturada el 19 de febrero de 2017 a las 7:20 a.m	60

Figura 65.	Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.	61
Figura 66.	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	62
Figura 67.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2017. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.	63
Figura 68.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en febrero de 2017.	63
Figura 69.	Localizaciones de sismos VT registrados en febrero de 2017 en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.	64
Figura 70.	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana durante el mes de febrero de 2017.	65
Figura 71.	Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.	66
Figura 72.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2015 y el 17 de febrero de 2017.	66
Figura 73.	Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	68
Figura 74.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante febrero de 2017.	69
Figura 75.	Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2013 y el 28 de febrero de 2017.	70
Figura 76.	Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.	70
Figura 77.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 27 de febrero de 2016 y el 17 de febrero de 2017.	71
Figura 78.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2017..	72
Figura 79.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de febrero de 2017.	73
Figura 80.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral en febrero de 2017.	74
Figura 81.	Localizaciones de sismos VT registrados en Azufral durante febrero de 2017	75
Figura 82.	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos, Bases y prisma EDM y GNSS que conformaron la red de vigilancia del Volcán Azufral durante el mes de febrero de 2017.	75
Figura 83.	Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero del 2013 y el 28 de febrero de 2017.	76
Figura 84.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.	76
Figura 85.	Comparación entre la componente de inclinación Este del inclinómetro de La Roca y la variación del nivel del agua de la Laguna Verde.	77

Figura 86.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 22 de mayo de 2015 y el 17 de febrero de 2017.	78
Figura 87.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 17 de febrero de 2017.	78
Figura 88.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 17 de febrero de 2017.	79
Figura 89.	Campo magnético total (F), registrado en la estación de monitoreo magnético del volcán Azufral Lobo para el periodo comprendido entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT)..	79
Figura 90.	Comportamiento de la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Lobo, pertenecientes a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el periodo comprendido entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.	80
Figura 91.	Mapa de localización campo fumarólico Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral.	80
Figura 92.	Temperatura Domo Mallama-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral – febrero 2016.	81
Figura 93.	Imagen del volcan Azufral presentada el dia 14 de Febrero del 2017 capturada por la camara Laguna.	82
Figura 94.	Imagen del volcan Azufral presentada el dia 15 de Febrero del 2017 capturada por la camara Laguna.	82
Figura 95.	Imagen del volcan Azufral presentada el dia 17 de Febrero del 2017, capturada por la camara Laguna.	83

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en febrero de 2017.	14
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2017.	14
Tabla 3.	Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2017.	14
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en febrero de 2017.	15
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	15
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras.	16
Tabla 7.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante enero y febrero de 2017.	17
Tabla 8.	Energía de los eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante enero y febrero de 2017	18
Tabla 9.	Sismos con ML mayor o igual de 1.0 grado registrados en Galeras en febrero de 2017	19
Tabla 10.	Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2017.	32
Tabla 11.	Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.	33
Tabla 12.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	35
Tabla 13.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2017.	42
Tabla 14.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC durante enero y febrero de 2017	43
Tabla 15.	Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2017.	52
Tabla 16.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	53
Tabla 17.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.	54
Tabla 18.	Ubicación geográfica fuente termal Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles.	59
Tabla 19.	Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero 2017.	59
Tabla 20.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en febrero de 2017.	63
Tabla 21.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.	64
Tabla 22.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en febrero de 2017.	69
Tabla 23.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral en el mes de febrero de 2017.	73
Tabla 24.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en el volcán Azufral.	74

RESUMEN

Durante el mes de febrero 2017, la ocurrencia sísmica registrada en el volcán Galeras disminuyó en comparación a los valores registrados en el mes de enero, mientras que la energía liberada registró un aumento en dos órdenes de magnitud. Los sismos asociados con fracturamiento de material cortical (VT) seguidos por aquellos asociados a fracturamiento de roca con el consiguiente movimiento de fluidos (Eventos Tipo HIB) fueron los que aportaron el mayor número. Los eventos tipo VT fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HIB) se identifica que algunos sismos se concentraron muy próximos al cono volcánico, a distancias epicentrales menores a 2.0 km y profundidades superficiales por debajo de los 3 km respecto a la cima volcánica – 4276 msnm. El resto de sismos se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 15 km de distancia y a profundidades de hasta 16 km respecto a la cima. Las magnitudes calculadas fueron menores a 2.3 en la escala de Richter.

Los sensores que monitorean las deformaciones volcánicas no muestran mayores variaciones en el periodo evaluado, y aquellas variaciones observadas pueden estar asociadas a cambios de temperatura en la zona de instalación de los equipos.

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible registrar emisiones de gases durante todos el mes, exceptuando los días 3, 4, 7, 13 y 22 de febrero de 2017, en su mayoría de coloración blanca; los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental de la cima del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos y con alturas relativamente bajas sobre la cima de Galeras.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo volcánico permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con relación al monitoreo del Complejo volcánico de Cumbal, la evaluación de los registros sísmicos en la estaciones instaladas en este volcán muestran que la mayoría de eventos ocurridos se asocian a fracturamiento de roca con el consiguiente movimiento de fluidos al interior del sistema volcánico (HIB) seguidos por aquellos asociados a movimiento de fluidos de fuente transitoria (eventos tipo LPS).

Respecto a la localización de sismos VT e HIB, para el periodo evaluado fue posible localizar 59 sismos, que en su mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter La Plazuela y Mundo Nuevo, a profundidades inferiores a 3 km respecto de la cima y distancias menores a 2 km. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 1.6 en la escala de Richter.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del complejo volcánico Cumbal permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

La ocurrencia sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, en el mes de febrero de 2017 disminuyó en un 82% en comparación al mes de enero, pasando de 1197 a 217 sismos. De esta sismicidad fue posible localizar 68 eventos, la mayoría continúan ubicándose hacia el sur del volcán Chiles en territorio Ecuatoriano a distancias epicentrales menores a 11 km, y profundidades menores a 10 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm); unos cuantos sismos fueron localizados dispersos en la zona de influencia de los dos volcanes, a profundidades menores a 9 km y distancias entre 3 y 12 km respecto al centro del volcán Chiles. La mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1.2 en la escala de Richter.

Respecto a deformación, continúan registrándose los cambios observados en los inclinómetros Chiles y Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro en febrero de 2017 permitió mantener el **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

En los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral se tuvo registro de 9, 1 y 10 eventos sísmicos respectivamente, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT), los cuales fueron de bajo nivel energético. Los eventos localizados en el volcán Las Ánimas se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, con magnitudes menores a 1.9 en la escala de Richter. El evento registrado en el volcán Doña Juana se localizó a 4.2 km respecto a los domos del volcán, a una profundidad de 5.5 km respecto a la cima y con una magnitud local de 0.2 en la escala de Richter.

Los sismos localizados en el Volcán Azufral se ubicaron dispersos en la zona de influencia volcánica, a distancias menores a 11 km, profundidades de hasta 11 km respecto a la cima (4070 m) y magnitudes locales por debajo de 1.7 en la escala abierta de Richter.

Con base en el análisis de la información suministrada por las redes de vigilancia, instaladas alrededor de los volcanes monitoreados, se concluye que el nivel de actividad de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral, se mantiene en **NIVEL VERDE** ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

INTRODUCCION

Durante el mes de febrero de 2017, el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - Observatorio Vulcanológico y sismológico de Pasto (OVSP), continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles y Cerro Negro, Azufra, Doña Juana, y Las Ánimas, mediante el monitoreo continuo y en tiempo real durante las 24 horas del día. Esto permitió evaluar el estado de actividad de cada uno de estos volcanes.

El estado y características de un volcán pueden variar a través del tiempo y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas geofísicas y geoquímicas. Cambios en el comportamiento de la actividad son el reflejo de distintos procesos al interior del sistema volcánico y que pueden ser provocados por procesos hidrotermales o magmáticos que conllevan a variaciones de presión-temperatura en el sistema volcánico, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza, movimiento de material fluido (magma, volátiles o gases) desde niveles más profundos a reservorios más someros o a la superficie misma.

El análisis presentado en este informe corresponde a los resultados preliminares derivados a partir del procesamiento de los datos instrumentales y de las observaciones directas de algunas manifestaciones de la actividad volcánica. Se realiza también una recopilación del funcionamiento de los equipos que conforman la red de monitoreo volcánico en sus diferentes áreas.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2017

1.1. Red de vigilancia

En febrero de 2017 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: cuatro de corto periodo y diez de banda ancha (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de infrasonido, ubicados en los sitios de las estaciones sísmicas Calabozo al occidente, Cráter-2 y Cóndor al sur - suroccidente (Figura 1, Tabla 1).
- Cuatro cámaras de video telemétricas para registro de la actividad superficial, una instalada en la sede del OVSP, otra en la población de Consacá al occidente, otra al noroccidente en Barranco Alto y Bruma al sur del cono activo (Figura 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Ocho estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas (Figura 2, Tabla 3).
- Cinco bases de EDM (Medición Electrónica de Distancias) y 8 prismas reflectores (Figura 2).
- Una estación meteorológica, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente localizada al sur del cono activo (Figura 2).
- Dos estaciones telemétricas para monitoreo de flujos de lodos, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 2).
- Tres estaciones DOAS telemétricas para detección de dióxido de azufre (SO₂) localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, Tabla 4).
- Tres estaciones de medición de campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco y dos estaciones de medición de campo eléctrico en Frailejón y Barranco (Figura 3, Tabla 5).
- Tres estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo denominadas Lavas 1, Parques y Lirios ubicadas hacia el sector oriental del volcán (Figura 3, Tabla 6).

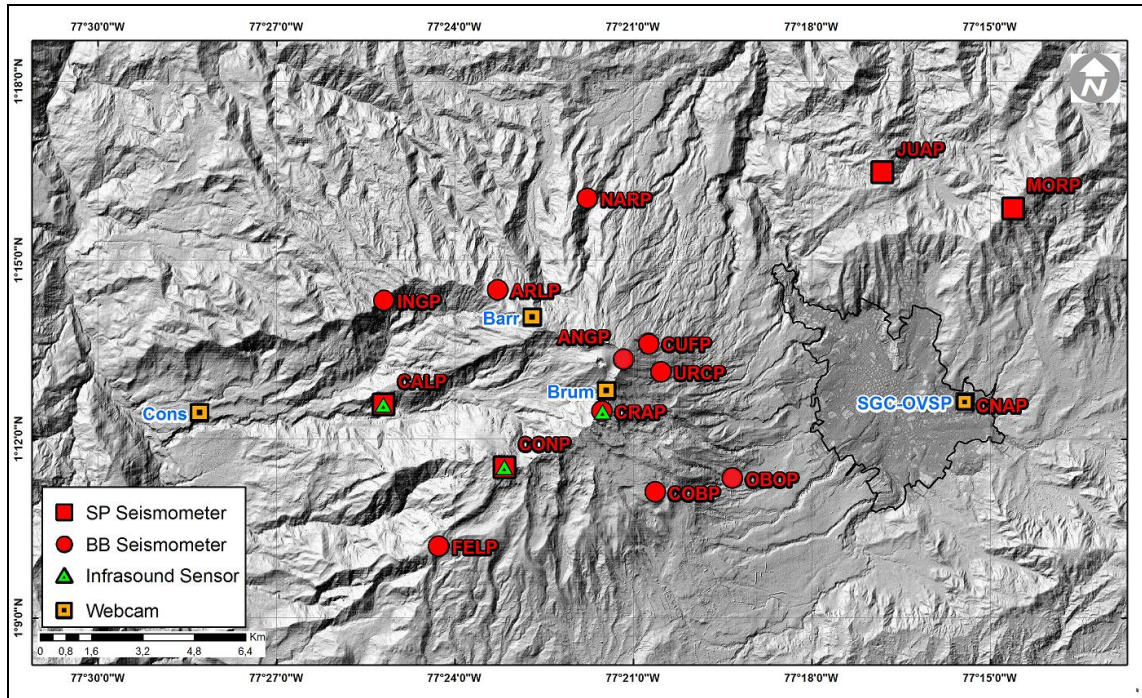


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de infrasonido que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.

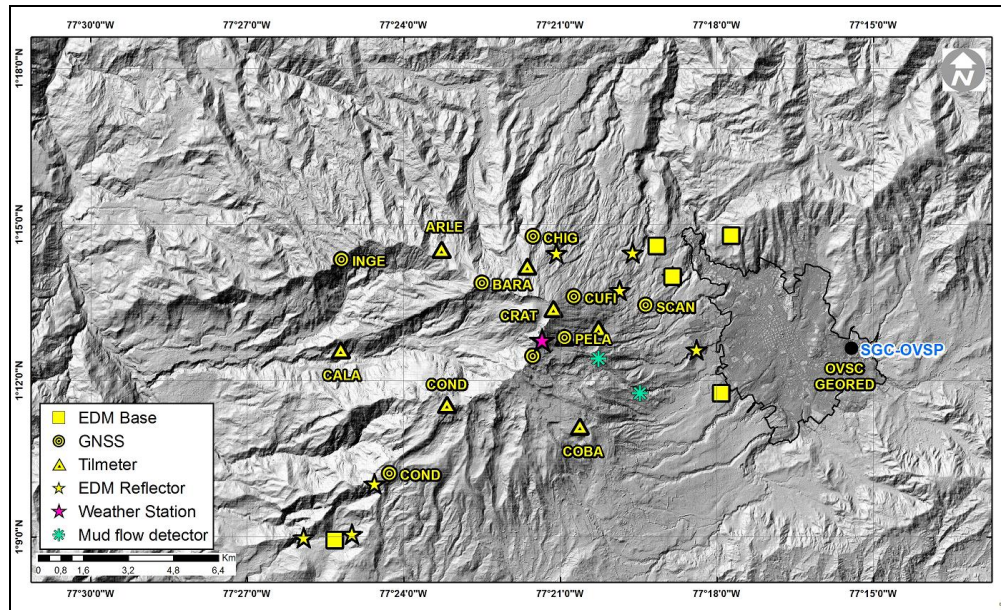


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en febrero de 2017.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGA	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	0.8	E	4170
Cráter-2	CR2R	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cufiño-BB	CUVZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COB3	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4.9	SW	3985
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.9	SE	3010
Nariño-2	NAR2	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	5.0	N	2870
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	6.8	WSW	2353
Ingenio	INGZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.0	WNW	2907
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
San Juan	SJUZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	10.5	NE	2899
Morasurco	MORA	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	13.7	NE	3504
Cráter Acústico	CRAC	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Cóndor Acústico	CONA	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	4.9	SW	3985
Calabozo Acústico	CAMI	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	6.8	WSW	2353

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2017.

Inclínómetros Electrónicos	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	0,8	E	4060
Peladitos	1,4	SE	3850
Huairatola	1,7	N	3745
Urcunina	2,3	ESE	3494
Cobanegra	3,9	SSE	3625
Arlés	4,0	NW	3450
Condor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en febrero de 2017.

Estaciones GNSS	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Peladitos	1,4	SE	3850
Cráter	1,5	S	4048
Cufiño	1,9	ENE	3800
Barranco	2,6	NW	3904
Chiguaco	2,8	NNE	3513
San Cayetano	4,1	E	3035
Ingenio	7,0	WNW	2907
Cóndor	7,6	SW	3520

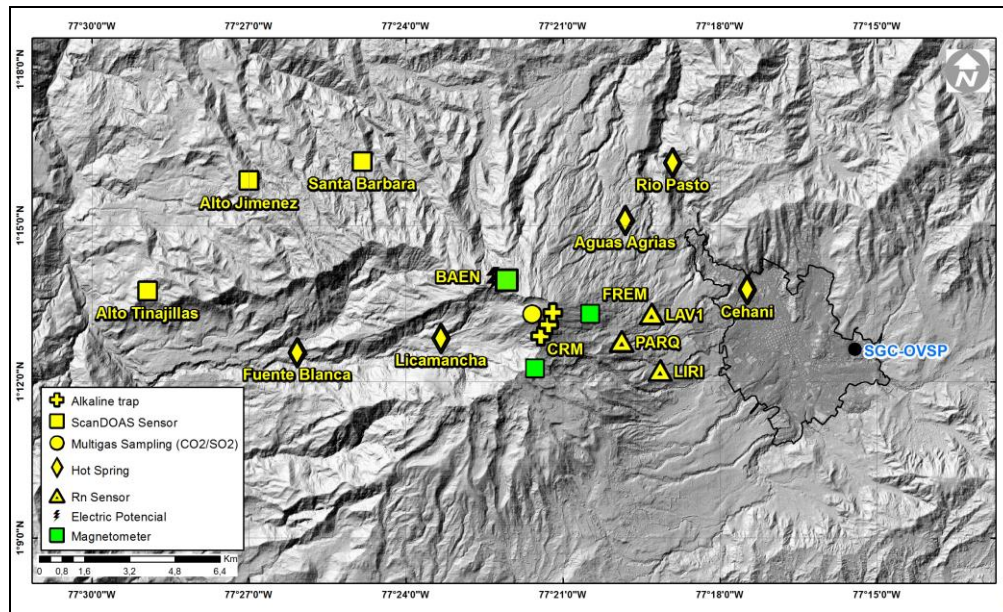


Figura 3. Localización de las estaciones de campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en febrero de 2017.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en febrero de 2017.

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° contra-azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	115	NW	2400
Alto Tinajillas	13.3	60	2100	94	W	2100

* Altura de referencia de la pluma respecto a la cima de Galeras (aproximadamente 4200 msnm).

Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.

Estación	Transmisión de datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Frailejón	Digital	Eléctrico	Biaxial	2,7	E	3727
Frailejón	Digital	Magnético	Triaxial	2,7	E	3727
Barranco	Digital	Eléctrico	Biaxial	2.0	NW	3800
Barranco	Digital	Magnético	Triaxial	2.0	NW	3800
Cráter	Digital	Magnético	Triaxial	1,9	SSE	4001

Tabla 6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras.

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Parques	3,6	ESE	3358
Lava1	4,5	E	3053
Lirios	4,7	SE	3000

Durante febrero de 2017, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 85 %, garantizando la obtención de información confiable para la evaluación de la actividad volcánica. La Figura 4, muestra el histograma con el porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo volcánico.

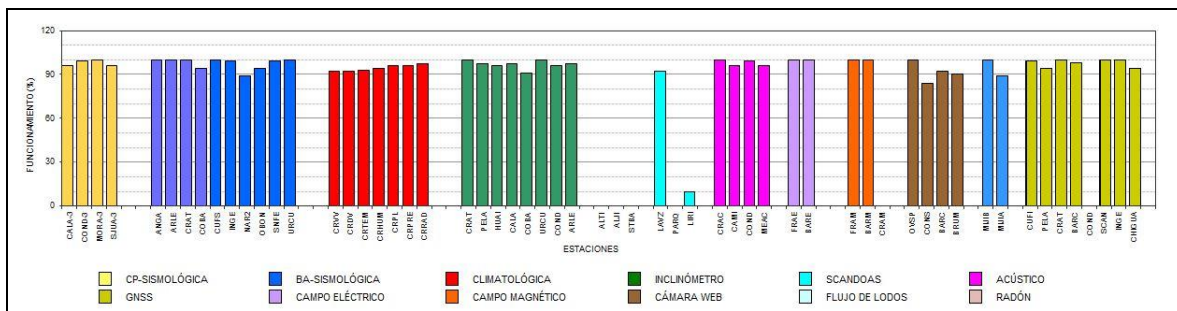


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en febrero de 2017.

1.2. Sismología

En general la ocurrencia sísmica en febrero de 2017 mostró una disminución del 50% con relación a lo registrado en enero, pasando de un total de 105 a 54 eventos. La sismicidad dominante fue la asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) con 44 sismos que representan el 80% del total, seguida por la sismicidad de tipo híbrido (HIB) que involucra fractura de roca seguida por tránsito de fluidos, con 6 sismos que representa el 11%. Los eventos asociados con tránsito de fluidos de fuente transitoria (LP) o de fuente permanente (TRE) tuvieron una baja ocurrencia, registrando solamente 2 eventos que representan el 4% respectivamente.

Casi todos los tipos de sismos disminuyeron su número con relación a enero, especialmente los de tipo HIB que disminuyeron su número un 85% pasando de 40 a 6 eventos, los eventos tipo LP disminuyeron 80% y los VT disminuyeron un 20%, en cambio los episodios de TRE aumentaron su ocurrencia, ya que en enero no se registró ninguno.

El pico de ocurrencia sísmica se registró en febrero 19 con 11 sismos, de los cuales 7 fueron de tipo VT, 3 fueron de tipo HIB y uno fue de tipo LP (Tabla 7, Figura 5 y Figura 6).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante enero y febrero de 2017.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Enero de 2017	55	10	0	40	105
Febrero de 2017	44	2	2	6	54

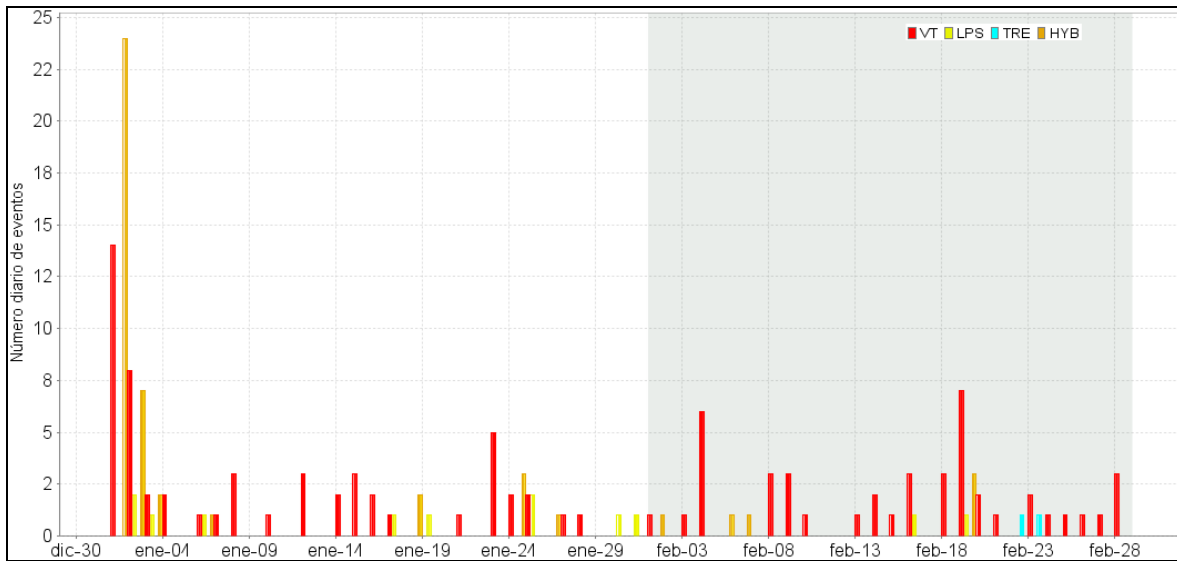


Figura 5. Número diario de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

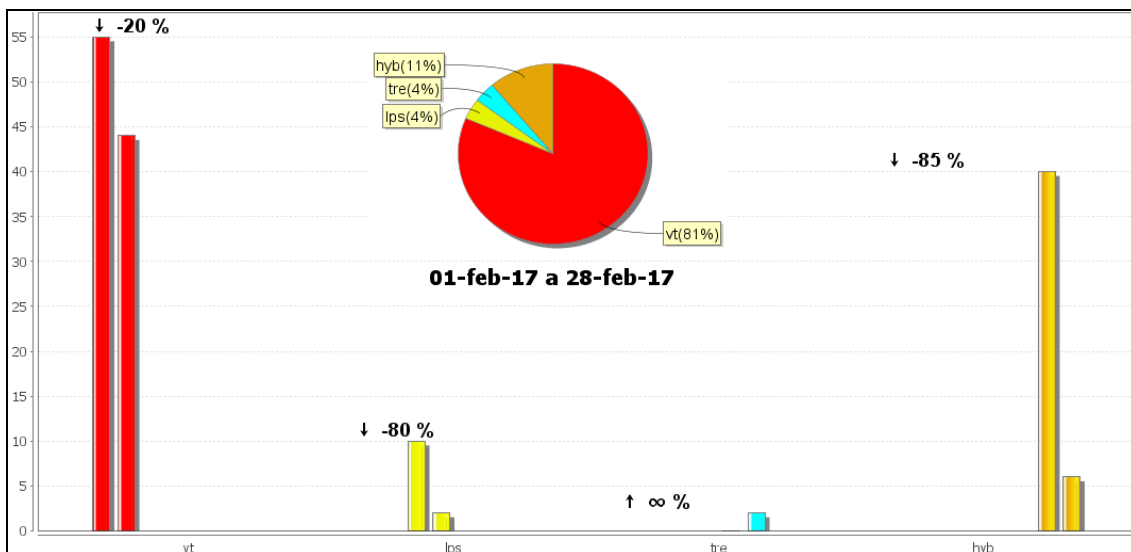


Figura 6. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2017.

La energía sísmica de febrero mostró un importante aumento en comparación con enero, pasando de 8.10×10^{10} ergios a 3.94×10^{12} ergios, lo cual indica un incremento de 48 veces en su valor. El mayor aporte energético correspondió a los eventos de tipo VT con el 99% de la energía sísmica del mes de febrero, los otros tipos de eventos tuvieron una energía tan baja que no incide en el valor total de la energía liberada en el mes evaluado. Con relación a enero, los sismos de tipo VT aumentaron su energía 54 veces, pasando de 7.33×10^{10} ergios a 3.94×10^{12} ergios, los sismos tipo LP disminuyeron su energía un 71% y los sismos de tipo HIB disminuyeron su energía en un 80%, en cambio los episodios de TRE aumentaron su energía ya que en enero no se registró ninguno.

El pico energético del mes se registró en febrero 9 con un valor de 1.74×10^{12} ergios, debido a 3 sismos de tipo VT, dos de ellos de baja energía y a un sismo que es el más energético del mes, registrado a las 05:05 hora local; este pico energético representa el 44% de la energía sísmica del mes de febrero. (Tabla 8, Figura 7 y Figura 8).

Tabla 8. Energía de los eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras durante enero y febrero de 2017

Periodo Evaluado	Energía de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HIB	TOTAL
Enero de 2017	7.33E+10	1.34E+09	0	6.31E+09	8.10E+10
Febrero de 2017	3.94E+12	3.93E+08	1.70E+09	1.28E+09	3.94E+12

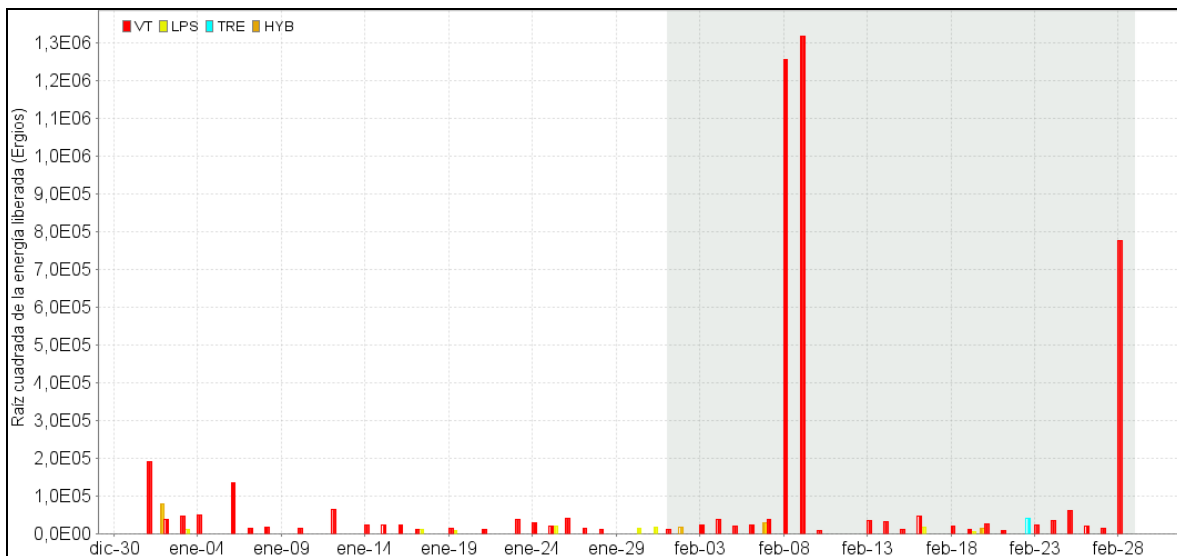


Figura 7. Energía diaria liberada en términos de su raíz cuadrática, de eventos volcánicos por tipo, registrados en Galeras durante enero y febrero de 2017; el recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

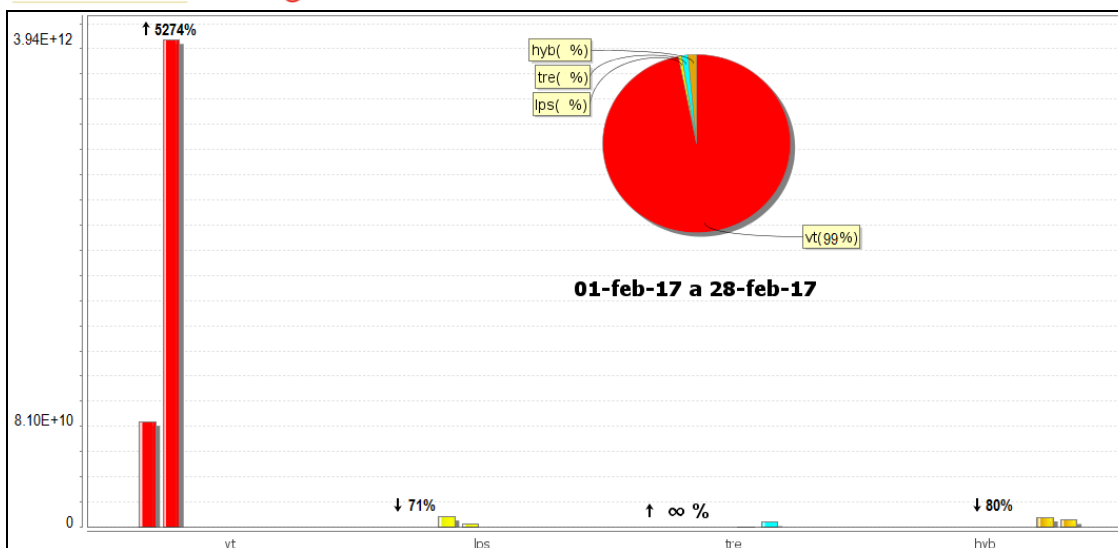


Figura 8. Comparación de la energía de los sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas de la energía sísmica por tipo para febrero de 2017

Fue posible localizar 35 sismos tipo VT, once de los cuales se ubicaron en cercanías del cráter activo en profundidades menores de 3 km con respecto a su cima (4270 msnm) y magnitud local máxima de 0.6 en la escala abierta de Richter. El resto de sismos fue localizado de manera dispersa en la zona de influencia de Galeras a distancias entre 1 y 15 km y profundidades entre 1 y 16 km, con magnitud local máxima de 2.3 en la escala abierta de Richter. Se destacan 6 sismos VT registrados el 13, 19 y 20 de febrero, localizados en inmediaciones de la población de La Florida, con profundidades entre 12 y 15 km, cinco de ellos de baja energía y uno con magnitud local de 2.0, que ocurrió el día 19 a las 18:10 hora local, localizado a una distancia de 10 km al NNE del cono activo de Galeras, con profundidad de 14 km, el cual no fue reportado como sentido. El sismo de mayor magnitud de febrero se registró el día 9 a las 05:05 hora local, a una distancia de 2.3 km al occidente del cráter activo, con profundidad de 5.5 km y magnitud local de 2.3, este sismo no fue reportado como sentido (Figura 9). La magnitud local de la mayoría de los sismos es pequeña, pues son eventos de baja energía, se destacan 6 sismos con magnitud local igual o superior a 1.0 grado, dos de ellos con magnitud local igual o superior a 2.0, ninguno de los cuales se reportó como sentido, en la tabla 9 se consignan sus características de localización.

Tabla 9. Sismos con ML mayor o igual de 1.0 grado registrados en Galeras en febrero de 2017

Fecha	Hora local	Latitud	Longitud	Prof. km	ML
08/02/2017	10:46:59.49	1-16.12	77-16.50	10	1.4
09/02/2017	5:05:53.97	1-13.50	77-23.11	6	2.3
17/02/2017	9:18:48.82	1-09.21	77-29.16	16	1.4
19/02/2017	18:10:11.28	1-18.09	77-24.51	14	2.0
25/02/2017	15:17:16.13	1-14.62	77-24.77	8	1.1
28/02/2017	1:53:00.37	1-14.96	77-19.72	6	1.8

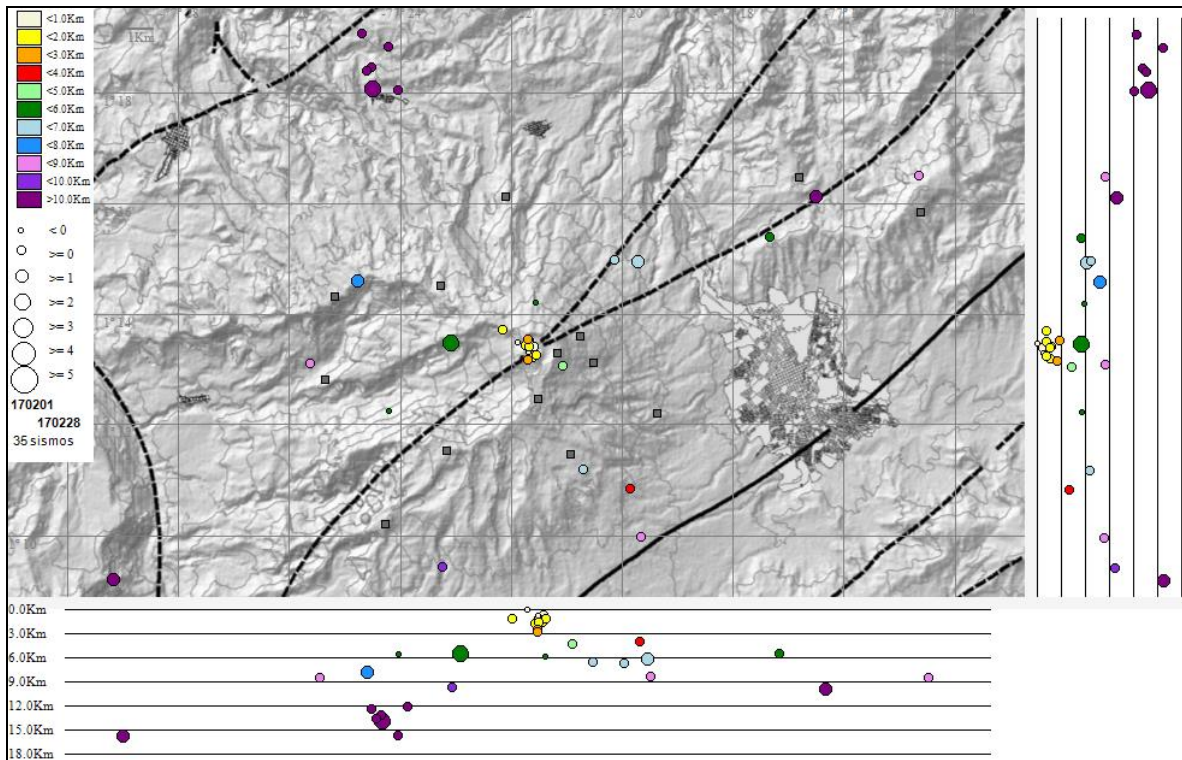


Figura 9. Localizaciones de sismos VT en la zona de influencia de Galeras durante febrero de 2017

1.3. Deformación

1.3.1. Inclinometría Electrónica

En el mes de febrero de 2017 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cóndor, Cobanegra y Arlés cuya localización se puede apreciar en la Figura 2.

El comportamiento de los inclinómetros Cráter y Cóndor continúa estable, con variaciones que se asocian a los cambios de temperatura de la zona y al sistema de alimentación eléctrico (Figuras 10 y 11). El inclinómetro Arlés desde julio de 2015 presenta en su componente de inclinación Norte una leve tendencia ascendente que acumula hasta la fecha cerca de $70 \mu\text{rad}$, en contraste se observa para el mismo periodo un comportamiento descendente en la componente Este, de unos $130 \mu\text{rad}$, algunas de estas fluctuaciones pueden estar asociadas a los cambios de temperatura ambiente (Figura 12). El inclinómetro Huairatola, desde mayo de 2015, muestra en sus componentes de inclinación Radial y Tangencial tendencias ascendentes acumulando hasta la fecha aproximadamente $30 \mu\text{rad}$ en cada una de ellas (Figura 13). La componente de inclinación Tangencial de Peladitos presenta una leve tendencia descendente acumulando unos $10 \mu\text{rad}$ desde finales del 2011 hasta la fecha, y para el mismo periodo la componente Radial, tiene una tendencia ascendente de unos $50 \mu\text{rad}$ (Figura 14). A partir del mes de julio de 2015 se observó un cambio de

tendencias en las componentes del registro del inclinómetro Calabozo, tanto en la Norte como en la Este, comportamientos descendentes, aproximadamente 110 μrad , cada una (Figura 15). En Cobanegra continua el comportamiento ascendente en la componente Norte, reportada desde principios del 2014 con cerca de 150 μrad , y en la componente Este, a partir de enero de 2016, con 50 μrad (Figura 16). Una vez se realizó el cambio de sensor en el inclinómetro Urcunina en el mes de septiembre de 2016, se puede observar que los cambios en cada una de las componentes se mantiene, con cambios que a la fecha acumulan cerca de 40 μrad (Figura 17).

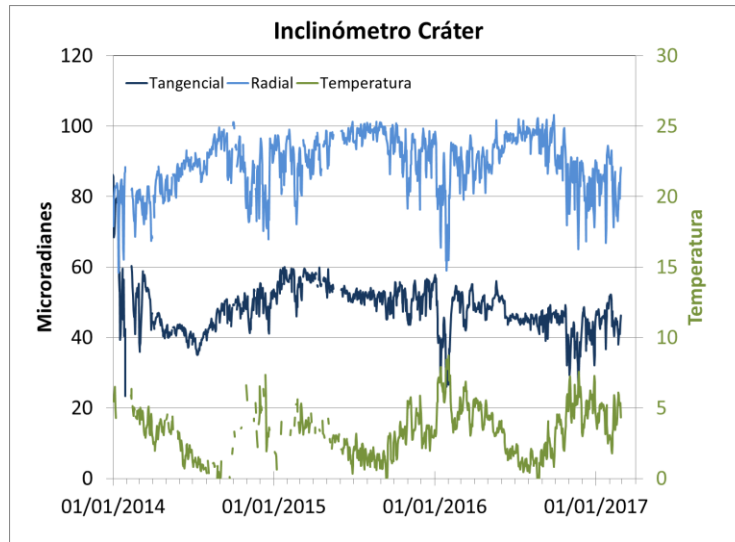


Figura 10. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.

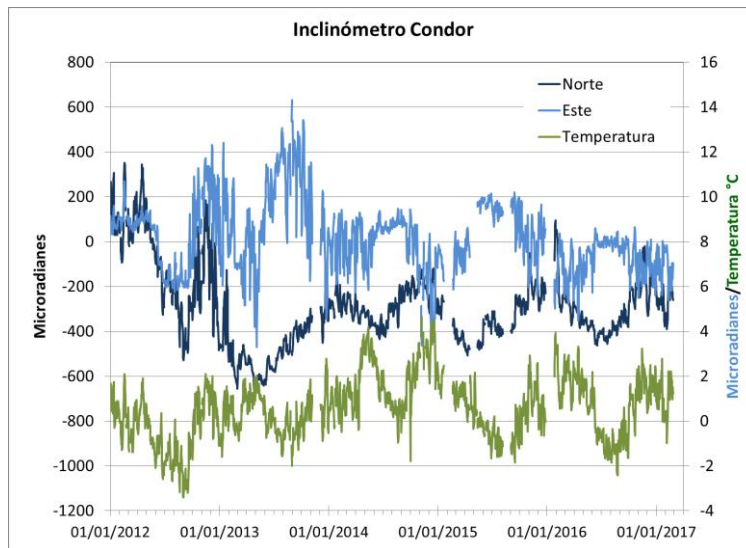


Figura 11. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2012 y el 28 de febrero de 2017.

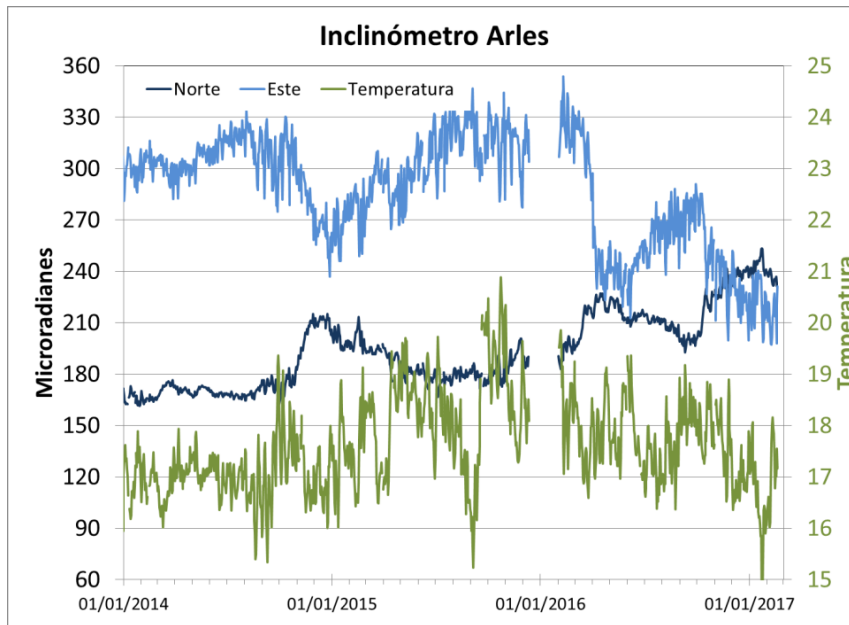


Figura 12. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.

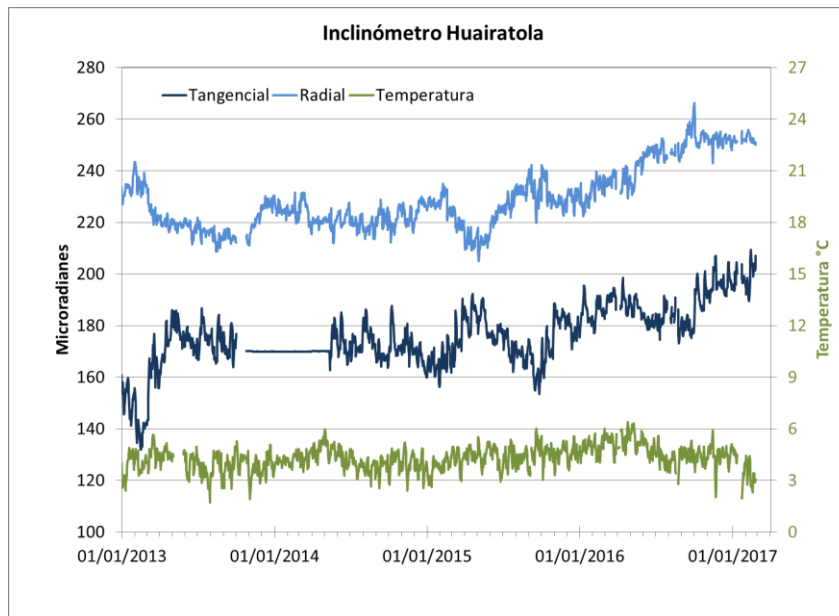


Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.

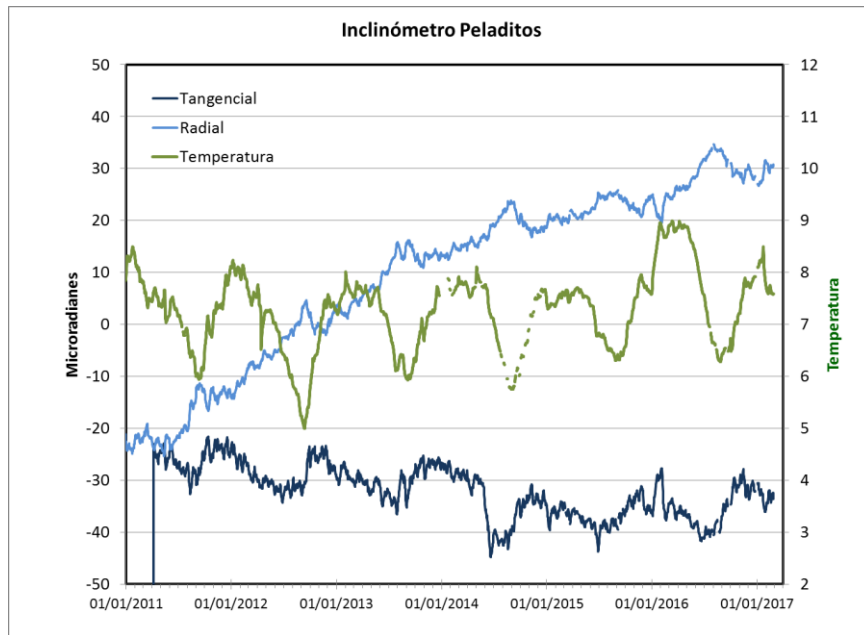


Figura 14. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y registro de la temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero 2011 y el 28 de febrero de 2017.

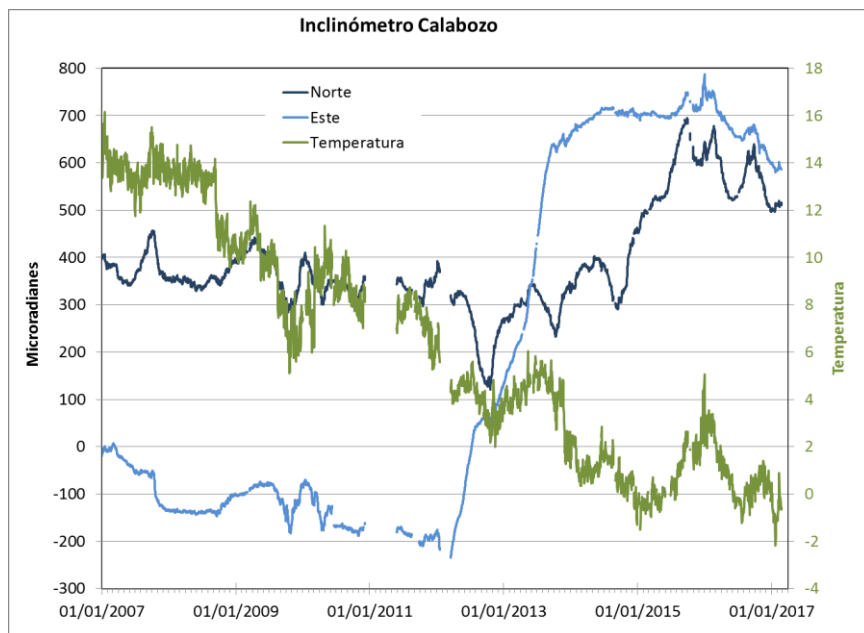


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2007 y el 28 de febrero de 2017.

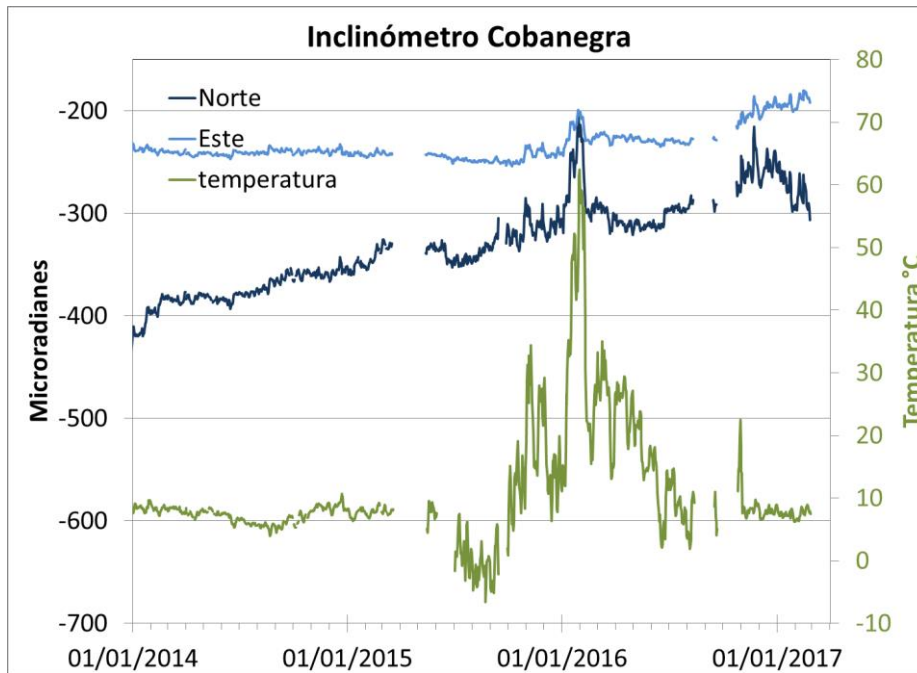


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.

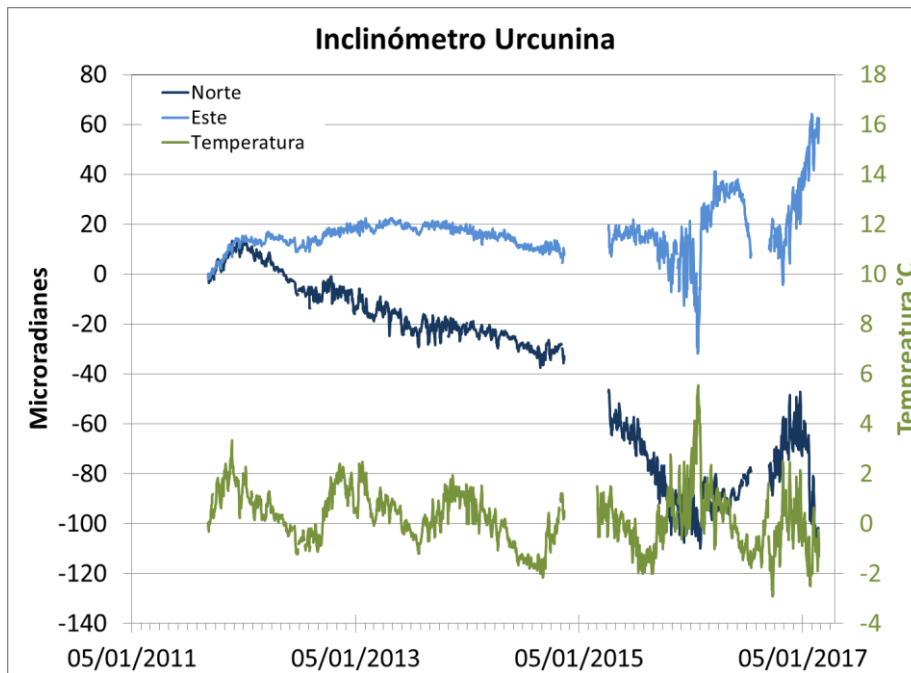


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2011 y el 28 de febrero de 2017.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En febrero de 2017 se contó con el registro de ocho estaciones receptoras GNSS permanentes. Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 18 a 24, se indica el comportamiento de las direcciones de los GNSS instalados en Galeras. Resaltando que desde el 26 de noviembre de 2016, no se tiene registro del GNSS Cóndor, debido a problemas de radio enlace, los datos adquiridos son almacenados temporalmente en la memoria interna del receptor.

En general en todas las estaciones de GNSS, se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura. La estación de referencia para la red de Galeras es el GNSS QUILL (Figura 25), ubicado fuera del edificio volcánico de Galeras, en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, instalado por el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano; la componente Norte de este GNSS indica el movimiento de la Placa Tectónica Suramericana en la cual se encuentra situada Colombia, con un desplazamiento acumulado cercano a los 20 mm por año. Esta tendencia se remueve de las componentes Norte de las siete estaciones de la red de GNSS en Galeras.

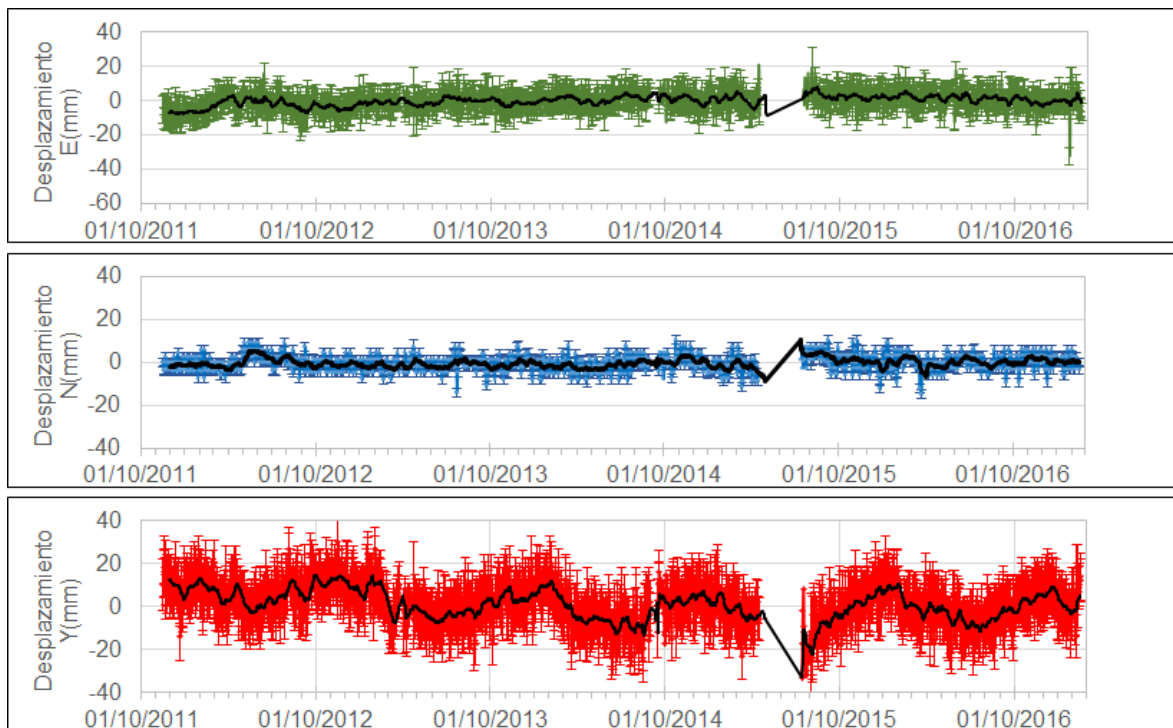


Figura 18. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 17 de febrero de 2017.

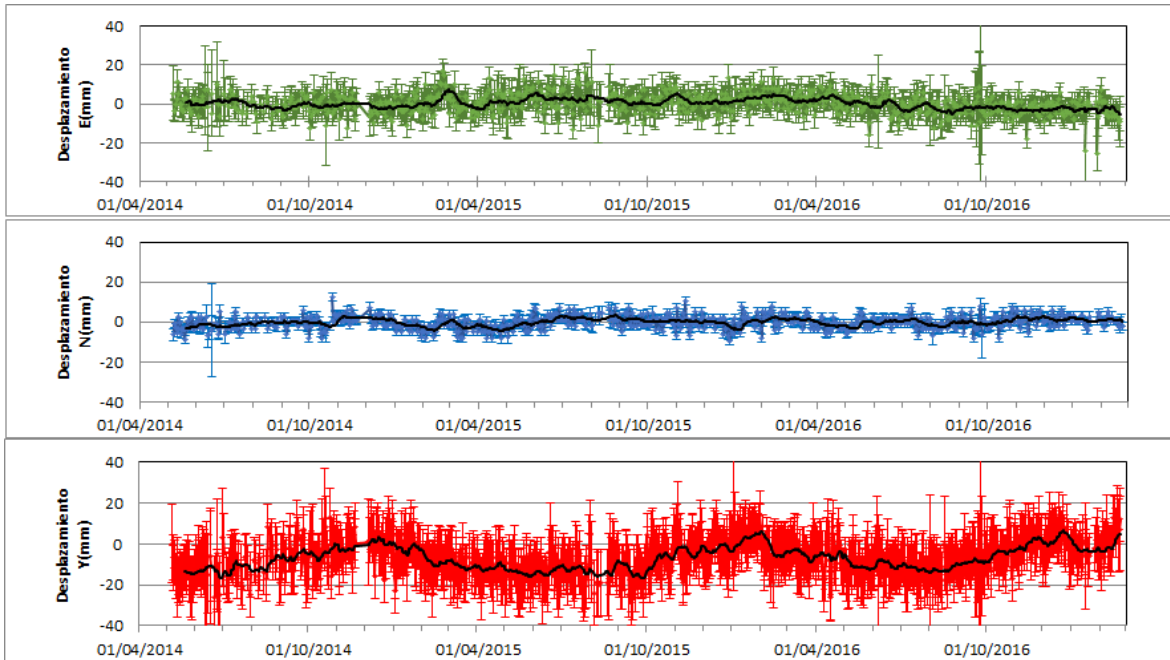


Figura 19. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 18 de febrero de 2017.

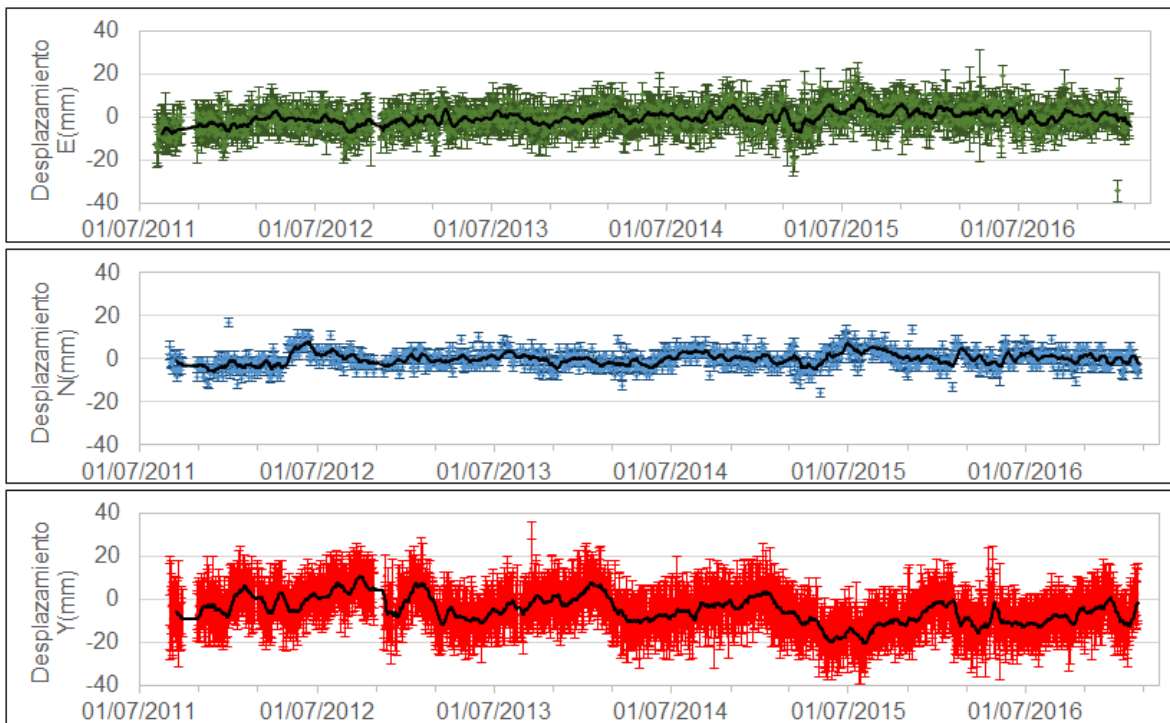


Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 17 de febrero de 2017.

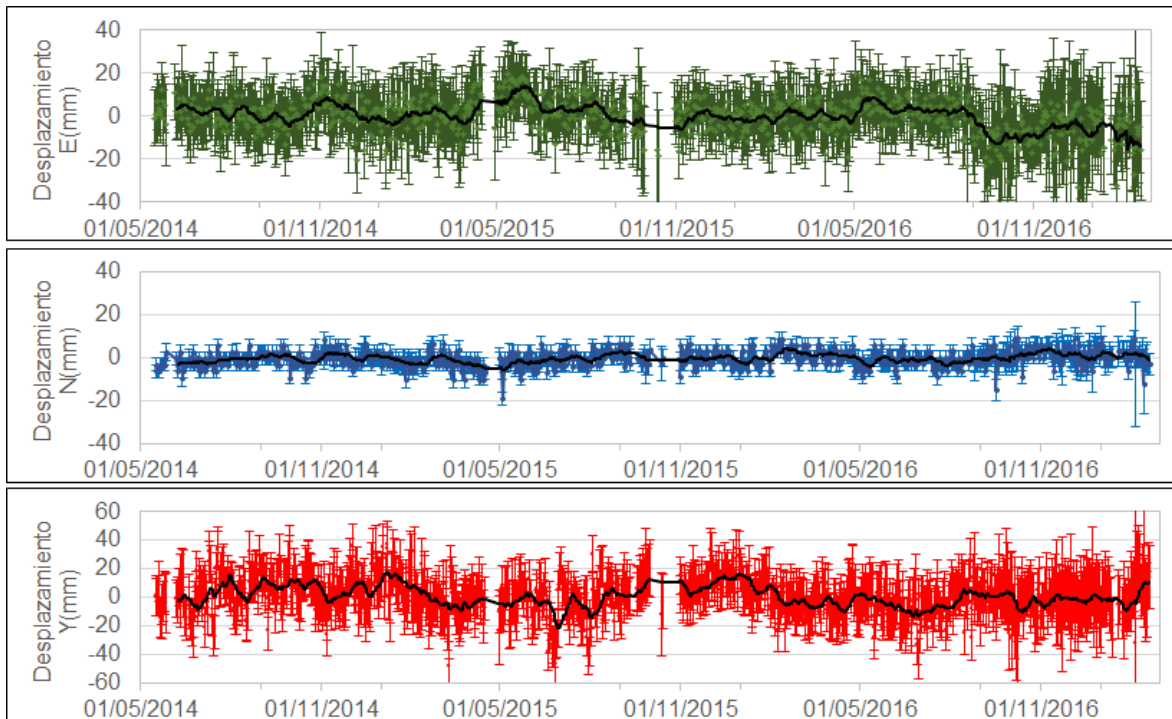


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 16 de mayo de 2014 y el 17 de febrero de 2017.

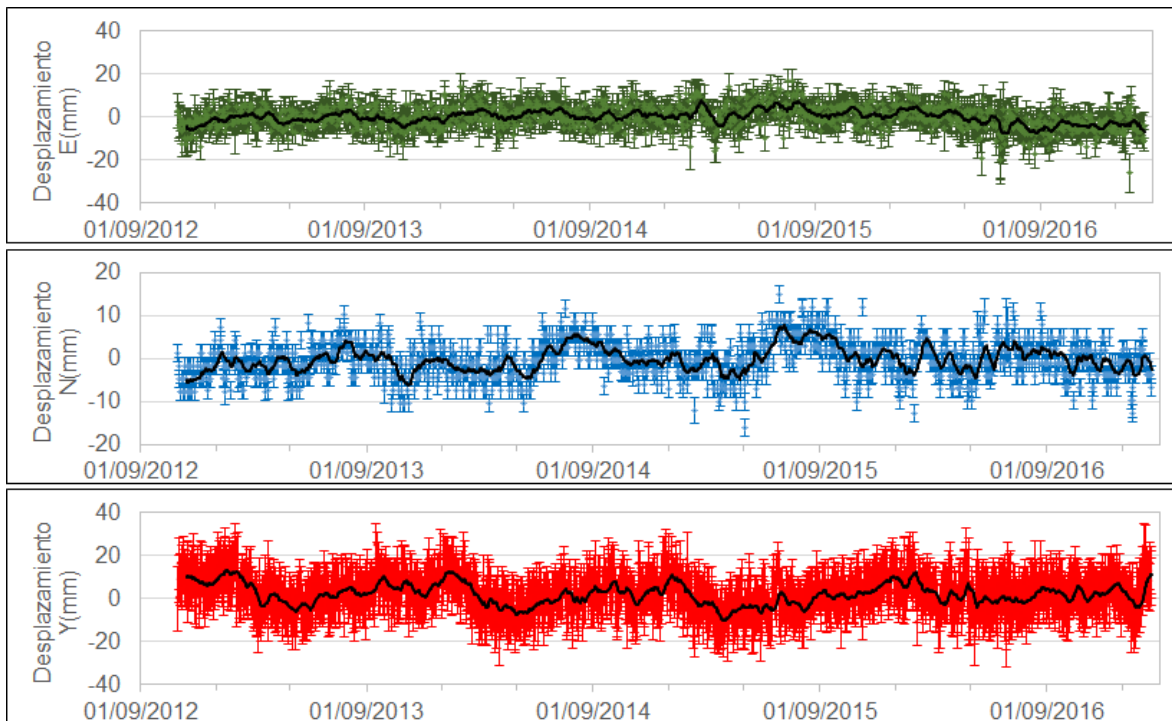


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2012 y el 17 de febrero de 2017.



Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cufiño instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre 19 de septiembre de 2016 y el 17 de febrero de 2017.

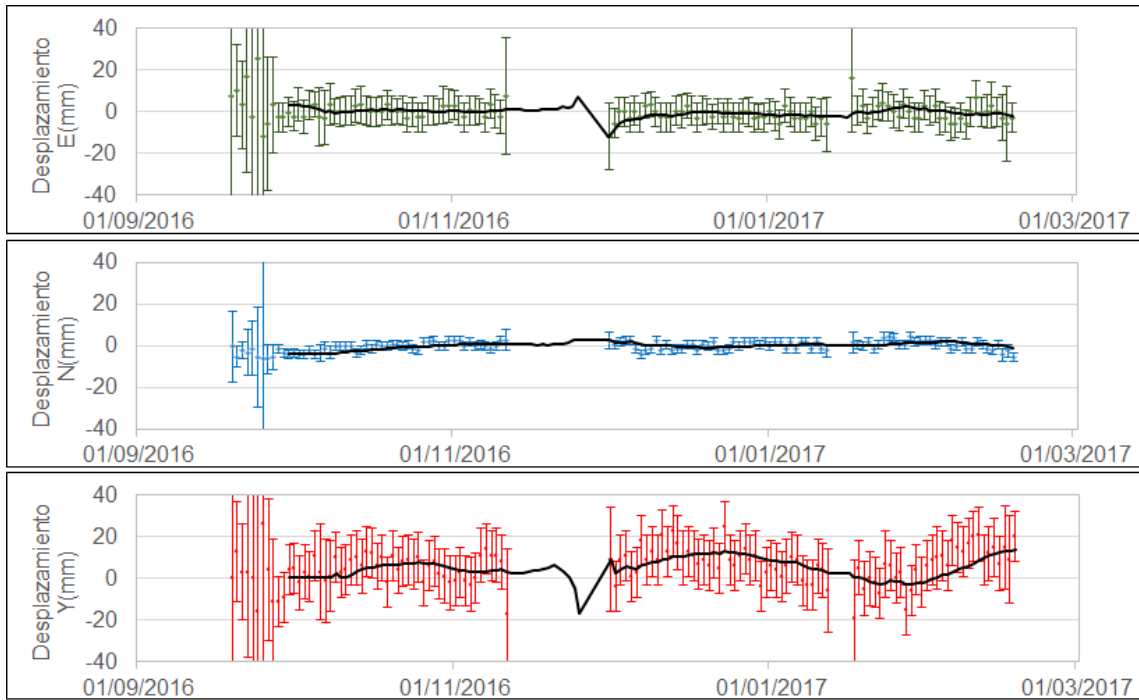


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Peladitos instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 19 de septiembre de 2016 y el 17 de febrero de 2017.

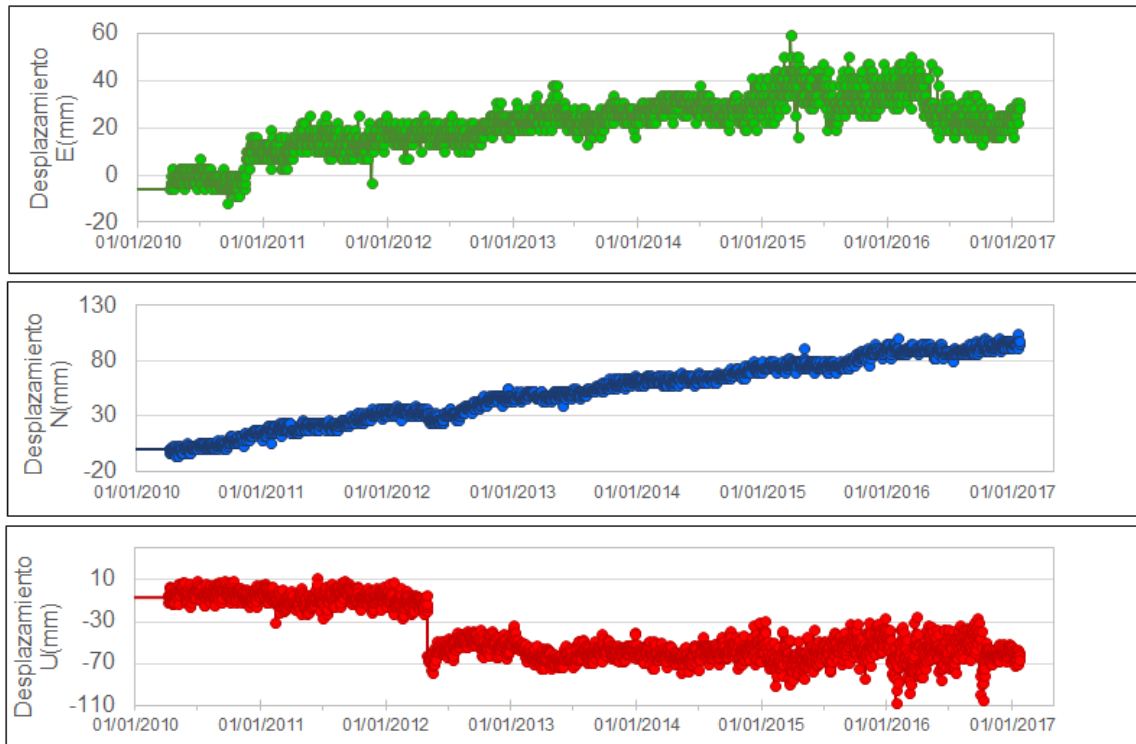


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagüi, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre el 3 de marzo de 2010 y el 17 de febrero de 2017.

1.4. Electromagnetismo

El monitoreo electromagnético para el volcán Galeras durante febrero de 2017, se realizó con los registros de la estación Frailejón, en los campos eléctrico y magnético y la estación de Barranco, en el campo eléctrico. Las estaciones magnéticas de Barranco y Cráter no están funcionando desde el 2 de diciembre de 2016 y el 5 de enero de 2017 respectivamente.

La información del Campo Magnético Terrestre total (F), registrado en la estación Frailejón, permite identificar variaciones asociadas con los efectos día-noche (Figura 26), haciendo evidente la influencia de la actividad del Campo Magnético Terrestre, en comparación con la estación magnética de Kourou de la Guayana Francesa (Figura 27), perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre de Francia. En la Figura 26 se resaltan predominantemente las variaciones magnéticas periódicas, originadas por la influencia de campos externos y se identifican periodos del campo geomagnético de 12 horas, 1 día y 27 días, relacionadas con la rotación de la Tierra y la influencia del Sol y la Luna. En febrero de 2017, no se destaca actividad asociada con procesos volcánicos relevantes, por cuanto la actividad de Galeras se mantuvo en bajos niveles. La estación magnética de Frailejón varió en un rango de 100 nT, y tuvo un valor promedio del campo total de 28510 nT (Figura 26). Se resalta la correspondencia en la ocurrencia de las tormentas magnéticas registradas el 18 y 24 de febrero (Figura 27).

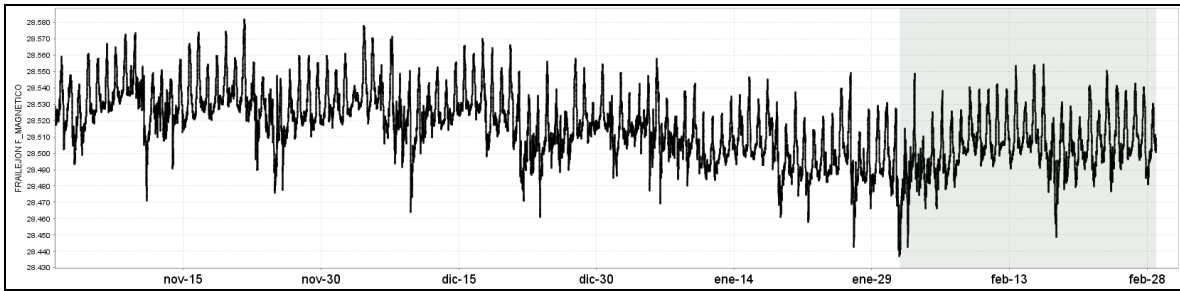


Figura 26. Campo magnético total (F), registrado en las estación de Frailejón de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La zona sombreada corresponde a febrero de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

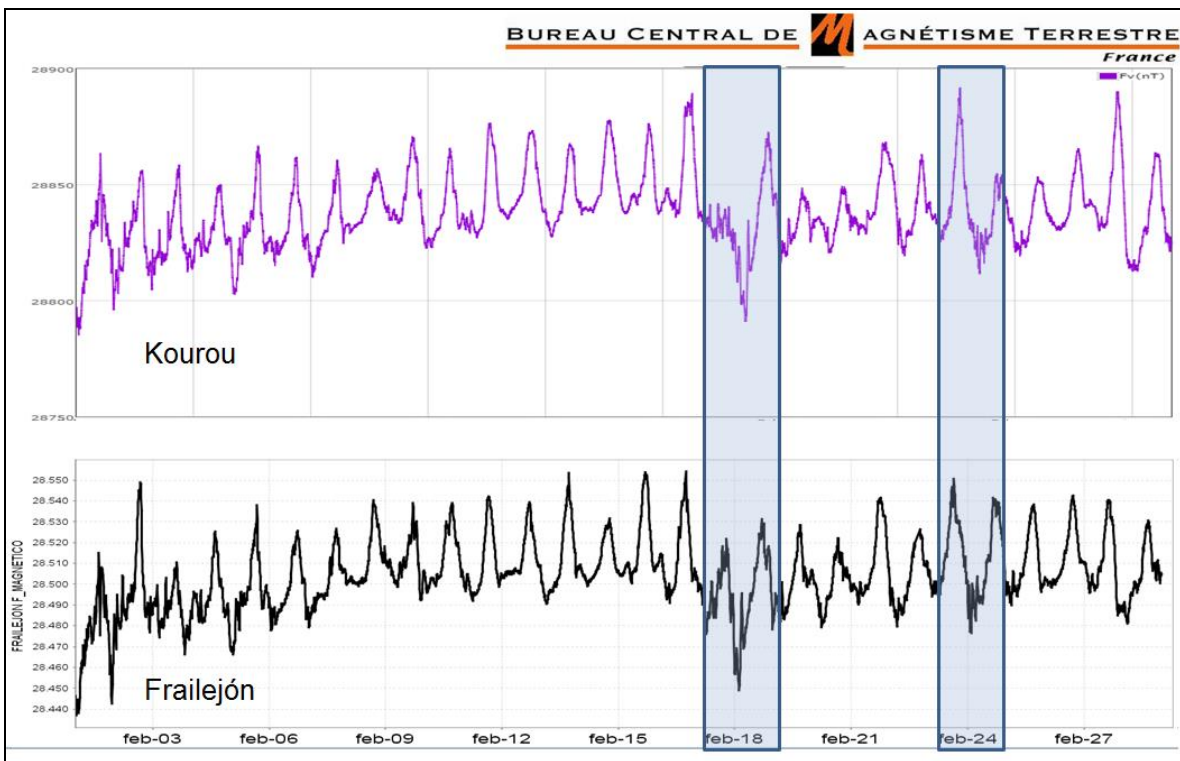


Figura 27. Campo magnético total (F), registrado en las estaciones de Kourou (superior) y Frailejón (inferior), para febrero de 2017, se resalta la correspondencia de las tormentas magnéticas. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

El campo eléctrico horizontal de los sensores eléctricos de la estación Frailejón, desde mediados de diciembre mostró una tendencia estable, con un rango de variación menor a 10 mV, que se considera bajo para una zona volcánica activa y un valor promedio del campo de 230 mV. En Barranco, la componente horizontal del campo eléctrico muestra un comportamiento más variable, con un rango de oscilación de 400 mV, asociado posiblemente con las condiciones de lluvia en la zona. En febrero se registró un valor promedio del campo de 230 mV, considerado también como variaciones bajas para zonas volcánicas activas (Figura 28). Adicionalmente, se evidencia que cuando la pendiente del acumulado de la lluvia muestra un cambio brusco, en general, el

comportamiento de las componentes eléctricas también muestra variaciones fuertes, principalmente en la tendencia de la resultante horizontal del campo eléctrico (Figura 29).



Figura 28. Variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico, en las estaciones Frailejón (superior) y Barranco (inferior), de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.

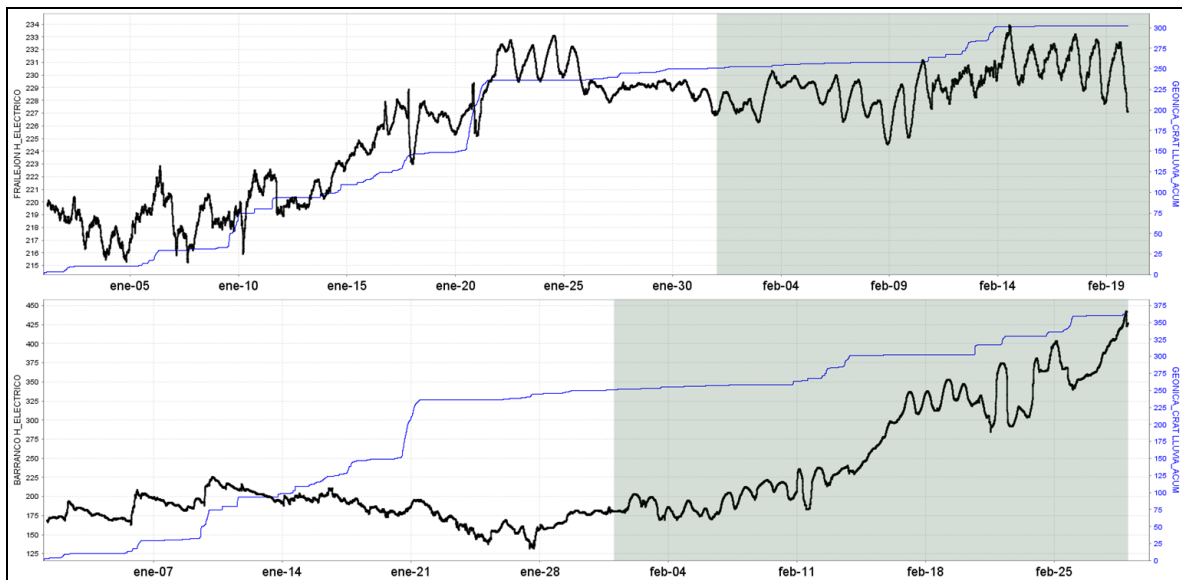


Figura 29. Resultante horizontal del campo eléctrico (negro) para las estaciones Frailejón (superior) y Barranco (inferior), en comparación con el comportamiento del régimen de lluvias (estación geónica en azul), para los meses de enero y febrero de 2017. En el caso de Frailejón se evalúa hasta el día 21 puesto que el 22 se realizó el mantenimiento de la estación.

1.5. Geoquímica

1.5.1. Muestreo de aguas en fuentes termales - Volcán Galeras

El volcán Galeras cuenta actualmente con una red de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Río Pasto (A), FT Cehani (B), FT Aguas Agrías (C), FT Agua Blanca (D) y FT Licamancha (E) (Figura 30, Tablas 10 y 11).

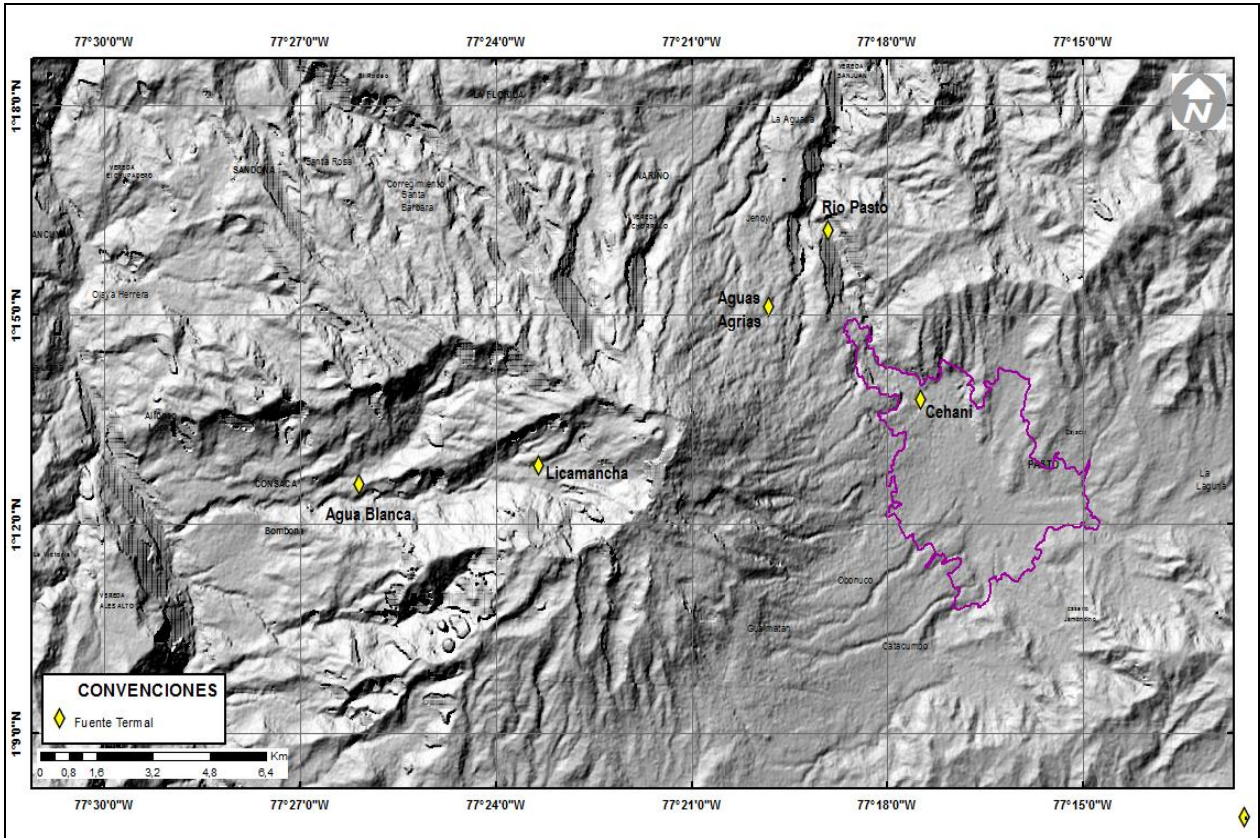






Figura 30. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.

Tabla 10. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.

FUENTES TERMALES VOLCÁN GALERAS	Nombre Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
	Cehani	No telemétrica	01° 13' 46.3"	77° 17' 28.6"	2502
	Aguas Agrías	No telemétrica	01° 15' 6.2"	77° 19' 48.4"	2227
	Río Pasto	No telemétrica	01° 16' 12.6"	77° 18' 54.3"	2146
	Fuente Blanca	No telemétrica	01° 12' 33.6"	77° 26' 4.8"	2432
Licamancha	No telemétrica	01° 12' 50"	77° 23' 20"	2702	

Tabla 11. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras - febrero 2017.

 <p>(A) FT Río Pasto</p>	 <p>(B) FT Cehani</p>
 <p>(C) FT Aguas Agrias</p>	 <p>(E) FT Agua Blanca</p>
 <p>(F) FT Licamancha</p>	

En la figura 31 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de febrero de 2017 para las FT de la zona de influencia del volcán Galeras.

Los colores en las gráfica indican el estado de acidez o basicidad del manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para pH (Figura 34).

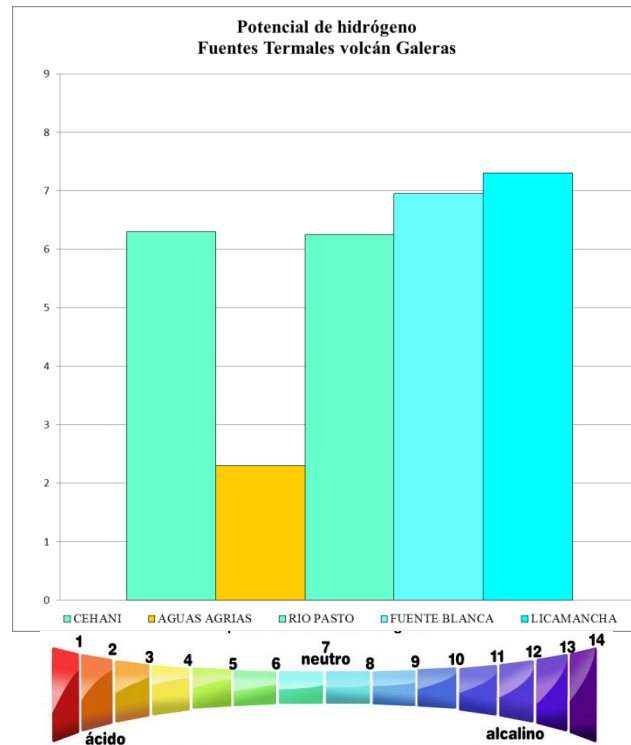


Figura 31. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Galeras febrero 2017.

Las fuentes termales de Galeras presentan durante el mes de febrero potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2.3 (ácida) y 7.3 (neutro) (Figura 34).

En las figuras 32, 33, 34 y 35 se puede observar las variaciones de temperatura, conductividad eléctrica, pH y alcalinidad en el tiempo con respecto a meses anteriores, correspondientes a las FT de la zona de influencia del volcán Galeras registradas en trabajo de campo durante el mes de febrero.

Para el caso de la temperatura (Figuras 32) se observa estabilidad en todos los manantiales termales en comparación con datos anteriores.

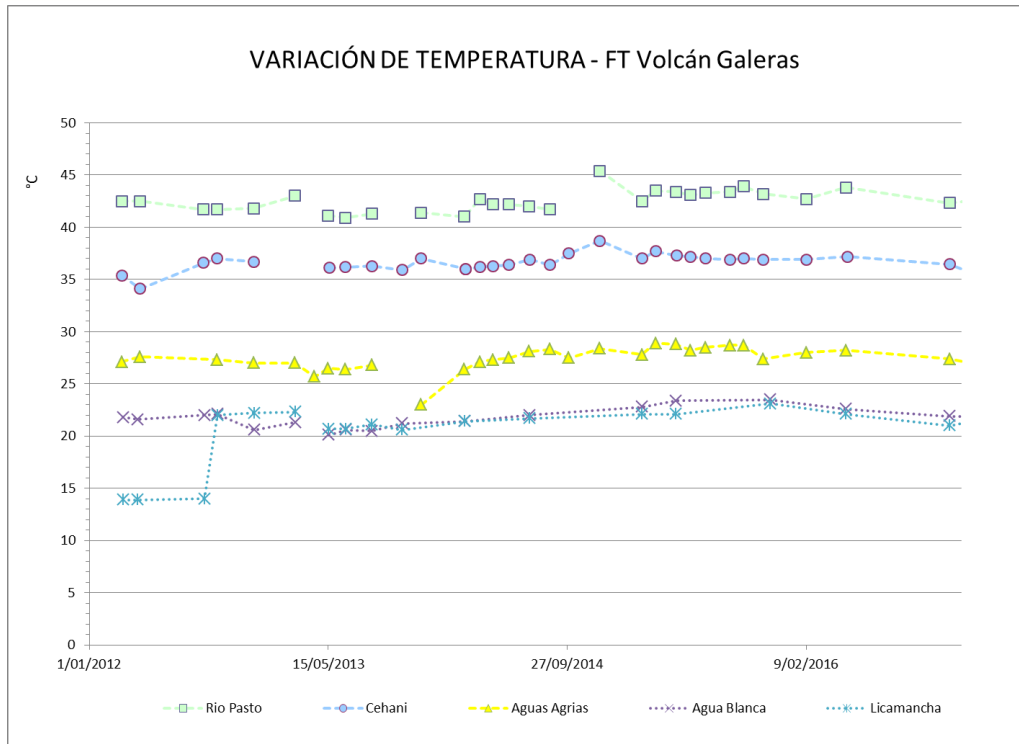


Figura 32. Variación de temperatura de las FT de Volcán Galeras - febrero 2017.

Los manantiales de Galeras aquí registrados se clasifican como termales (Tabla 12), de acuerdo a su temperatura:

Tabla 12. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN
20-35°C	Aguas hipotermiales
35-45°C	Aguas mesotermiales
45-100°C	Aguas hipertermiales
100-150°C	Aguas supertermiales

Para el caso de la conductividad eléctrica, se continua observando incremento para todos los manantiales termales, para el casos de las FT Cehani, Licamancha y Aguas Agrías se observó durante la comisión de campo un menor caudal en comparación con meses anteriores, el cual indica que el volumen de agua para el punto de muestreo es menor, lo cual puede conducir a una mayor concentración de iones y por ende el aumento en la conductividad eléctrica. Para las FT Río Pasto y Agua Blanca se observa un valor de conductividad más estable con respecto a meses inmediatamente anteriores, para estas dos últimas no se observó cambios relevantes en el volumen del caudal (Figura 33).

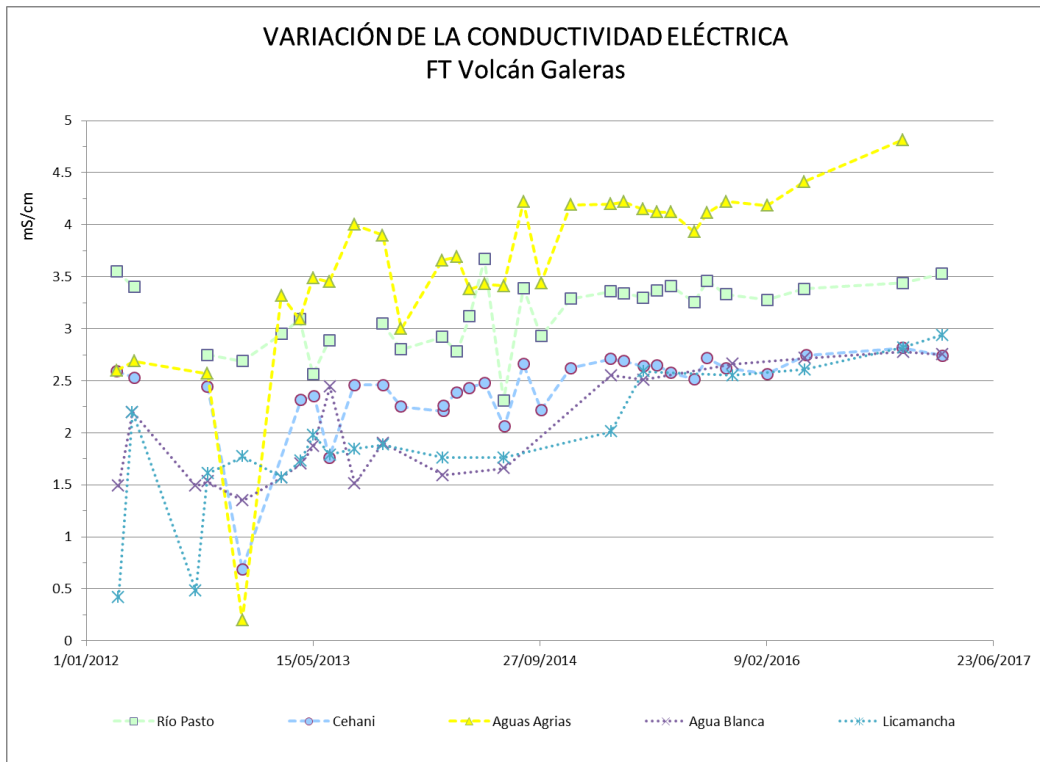


Figura 33. Variación de Conductividad Eléctrica de las FT de Volcán Galeras – febrero 2017.

1.5.1.1. Fuente termal Río Pasto

Temperatura superficial: 42.8°C (Registrada en febrero de 2017 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C (Figura 32), por lo que puede ser clasificada como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 3.5 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

1.5.1.2. Fuente termal Aguas Agrias

Temperatura superficial: 26.6°C. (Registrada en febrero de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C (Figura 32), por lo que puede ser clasificada como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 4.4 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

1.5.1.3. Fuente termal Cehani

Temperatura superficial: 34.9°C. (Registrada en febrero 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 35°C y 45°C (Figura 3), por lo que puede ser clasificada como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2.7 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

1.5.1.4. Fuente termal Agua Blanca

Temperatura superficial: 21.9°C. (Registrada en febrero de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C (Figura 32), por lo que puede ser clasificada como hipotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2.7 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

1.5.1.5. Fuente termal Licamancha

Temperatura superficial: 21.8°C. (Registrada en febrero de 2017 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 35°C (Figura 32), por lo que puede ser clasificada como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 2.9 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

En las figuras 34 y 35 se presenta la variación del pH y la variación de la alcalinidad basada en la concentración del ión bicarbonato. No se presentan cambios relevantes de pH en comparación con meses anteriores. La alcalinidad no presenta variaciones relevantes en las FT, con excepción de la FT Cehani, que continua en incremento, el cual puede deberse a los cambios físicos y fisicoquímicos (volumen, caudal y temperatura) que ha presentado desde el año 2016 (Figuras 34 y 35).

La mayoría de las fuentes termales de Galeras se mostraron transparentes e inodoras, esto debido a su alto contenido en carbonatos y bajo contenido en azufre.

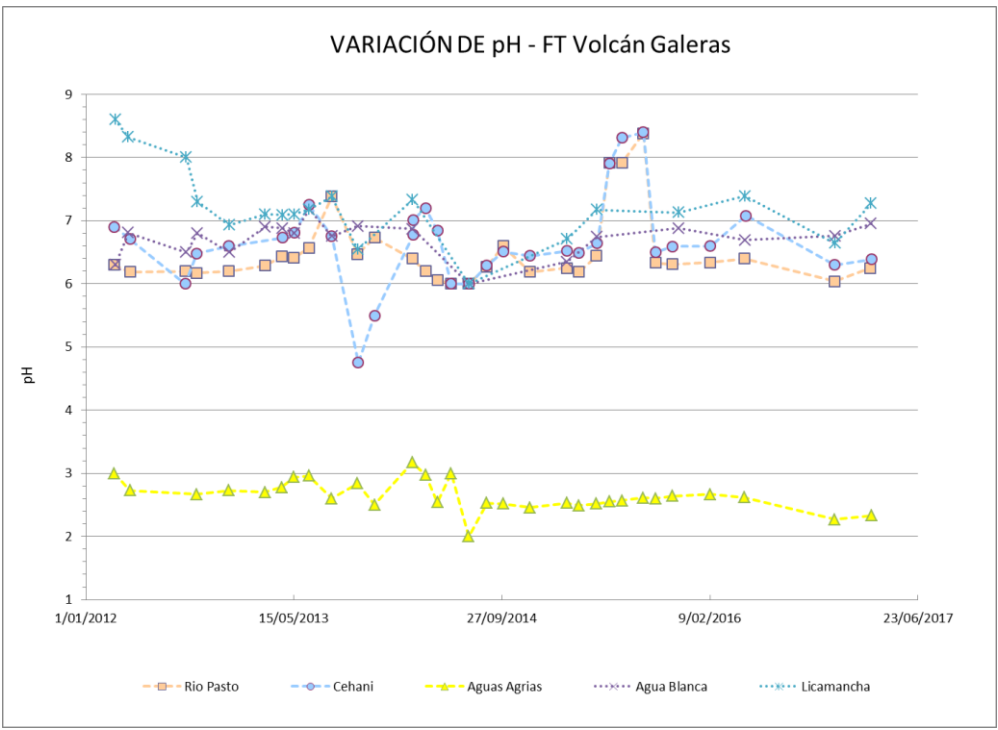


Figura 34. Variación del pH de las FT de Volcán Galeras - febrero 2017.

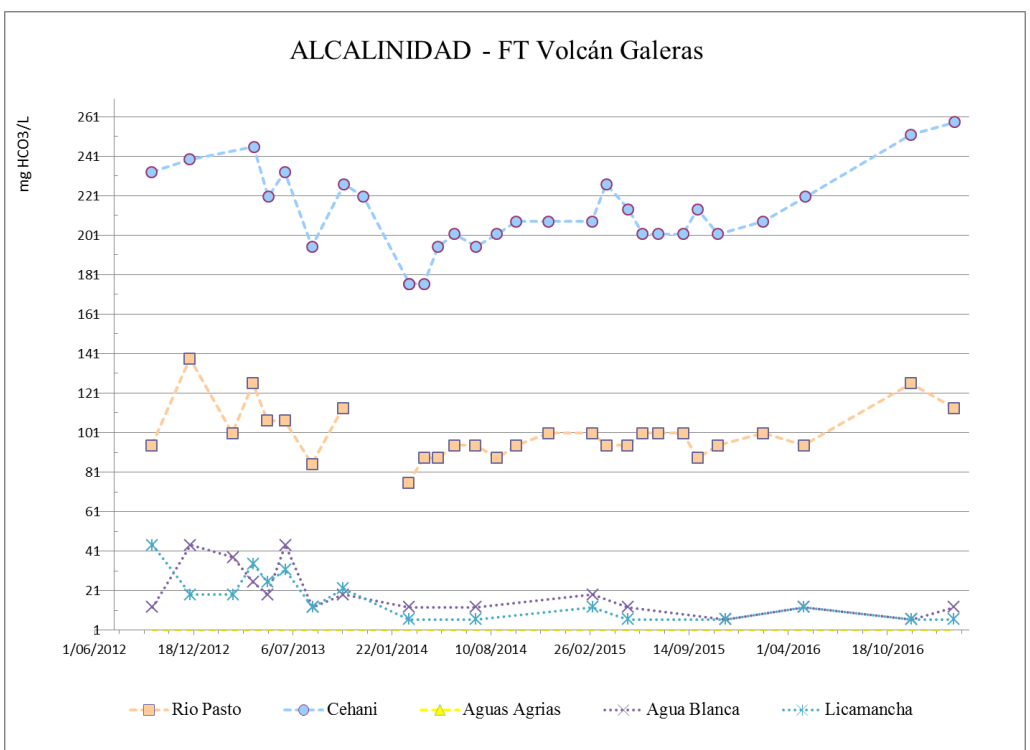


Figura 35. Variación de alcalinidad en las FT de Volcán Galeras febrero 2017.

1.6. Actividad superficial

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede el OVSP y por imágenes de las cámaras web ubicadas en la cima del Galeras en el sector denominado Bruma (S del cono activo) y en el sector denominado Barranco (NW del volcán).

Gran parte del mes se presentaron condiciones climáticas favorables dando lugar a la observación de emisiones de gases de color blanco de baja altura, proveniente primordialmente del cráter principal y de los campos fumarólicos, de El Paisita al norte y las Chavas al occidente. En las Figuras 36 y 37 se presentan imágenes asociadas a los procesos de emisión de gases de Galeras.



Figura 36. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el día 8 de febrero del 2017 a las 11:35 hora local, capturadas por la cámara Barranco.



Figura 37. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el día 10 de febrero de 2017 a las 7:56 hora local, capturada por la cámara Bruma.

1.7. Conclusiones

En el volcán Galeras se registró una disminución en la ocurrencia y un incremento considerable en la energía de los sismos en comparación con el mes anterior. El mayor aporte tanto en ocurrencia como en energía provino de la sismicidad de tipo VT, asociada con fractura de roca al interior del volcán. Se destaca el registro de dos eventos VT con ML de 2.0 y 2.3 en la escala abierta de Richter, los cuales no fueron reportados como sentidos.

La evaluación de los parámetros monitoreados de la actividad volcánica de Galeras en febrero de 2017 permitió mantener el nivel en **AMARILLO** ■ (III): “**Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica**”.

2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – FEBRERO DE 2017

2.1. Red de vigilancia

En febrero de 2017 la red de vigilancia del complejo volcánico de Cumbal estuvo conformada por:

- Cuatro estaciones sísmicas telemétricas: Dos de banda ancha y dos de corto periodo, todas ellas triaxiales (Figura 38, Tabla 13).
- Cuatro inclinómetros electrónicos telemétricos ubicados en los sitios donde se encuentran emplazadas las estaciones sísmicas (Figura 38, Tabla 13).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 38).
- Dos cámaras de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en el municipio de Cumbal y otra en el sitio de la estación Punta Vieja (Figura 38).

Para este periodo la estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 86 % (Figura 39).

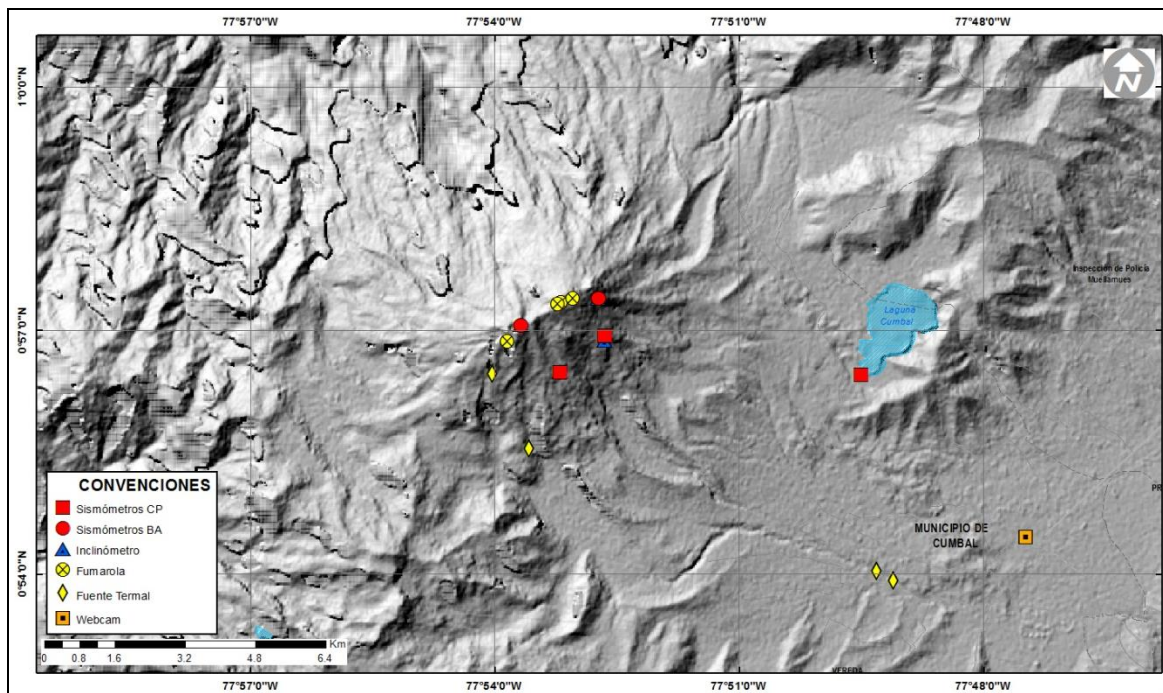


Figura 38. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2017.

Tabla 13. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal en febrero de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter Mundo Nuevo (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Nieve	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,5	ESE	4270
La Mesa Acústico	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	2,5	ESE	4270

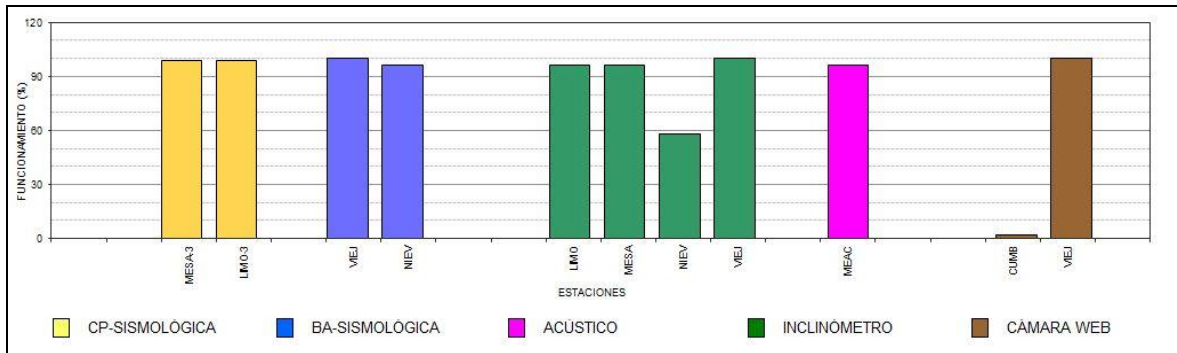


Figura 39. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en enero de 2017.

2.2. Sismología

Con respecto a enero, la sismicidad registrada en febrero de 2017 en el complejo volcánico de Cumbal mostró un pequeño incremento del 5% en su ocurrencia, pasando de 316 a 333 sismos. La sismicidad dominante fue de tipo híbrido (HIB) que involucra tanto fractura de roca con el subsiguiente tránsito de fluidos al interior del volcán, con 133 sismos que representan el 40% de los eventos, seguida por los sismos asociados con tránsito de fluidos de fuente transitoria (LP) con 118 eventos que representan el 35% de los sismos.

Se registraron 71 sismos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y 11 eventos asociados con tránsito de fluidos de fuente permanente o episodios de tremor (TRE) que representan el 21% y 3% de la sismicidad respectivamente (Tabla 14, Figura 40 y 41). No se registraron eventos tipo VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos).

El pico de ocurrencia sísmica se presentó el día 28 de febrero, con 28 sismos (19 LP, 7 HIB y 2 VT). Los episodios de tremor incrementaron su número 3.7 veces, los sismos de tipo LP e HIB aumentaron su ocurrencia un 22% y un 8% respectivamente, en cambio los sismos de tipo VT disminuyeron su número un 24% con respecto a lo registrado el mes anterior (Tabla 14, Figura 40 y 41).

Se destaca el registro de 14 sismos de tipo tornillo TOR, que se caracterizan por el decaimiento lento de su coda y espectros en frecuencia con uno o varios picos dominantes. Los TOR de febrero presentaron en general dos picos de frecuencia dominantes, el primero entre 1.6 y 1.9 Hz y el segundo entre 4.6 y 5.2 Hz en la componente vertical de la estación La Mesa del CVC (Figura 42). Las señales sísmicas y los componentes espectrales de los eventos tipo TOR del CVC indican que están asociados con movimiento de fluidos, en donde los conductos volcánicos que los contienen se comportan como cavidades resonantes y están relacionados principalmente con el sistema hidrotermal del CVC. Se resalta que a diferencia del volcán Galeras, los eventos TOR del CVC no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema.

Fue posible localizar 59 sismos, la gran mayoría ubicados en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter de Mundo Nuevo al suroccidente, a distancias entre cero y 1.8 km con respecto a La Plazuela, magnitud local máxima de 0.6 y profundidades menores de 3 km con respecto a su cima (4700 m). Unos pocos sismos se ubicaron dispersos a distancias entre 2.5 y 12 km del cráter la Plazuela, con magnitud local máxima de 1.6 y profundidades entre 1.4 y 17 km con respecto a su cima (4700 m) (Figura 43). La mayoría de sismos localizados son de baja energía y su magnitud local máxima fue menor de 0.7 en la escala abierta de Richter.

El mayor sismo del mes se registró el día 2 de febrero a las 01:00 hora local, fue ubicado a 5 km de distancia al ESE del cráter La Plazuela, a una profundidad de 6 km y con magnitud local de 1.6 en la escala abierta de Richter. La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 1.43×10^{14} ergios.

Tabla 14. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el CVC durante enero y febrero de 2017

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2017	93	97	3	123	0	316
Febrero de 2017	71	118	11	133	0	333

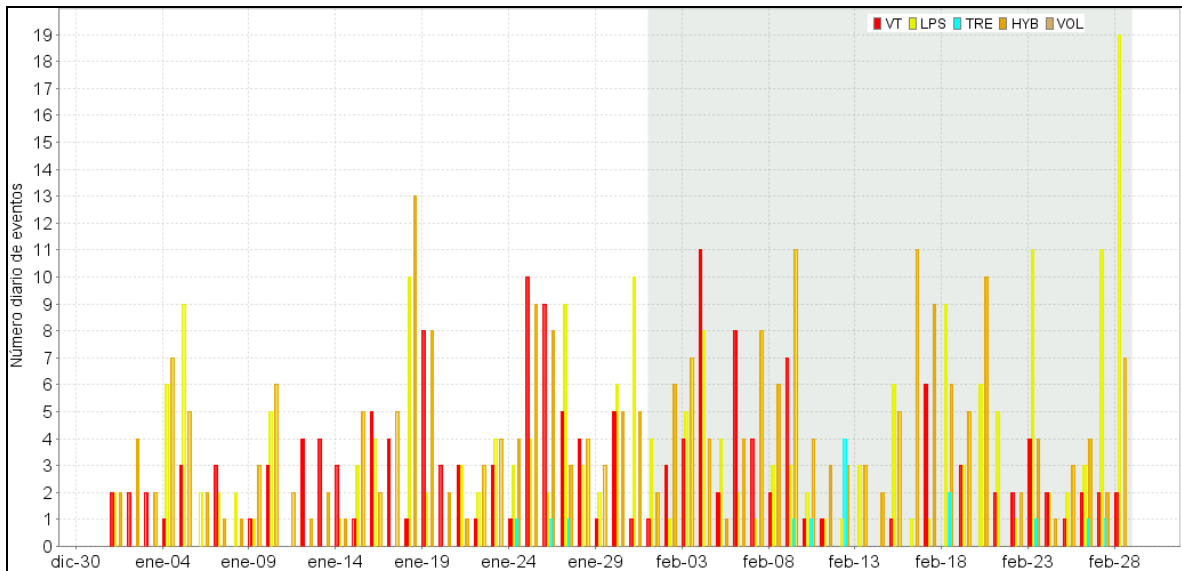


Figura 40. Ocurrencia diaria de sismos por tipo de evento en el CVC, durante enero y febrero de 2017. El recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

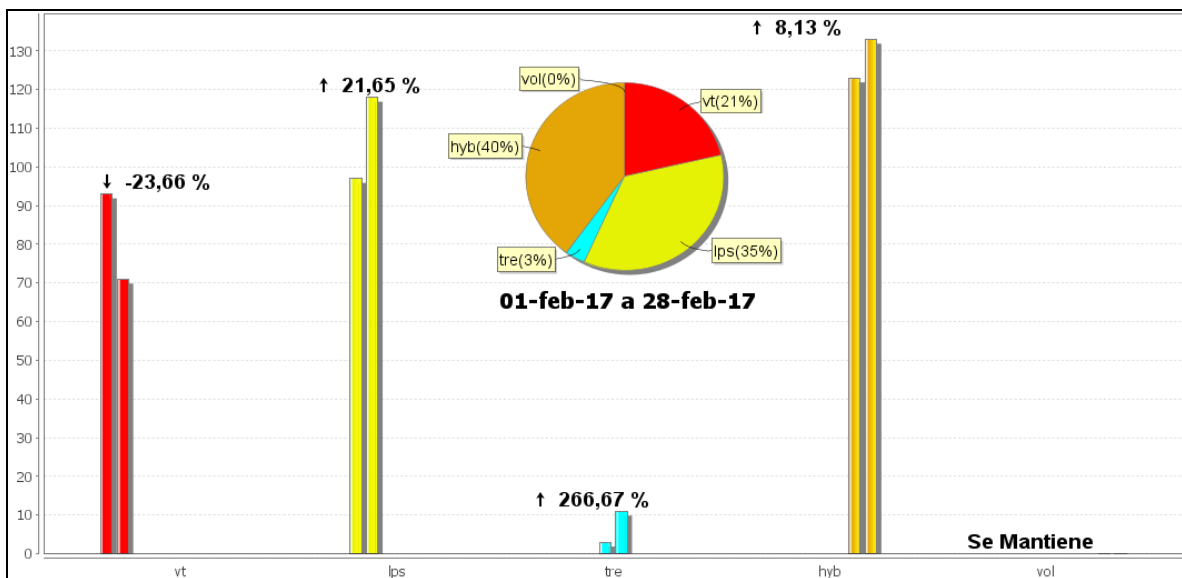


Figura 41. Comparación del número de sismos por tipo entre enero y febrero de 2017 y estadísticas del número de sismos por tipo para febrero de 2017.

2.3. Deformación

En la Figura 44 se aprecia la ubicación de las estaciones de inclinometría electrónica, dispuestas para el seguimiento de los cambios en superficie asociados con la deformación volcánica.

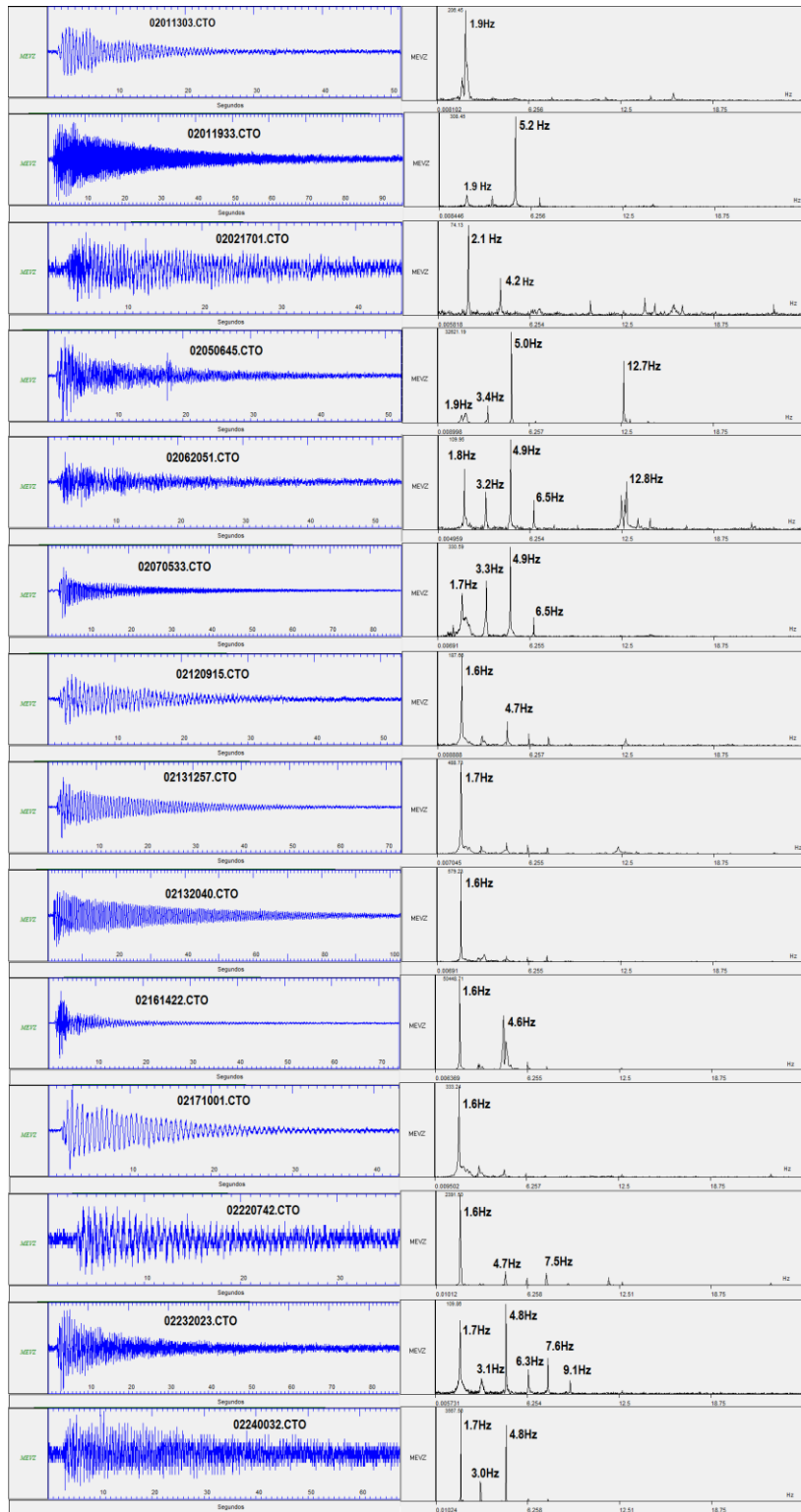


Figura 42. Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos tipo TOR, registrados en febrero de 2017 en la componente vertical de la estación La Mesa del CVC.

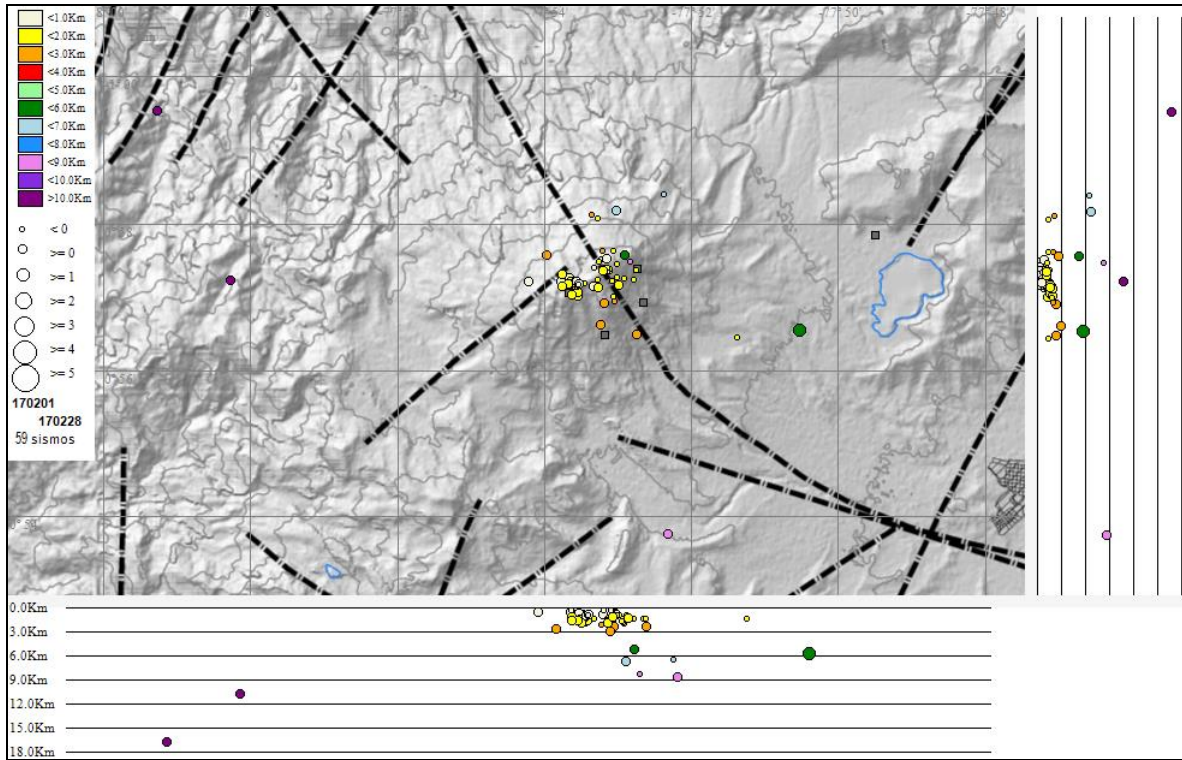


Figura 43. Localizaciones de VT e HIB registrados en febrero de 2017 en el CVC.

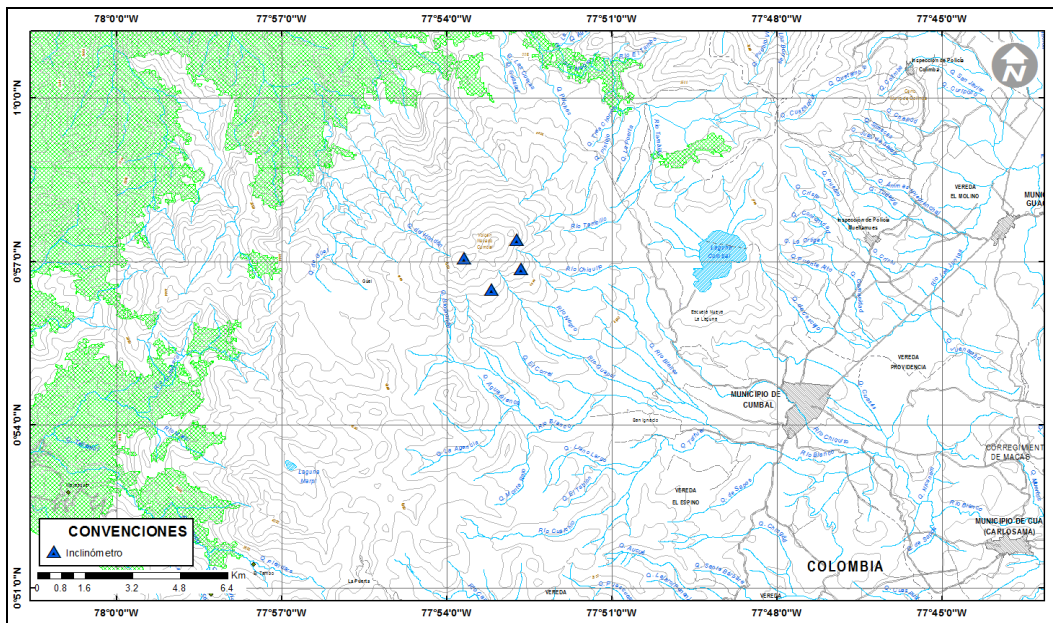


Figura 44. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica (inclinómetros electrónicos) que conformaron la red de vigilancia del Complejo Volcánico de Cumbal durante el mes de febrero de 2017.

Las componentes de inclinación de los sensores La Mesa, Limones, Punta Vieja y La Nieve, muestran estabilidad en sus registros, con variaciones que probablemente están asociadas con la temperatura ambiente (Figuras 45, 46, 47 y 48).

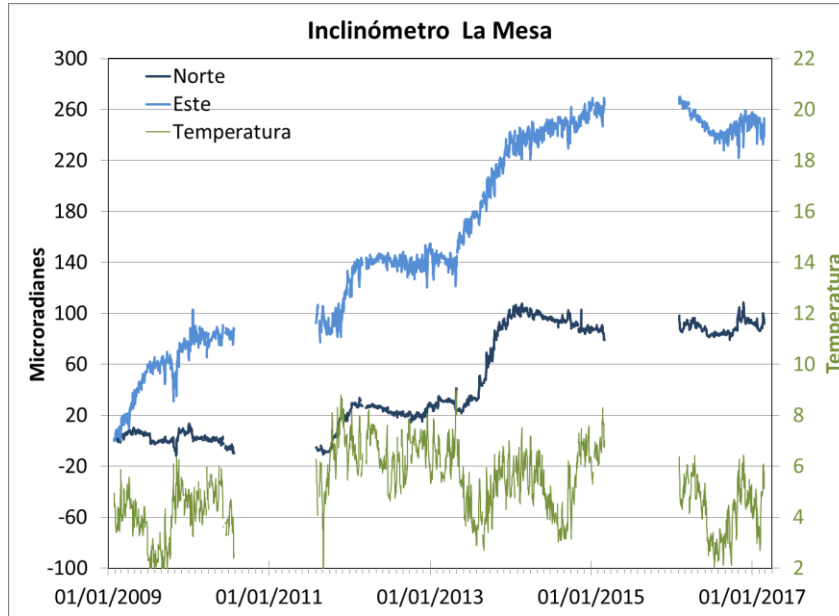


Figura 45. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 28 de febrero de 2017.

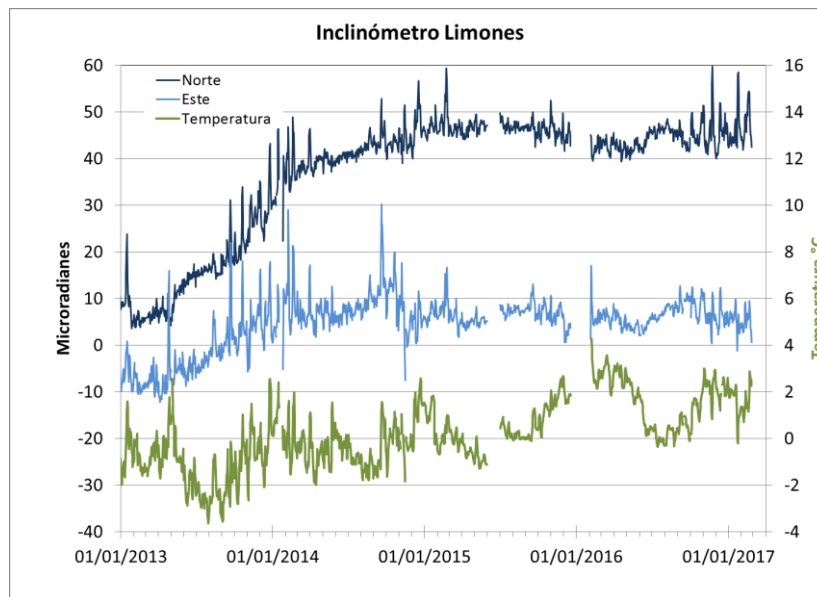


Figura 46. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.

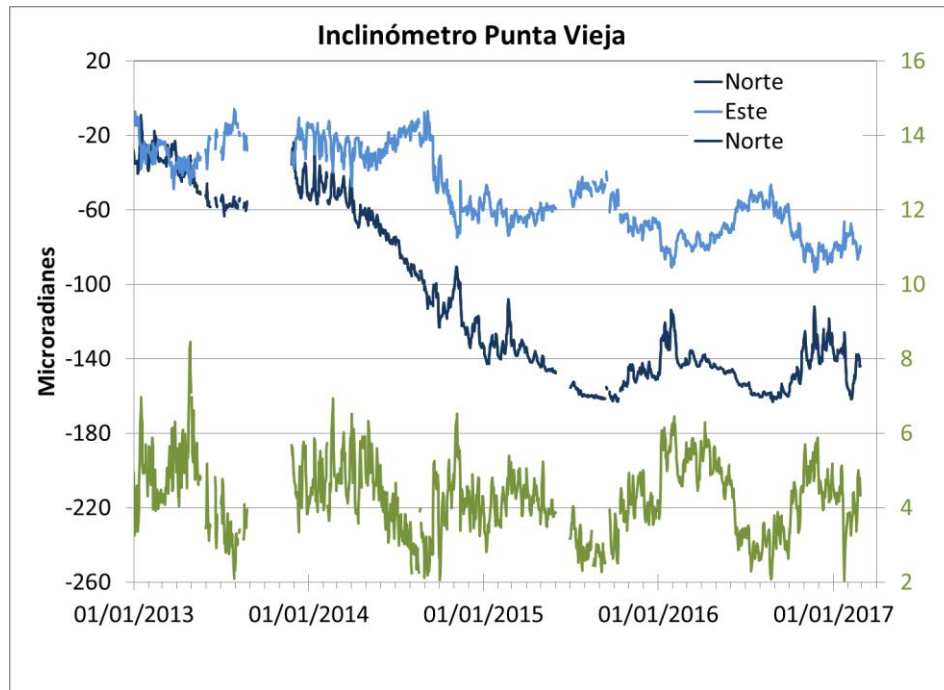


Figura 47. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.

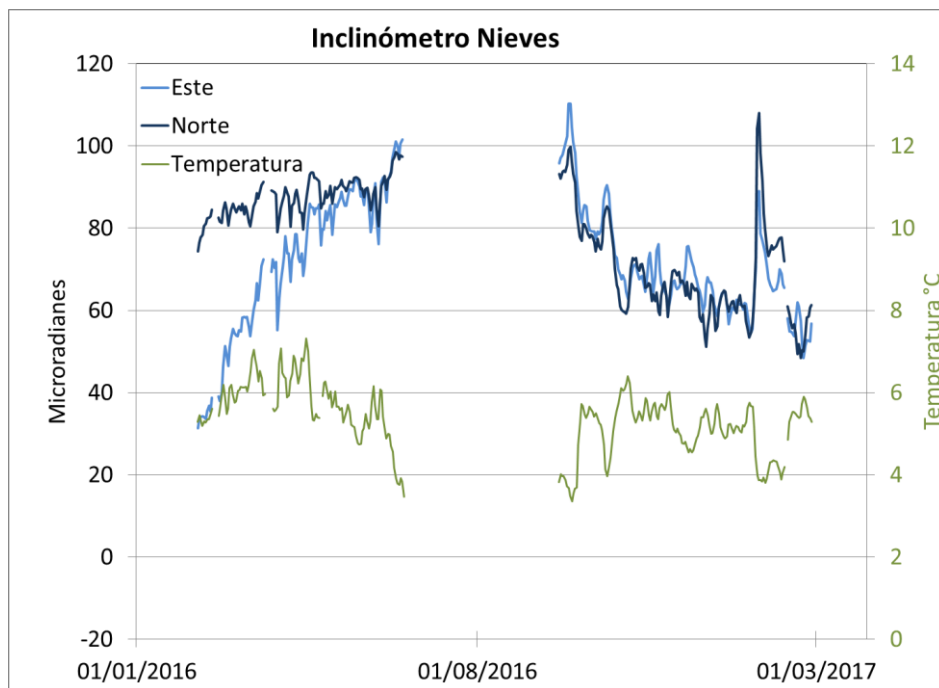


Figura 48. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 28 de febrero de 2017.

2.4. Geoquímica

En el mes de febrero no se realizaron muestreos en fuentes termales ni en gases en el volcán Cumbal.

2.5. Actividad superficial

Se documentó mediante la cámara web instalada en el sitio de la estación Punta Vieja. Condiciones atmosféricas favorables durante los días 11, 12 y 15 de febrero permitieron registrar emisiones de gases saliendo desde el campo fumarólico El Verde (nororiente) con columnas de color blanco, baja altura y dispersión variable por acción del viento (Figuras 49, 50 y 51).



Figura 49. Imagen de la emisión de gases del volcán Cumbal presentada el día 11 de Febrero del 2017, capturada por la cámara ubicada en el sector de Punta Vieja.




Figura 50. Imagen de la emisión de gases del volcán Cumbal presentada el día 12 de Febrero del 2017, capturada por la cámara ubicada en el sector de Punta Vieja.



Figura 51. Imagen de la emisión de gases del volcan Cumbal presentada el dia 15 de Febrero del 2017, capturada por la camara ubicada en el sector de Punta Vieja.

2.6. Conclusiones

En el Complejo Volcánico de Cumbal (CVC) se registra una sismicidad importante en cuanto a su ocurrencia pero con niveles bajos de energía, probablemente relacionada con el sistema hidrotermal que involucra los dos conos activos del complejo, el cráter La Plazuela al nororiente y el cráter de Mundo Nuevo al suroccidente. Los sismos de fractura e híbridos localizados se ubicaron principalmente en inmediaciones de los dos conos activos en profundidades menores de 3 km. Los sismos de tipo TOR no evidencian presurización dentro del sistema.

La evaluación de los parámetros monitoreados de la actividad volcánica del CVC en febrero de 2017 permitió mantener el nivel en **AMARILLO**  (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO FEBRERO DE 2017

3.1. Ubicación Geográfica

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se ubican al suroeste del país, en el departamento de Nariño, en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15.5 Km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal y el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16.5 km al suroeste del complejo volcánico Cumbal (Figura 52).

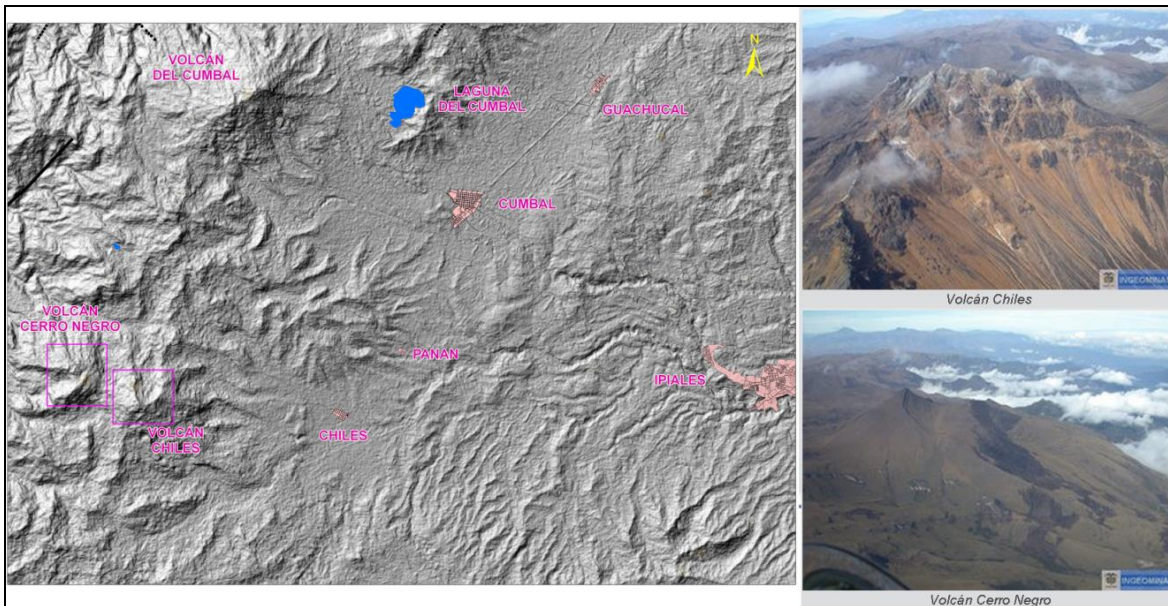


Figura 52. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por seis estaciones sísmicas de banda ancha y 2 inclinómetros electrónicos, un sensor de infrasonido y una estación permanente de temperatura en fuente termal. Las estaciones se ubican así: una estación en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra en el sector nororiente denominada Canguil (sismómetro, Cámara web y sensor de infrasonido), otra al noroccidente en el volcán Cerro Negro (sismómetro e inclinómetro), la estación Panán, a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Laguna ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la estación Termal (Sismómetro y Termocupla en fuente termal), ubicada en el sector de Baño Grande. Además se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 53, Tablas 15 y 16).

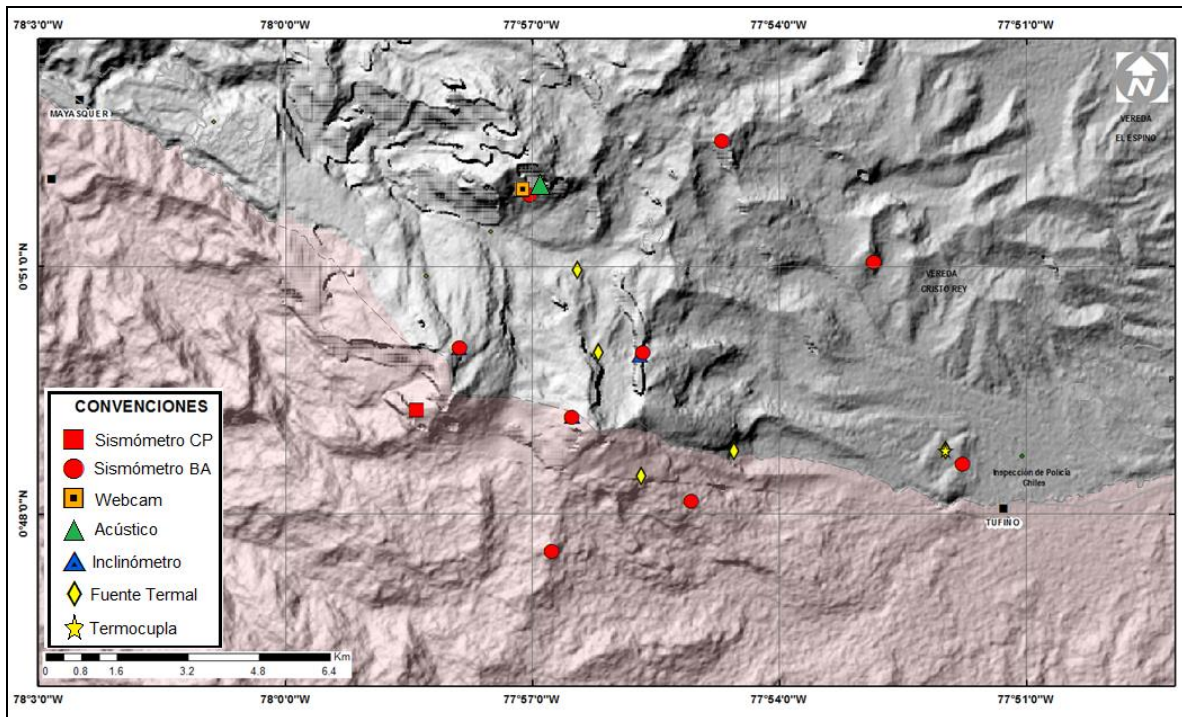


Figura 53. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2017.

Tabla 15. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia Respecto a Chiles (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Chiles	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1	WNW	4478
I. Chiles	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788
Lagunas	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,1	NNE	4003
Panan	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750
Termales	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,3	E	3329

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 79 % (Figura 54).

Tabla 16. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(A) BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318
(B) AGUAS HEDIONDAS		0.81256°	77.90923°	3613
(C) LAGUNAS VERDES		0.80758°	77.92791	3894
(D) RÍO BLANCO		0.84928°	77.94092°	3611
(E) EL HONDÓN		0.832535	-77.936713	3948

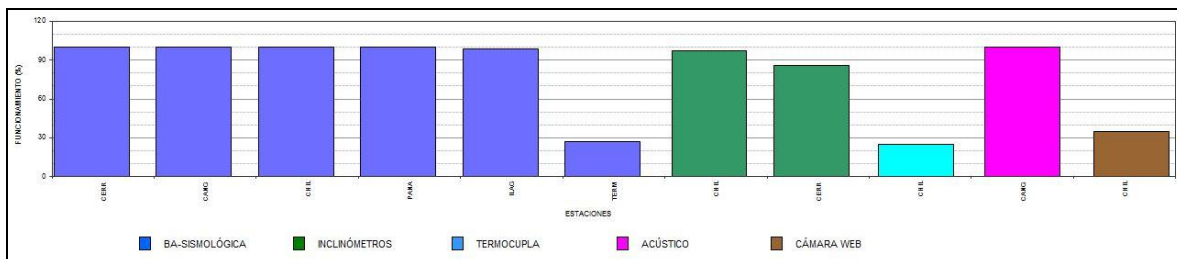


Figura 54. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en febrero de 2017.

3.3. Sismología

La sismicidad en los volcanes Chiles y Cerro Negro mostró un descenso del 82% en la ocurrencia con respecto al mes de enero de 2017, pasando de 1197 a 217 sismos. La sismicidad asociada con fractura de roca al interior del volcán (VT) sigue siendo la dominante, con 215 eventos que representan el 99% del total, un evento fue renombrado como LP y un evento fue renombrado como HIB (Tabla 17, Figura 55). El pico de ocurrencia sísmica se registró el día 26 con 22 sismos VT de baja energía, con magnitud local máxima de 0.8 en la escala abierta de Richter. La energía sísmica de los eventos localizados alcanzó un valor de 1.42×10^{15} ergios.

Tabla 17. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2017	1176	12	0	9	0	1197
Febrero de 2017	215	1	0	1	0	217

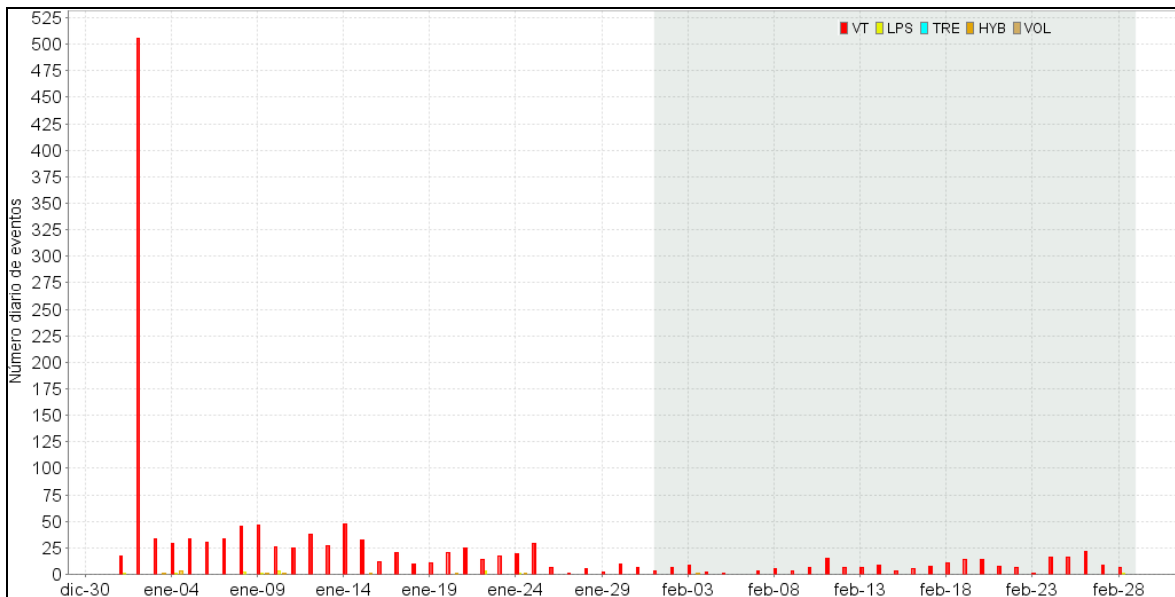


Figura 55. Ocurrencia diaria de sismos volcánicos por tipo durante enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer, el recuadro gris resalta el periodo evaluado en este informe.

Fue posible localizar 68 eventos VT la mayoría de los cuales se ubicaron en el costado sur del volcán Chiles en territorio ecuatoriano en distancias entre 0.6 y 11 km, a profundidades entre 1.5 y 10 y con magnitud local máxima de 1.1 en la escala abierta de Richter. Otros pocos sismos fueron localizados dispersos en la zona de influencia de los dos volcanes, a distancias entre 3 y 12 km, profundidades entre 0.8 y 9 km y con magnitud local máxima de 1.2 (Figura 56). El mayor sismo de febrero en Chiles – Cerro Negro alcanzó un valor de 1.2 de magnitud local, fue registrado el día 7 a

las 02:59 hora local, fue ubicado a una distancia de 3.5 km al noroccidente de la cima del volcán Chiles y a una profundidad de 4 km con respecto a su cima (4700 m).

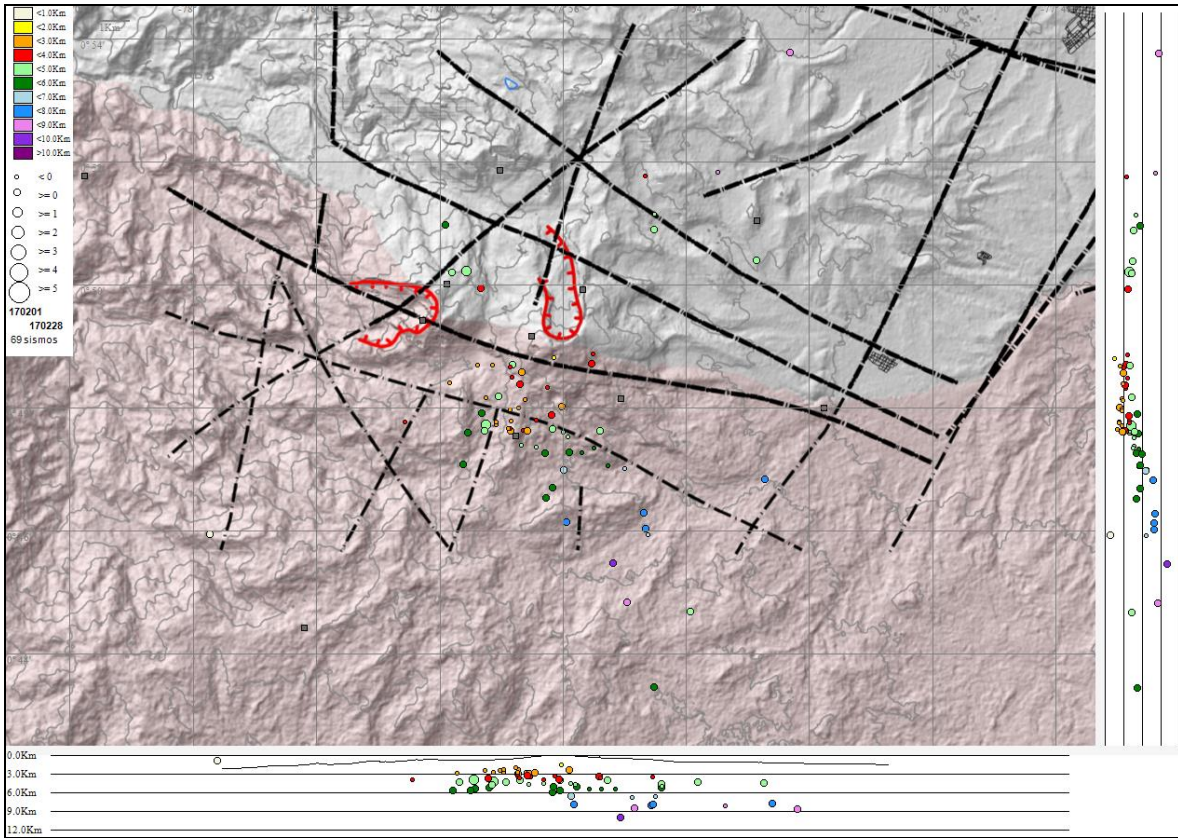


Figura 56. Localizaciones de sismos VT registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer en febrero de 2017

3.4. Deformación

En la Figura 57 se aprecia la ubicación de las estaciones de inclinometría electrónica, dispuestas para el seguimiento de los cambios de inclinación en superficie.

Las componentes del inclinómetro Chiles para el último año mostraron estabilidad, con cambios asociados a la temperatura ambiente (Figura 58). Con respecto a las estaciones instaladas sobre el edificio del volcán Cerro Negro se tiene, el inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), mostró la tendencia ascendente en la componente Este, comportamiento que inició en agosto de 2014, con una variación de 1400 y la componente Norte con una tendencia descendente en su registro, acumulando para el mismo periodo, cerca de 300 μ rad (Figura 59). En el inclinómetro Cerro Negro se observó un comportamiento ascendente en la componente Este, acumulando entre junio de 2015 y diciembre 2016, cerca de 250 μ rad, la

componente Norte, para el mismo periodo, con una tendencia estable, muestra variaciones periódicas que alcanzan los 40 μ rad (Figura 60).

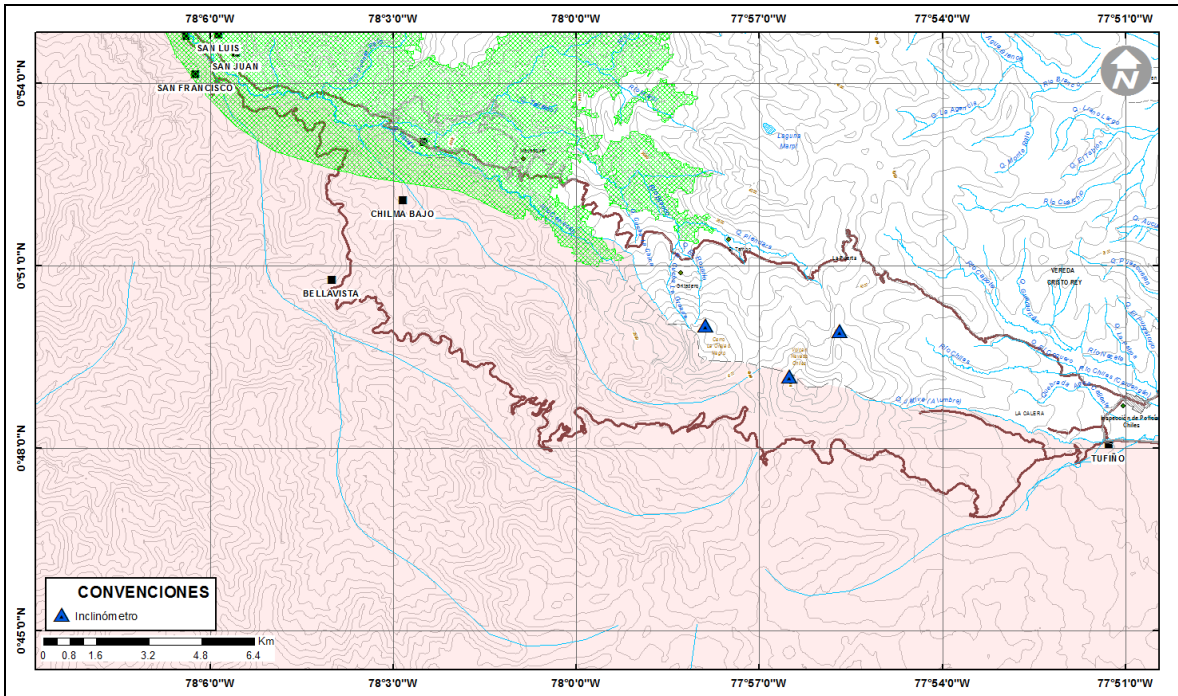


Figura 57. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos que conformaron la red de vigilancia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2017.

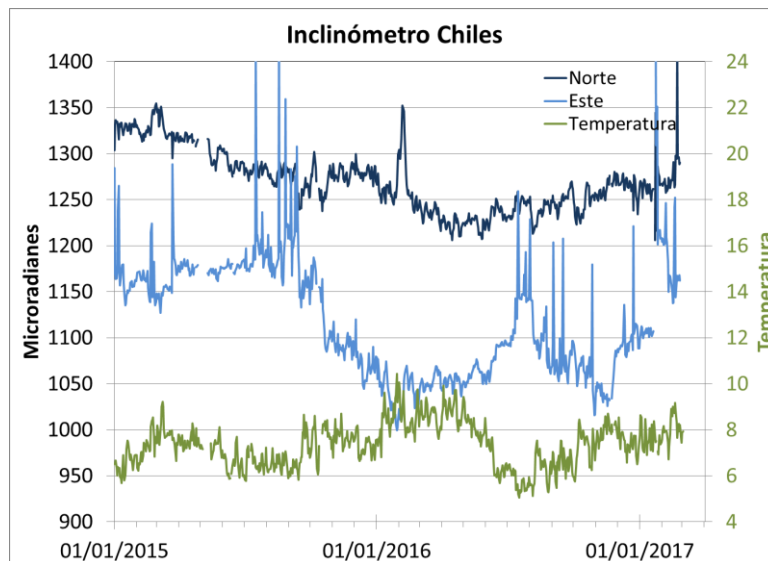


Figura 58. Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.

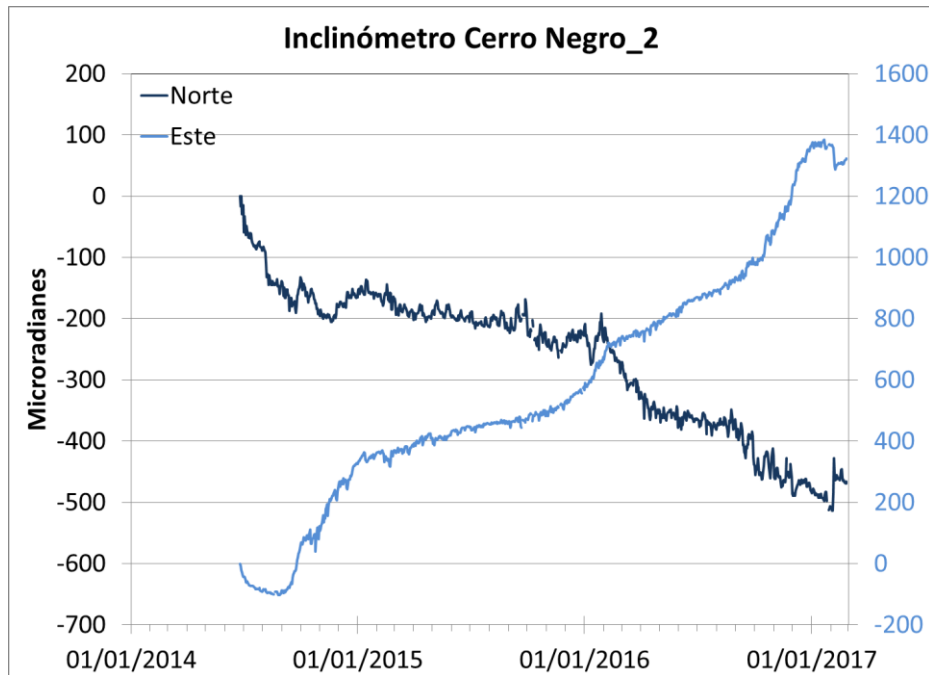


Figura 59. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 25 junio de 2014 y el 28 de febrero de 2017.

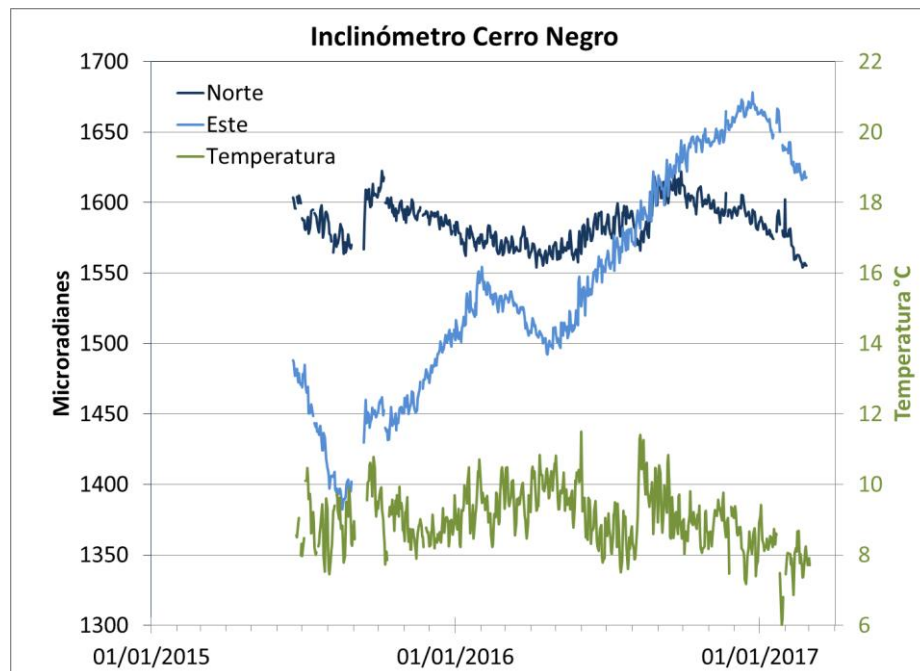


Figura 60. Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.

3.5. Geoquímica

3.5.1. Registro de temperatura – Estación térmica telemétrica Baño Grande Volcán Chiles.

Los datos sobre la variación de temperatura en la FT Baño Grande del volcán Chiles, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio de la fuente termal donde también se realizan muestreos periódicos de agua (Figura 61 y tabla 18).

En la figura 62 se registran variaciones que corresponden a valores medidos entre los días 21 y 28 de febrero de 2017, los valores de temperatura presentaron un promedio de 42.5°C y un máximo de 43°C (Tabla 19), no se registran variaciones significativas. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación para detectar cambios que puedan estar relacionados con la actividad del volcán.

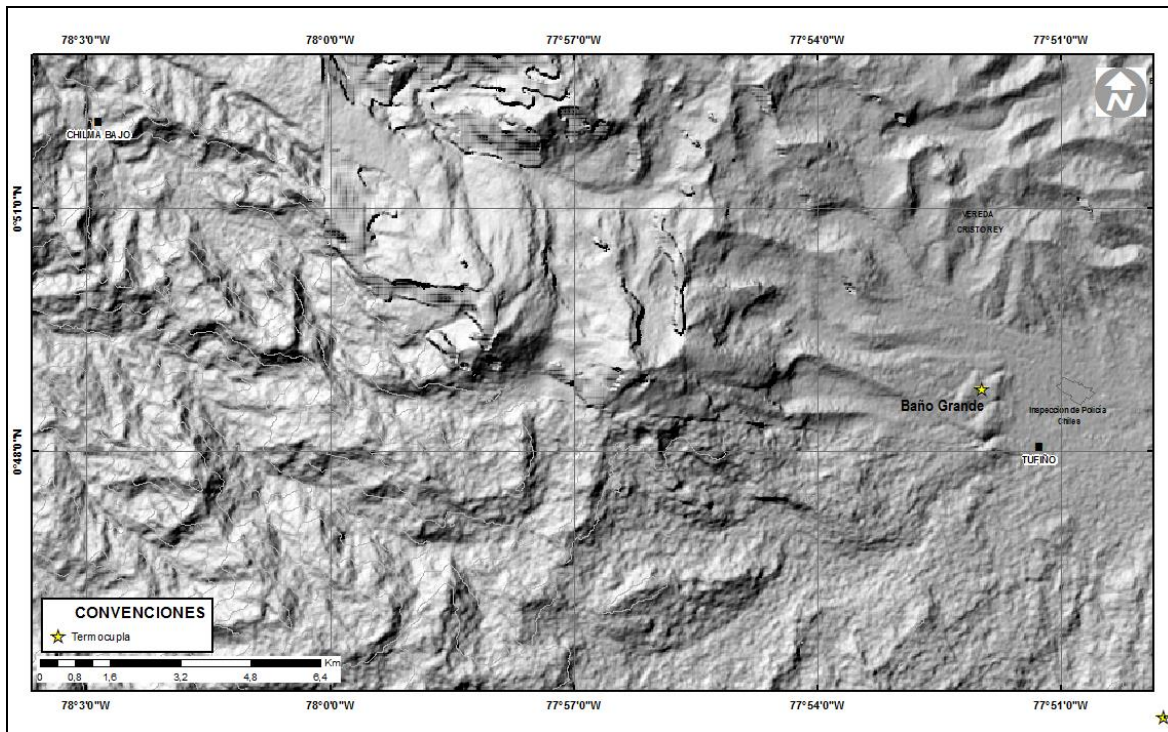



Figura 61. Mapa de localización de la estación térmica telemétrica Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles.

Tabla 18. Ubicación geográfica fuente termal Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318

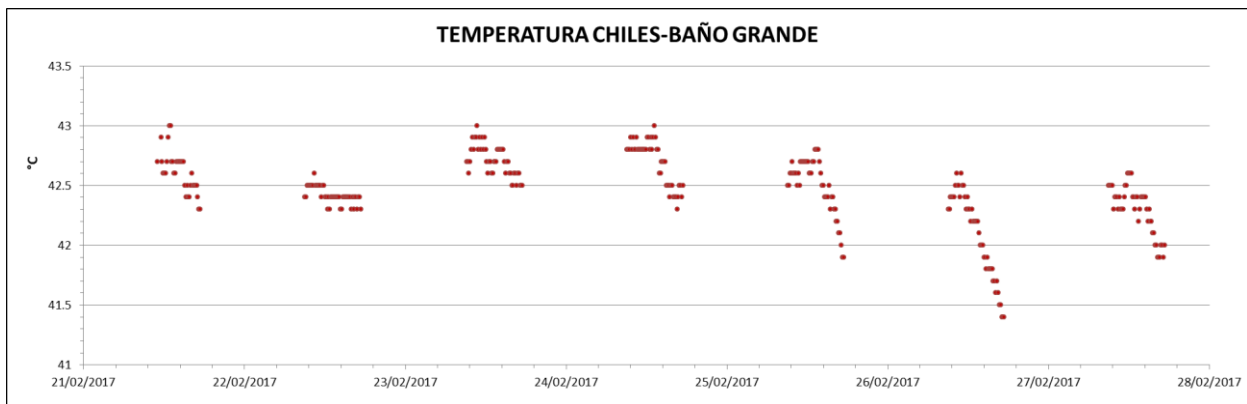


Figura 62. Temperatura estación Térmica Baño Grande-Volcán Chiles febrero de 2017

Tabla 19. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero 2017.

TEMPERATURA	[°C]
Promedio	42.5
Máximo	43.0
Mínimo	41.4

3.6. Actividad superficial

En las Figuras 63 y 64 se ilustran dos imágenes de los volcanes Chiles y Cerro Negro, capturadas con la cámara web ubicada en el sector de Canguil. Para febrero del 2017 no se tuvo reportes relacionados con la actividad superficial de complejo Volcánico Chiles –Cerro Negro.



Figura 63. Imagen de los Volcanes Chiles (izquierda) y Cerro Negro (derecha), 9 de febrero de 2017 a las 5:56 p.m.



Figura 64. Imagen de los Volcanes Chiles (izquierda) y Cerro Negro (derecha), 19 de febrero de 2017 a las 7:20 a.m.

3.7. Conclusiones

La sismicidad en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro de Mayasquer durante febrero de 2017 mostró una disminución importante tanto en ocurrencia como en energía.

La sismicidad registrada desde finales de 2013 a la fecha se asocia a una posible intrusión magmática en profundidad, que hasta el momento no ha mostrado manifestaciones en superficie. A pesar de la notable disminución en la ocurrencia y energía de los sismos y la estabilidad de los otros parámetros medidos, los volcanes Chiles y Cerro Negro aún no han retornado a un estado de equilibrio; por lo tanto, persiste la probabilidad de que se registren sismos con magnitudes importantes que podrían ser sentidos por los habitantes de su zona de influencia.

La evaluación de la actividad volcánica de Chiles y Cerro Negro de Mayasquer durante febrero de 2017 permitió mantener el nivel **AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2017

Como parte de la misión institucional, el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), tiene como función el estudio de los volcanes activos de Nariño. Para el cumplimiento de esta tarea el OVSP continuó con el monitoreo permanente de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral (Figura 65).

Las estaciones instaladas hasta el momento cuentan con un sistema de telemetría de datos tipo análoga y de tipo digital con registro continuo y en tiempo real de la información proveniente de estos volcanes.

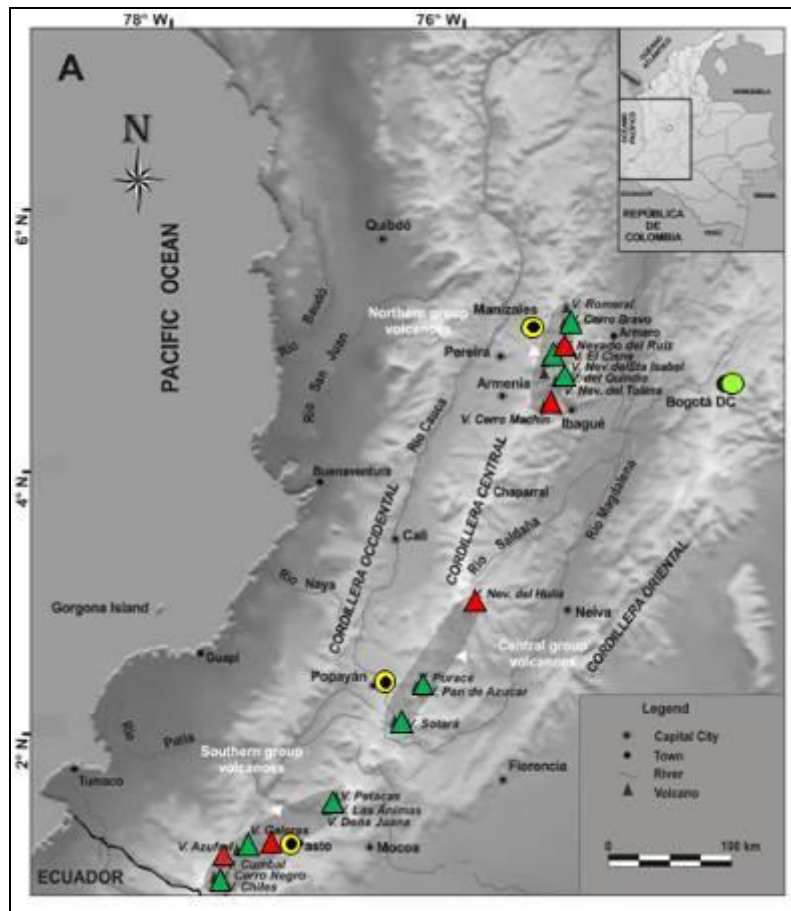


Figura 65. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

La información obtenida por los diferentes métodos geofísicos y geoquímicos de vigilancia, se viene analizando de manera periódica con el propósito de obtener un conocimiento básico del fenómeno volcánico e identificar de manera oportuna un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 Km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 Km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 66).

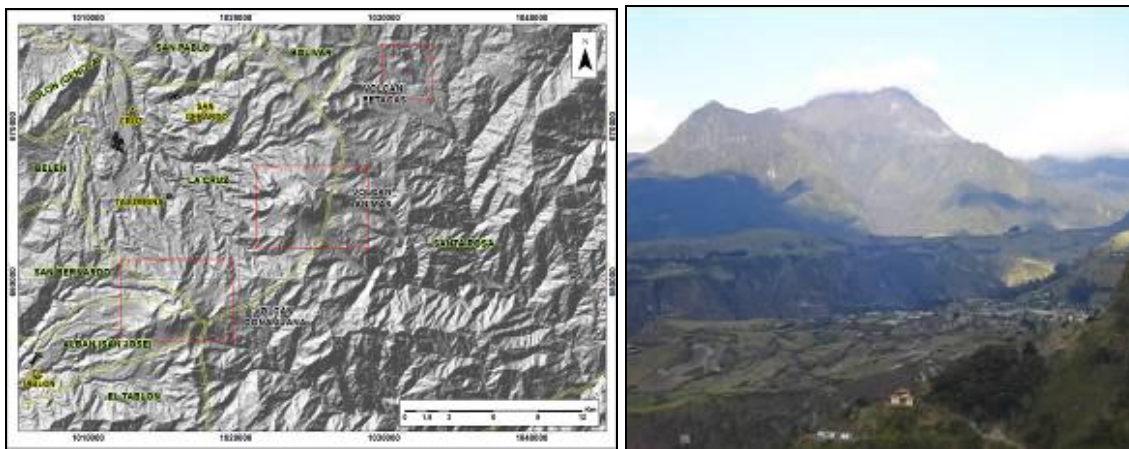


Figura 66. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas, dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental, y desde finales del mes de noviembre de 2015, se cuenta con una estación GNSS permanente encargada de detectar los cambios sobre la superficie volcánica. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

En la Figura 67 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 20 se consignan sus características.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 95 % (Figura 68).

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en febrero de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,6	NW	2905
Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	6,2	NW	2726
Pradera	Digital	GNSS	Triaxial	4,0	WSW	2995

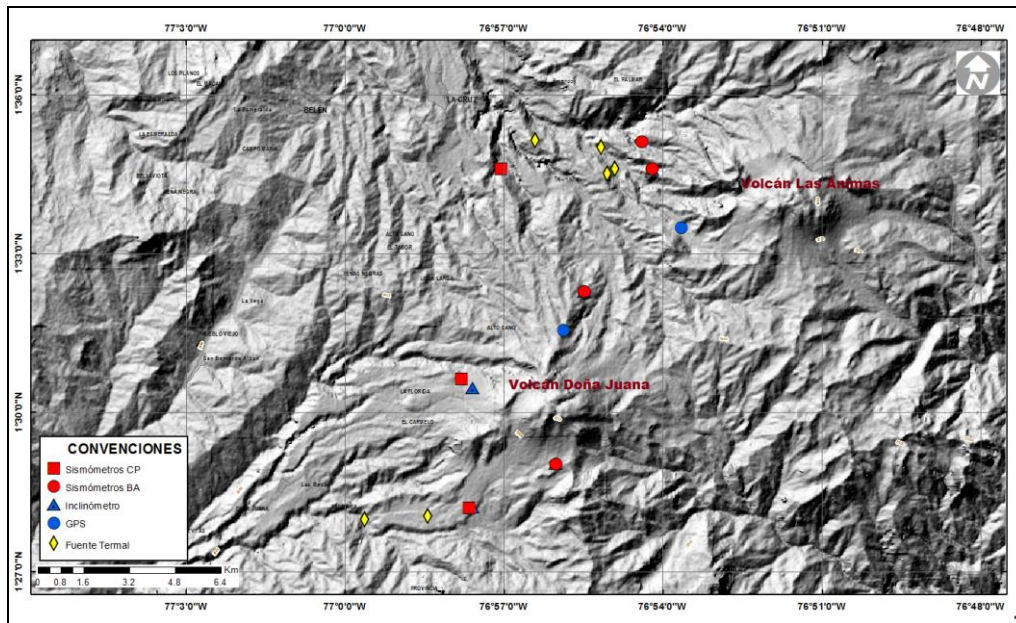


Figura 67. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2017. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.

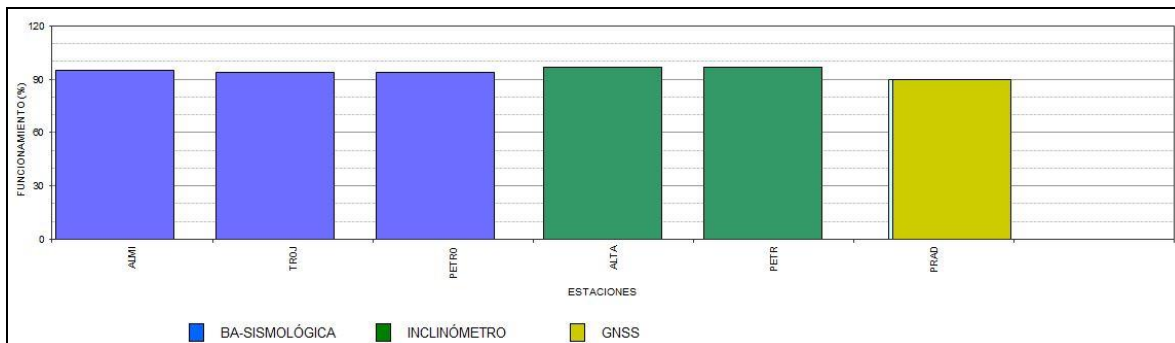


Figura 68. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas en febrero de 2017.

4.1.3. Sismología

En los volcanes Doña Juana y las Ánimas y dentro de niveles bajos de ocurrencia y energía, en el mes de febrero la ocurrencia sísmica incrementó 2.5 veces su valor, pasando de 4 a 10 eventos. Se registraron 9 sismos, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y un evento que fue renombrado como VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos) (Tabla 21). Fue posible localizar todos los VT y se ubicaron dispersos en la zona de influencia volcánica, a distancias entre 0.5 y 11 km, profundidades entre 3.0 y 13 km con respecto a la cima de Las Ánimas (4300 m) y magnitud local entre 0.1 y 1.9 en la escala abierta de Richter (Figura 69). El mayor sismo del mes se registró el 22 de febrero a las 21:11 hora local a una distancia de 5 km al SSW de la cima de Las Ánimas a una profundidad de 4.7 km y con magnitud local de 1.9 en la escala abierta de Richter. La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 7.72×10^{13} ergios.

Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					TOTAL
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	
Enero de 2017	4	0	0	0	0	4
Febrero de 2017	9	0	0	0	1	10

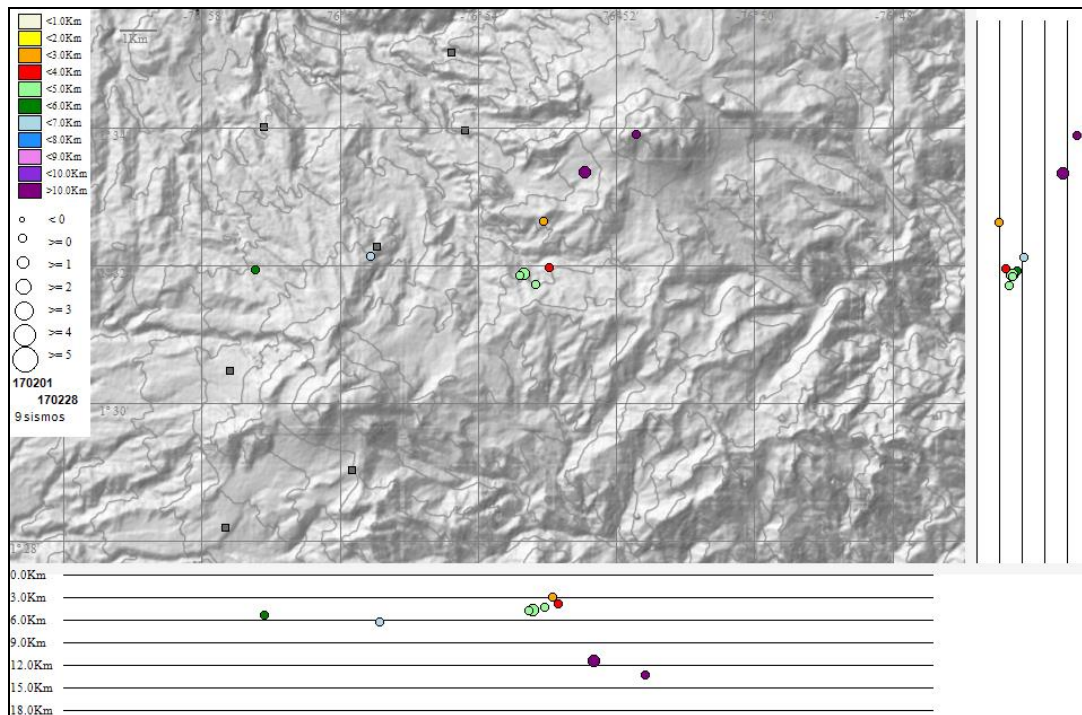


Figura 69. Localizaciones de sismos VT registrados en febrero de 2017 en la región de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

4.1.4. Deformación

En la Figura 70 se aprecia la ubicación de los inclinómetros electrónicos y estaciones GNSS permanentes, estaciones dispuestas para el seguimiento de los cambios en superficie de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana.

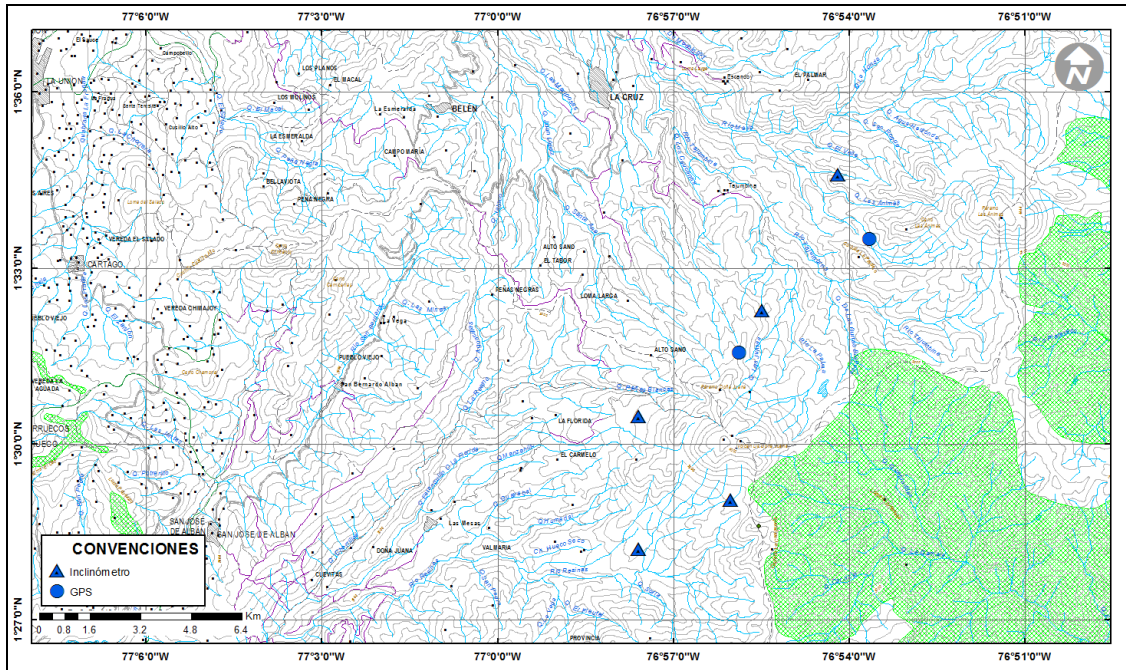


Figura 70. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana durante el mes de febrero de 2017.

4.1.4.1. Inclínometría Electrónica

El inclinómetro Altamira, desde 2014, muestra una tendencia ascendente acumulando hasta la fecha unos 150 μrad , aunque para el último año, la pendiente de inclinación es menor (Figura 71). El inclinómetro Petroglifo, muestra cambios que pueden estar asociados más a problemas de funcionamiento en el sensor, es necesario realizar mantenimiento, por lo cual no se muestra en este informe.

4.1.4.2. Estaciones GNSS Permanentes

Para el análisis de los GNSS, se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En la Figura 72, se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS Pradera, instalado en el volcán Las Ánimas.

En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

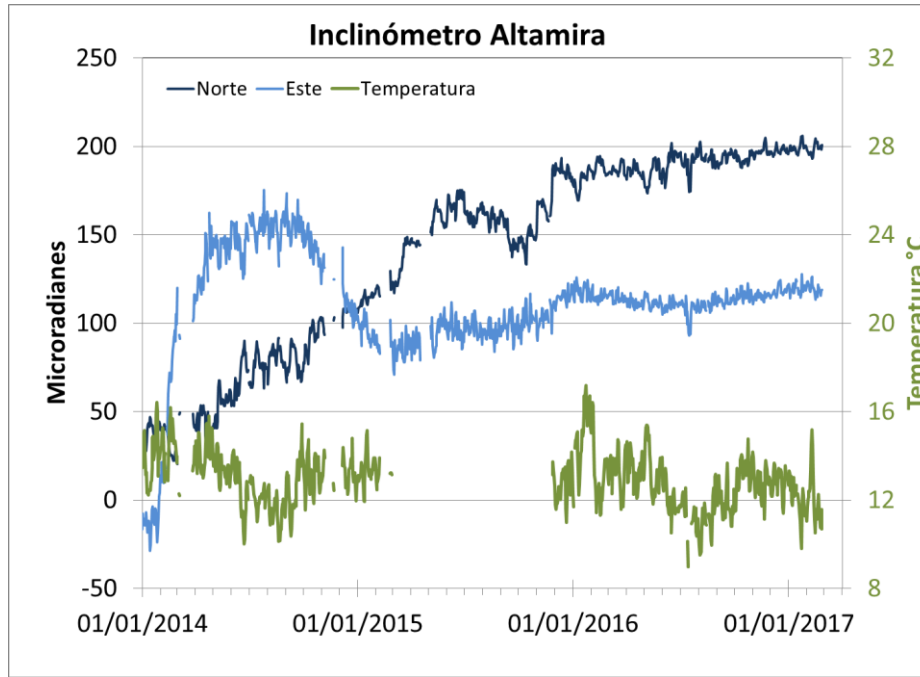


Figura 71. Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 28 de febrero de 2017.

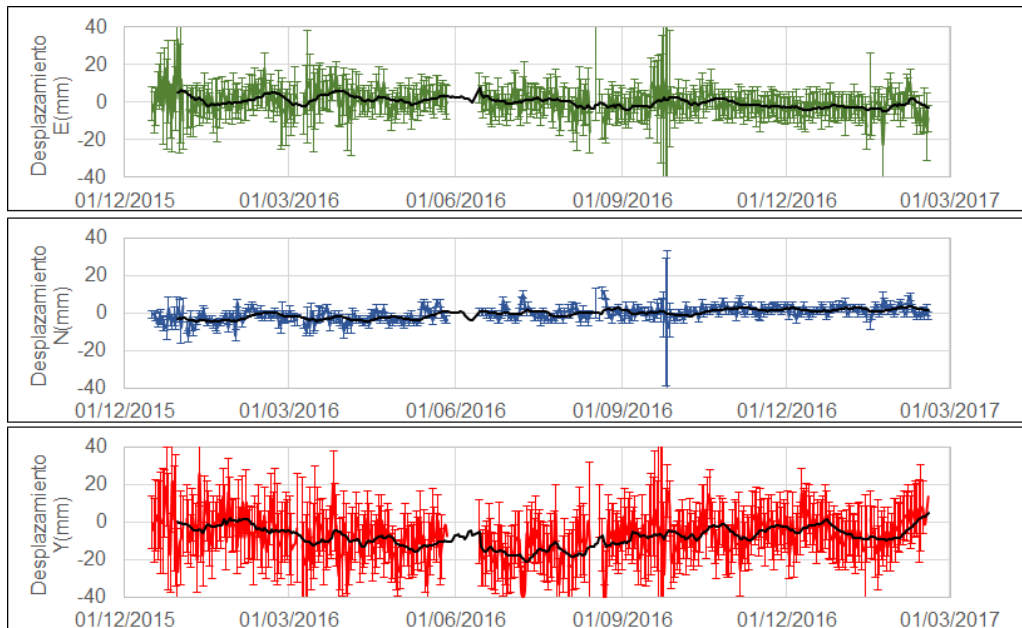


Figura 72. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2015 y el 17 de febrero de 2017.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.6. Conclusiones

Persisten los niveles bajos de ocurrencia y energía sísmica. La sismicidad registrada en la zona de influencia de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas corresponde a eventos asociados con fracturamiento de material cortical, denominados Volcano Tectónicos (VT).

La evaluación de la actividad volcánica de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas durante febrero de 2017 permitió mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de Vigilancia

Para el mes de febrero de 2017, la red de vigilancia del volcán Doña Juana estuvo conformada por:

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 73, Tabla 22).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 73, Tabla 22).
- A partir del 25 de febrero se cuenta con la señal de la estación GNSS permanente La Palma, instalada hacia el sector nororiente del volcán Doña Juana

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 73, Tabla 22).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 94 % (Figura 74).

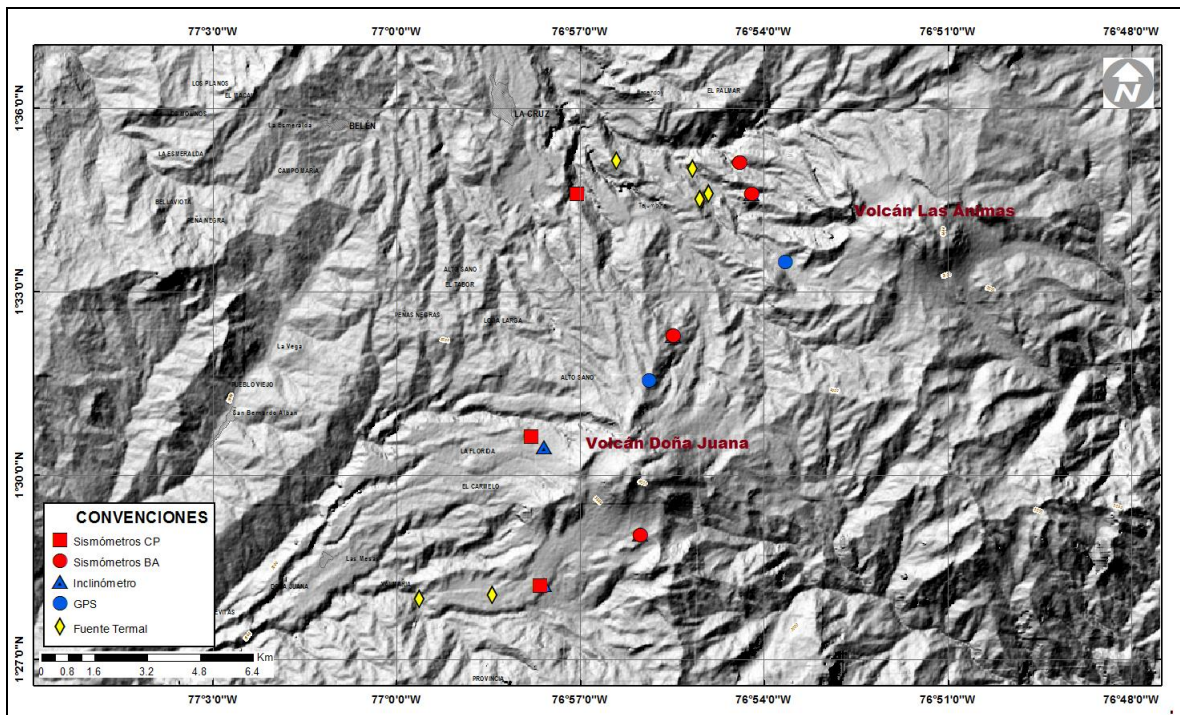


Figura 73. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 22. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en febrero de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al volcán	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,1	SE	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	3145
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7,5	NNW	2761
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2,7	NNW	3478

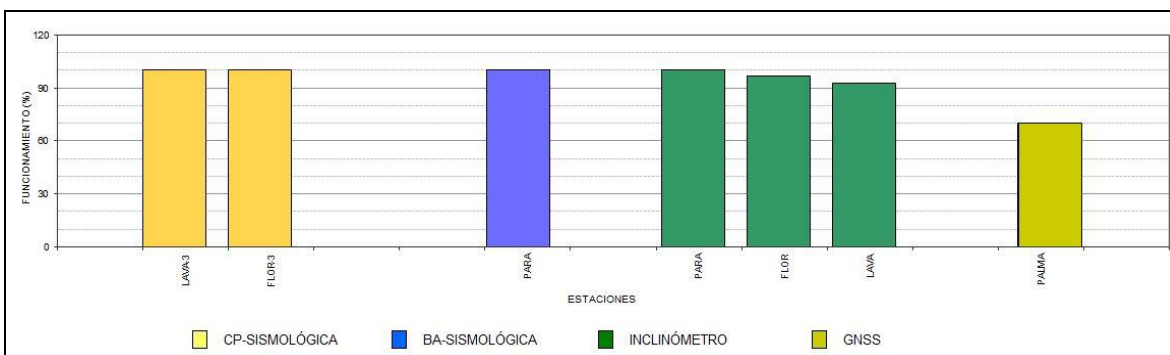


Figura 74. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante febrero de 2017.

4.2.2. Deformación

4.2.2.1. Inclinometría Electrónica

El inclinómetro la Florida, muestras tendencias estables, con variaciones que puedes obedecer a la temperatura ambiente (Figura 75). El inclinómetro Páramo funcionó adecuadamente hasta el 22 de diciembre de 2106, no se muestra en el presente informe. El inclinómetro Lavas, entre enero de 2015 y hasta febrero de 2017, con una pendiente menor continúa mostrando una tendencia ascendente, que para este periodo acumula en la componente Norte y Este cerca de 120 y 100 μ rad, respectivamente (Figuras 76).

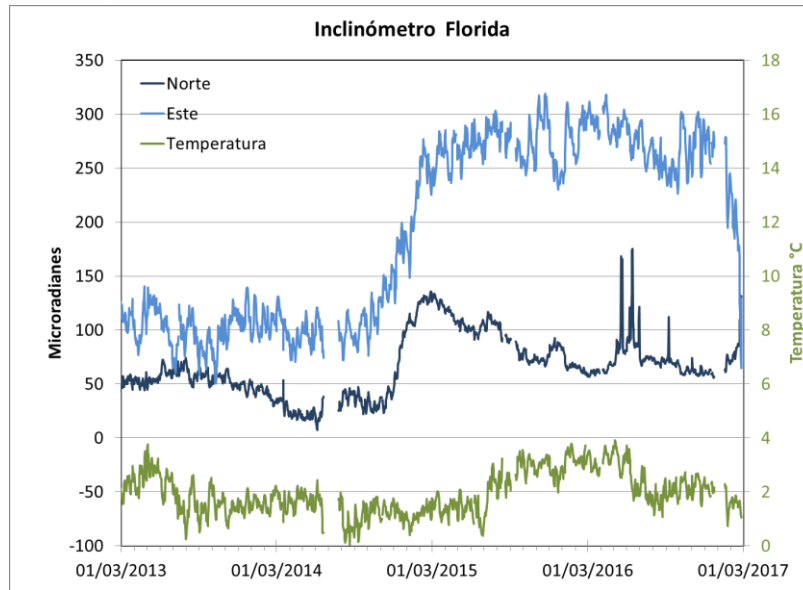


Figura 75. Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2013 y el 28 de febrero de 2017.

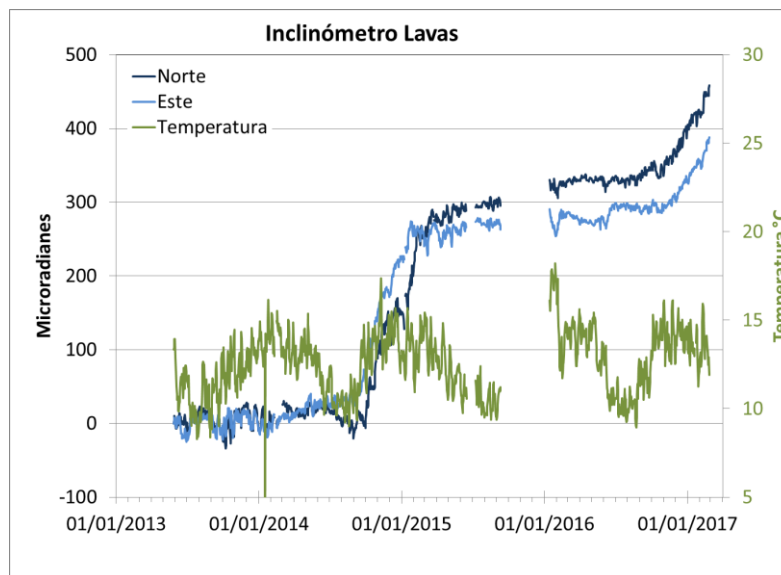


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 28 de febrero de 2017.

4.2.2.2. Estaciones GNSS Permanentes

Desde el 23 de febrero de 2016, hacia el costado nororiental del volcán Doña Juana se instaló una estación GNSS permanente con el fin de detectar los cambios en superficie asociados a actividad volcánica.

Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En la Figura 77, se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS instalado en Doña Juana. En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

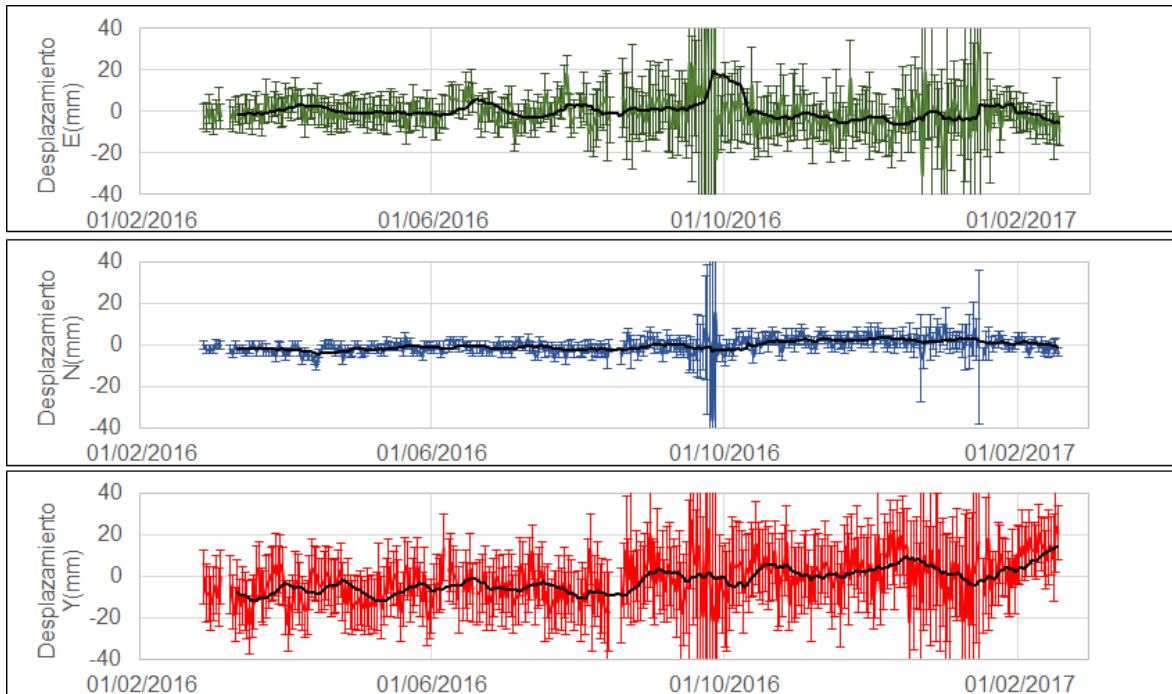


Figura 77. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS La Palma instalada sobre la superficie del volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 27 de febrero de 2016 y el 17 de febrero de 2017.

4.2.4. Geoquímica

Para el periodo evaluado no se realizó muestreo en las fuentes termales ubicadas en área de influencia del volcán Doña Juana.

4.2.5. Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2017 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

En la Figura 78 se muestra la disposición de las estaciones instaladas para el monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, las cuales son: La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 23 se consignan sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación meteorológica La Roca, que consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. Adicionalmente se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

Con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 4 bases y 12 prismas reflectores. Desde el pasado mes de marzo de 2015 se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparámetro La Roca (Figura 79).

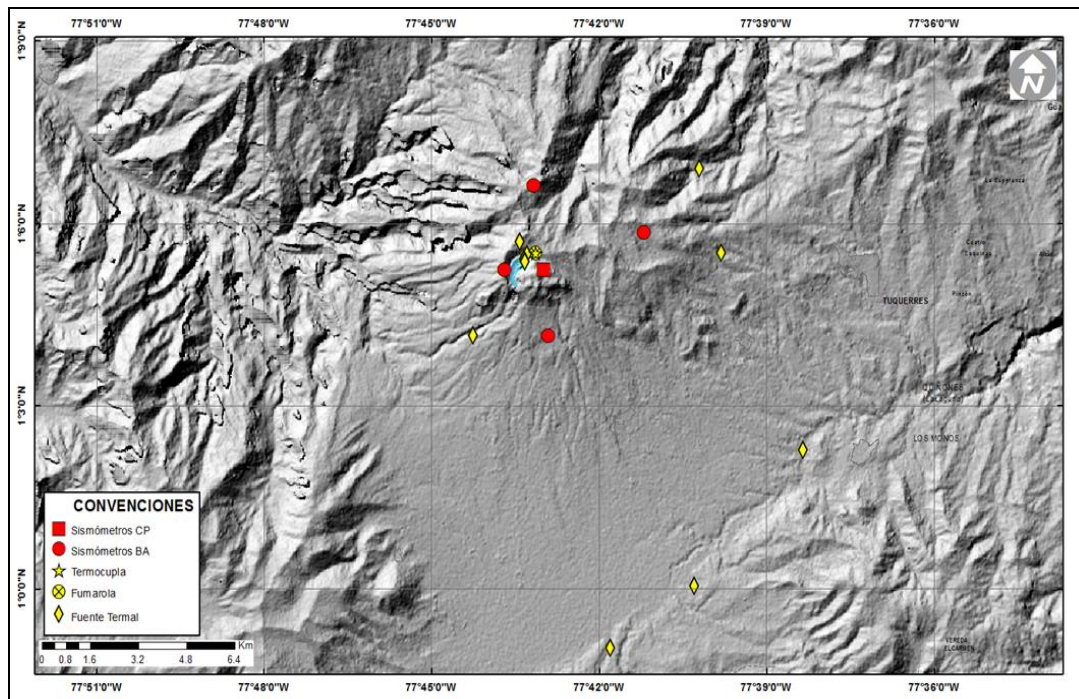


Figura 78. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2017.

Tabla 23. Estaciones que conformaron la red de vigilancia del volcán Azufral en el mes de febrero de 2017.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4.3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0.5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2.5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	1.2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	4.3	ENE	3730
Mallama	Digital	Termocupla		0.5	NE	3805

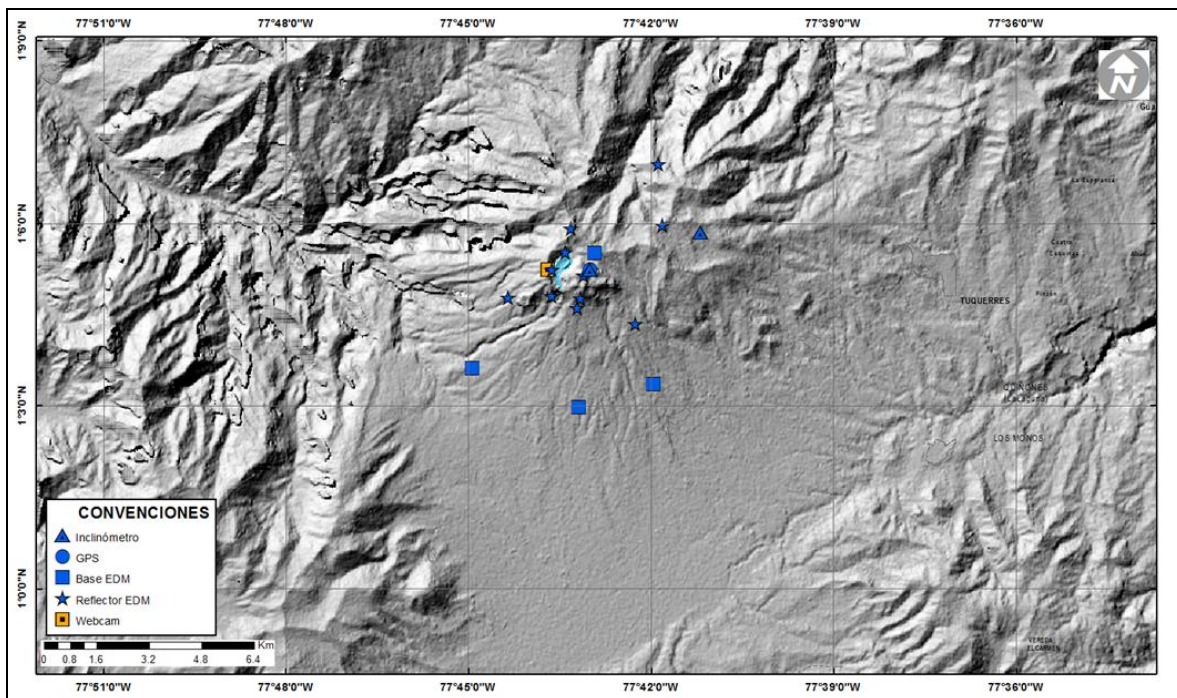


Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral en el mes de febrero de 2017.

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó un porcentaje promedio de operación del 93 % para este mes (Figura 80).

4.3.2. Sismología

Dentro de niveles bajos de ocurrencia y energía, se registró una pequeña disminución del 8% en la ocurrencia sísmica, pasando de 13 a 12 eventos.

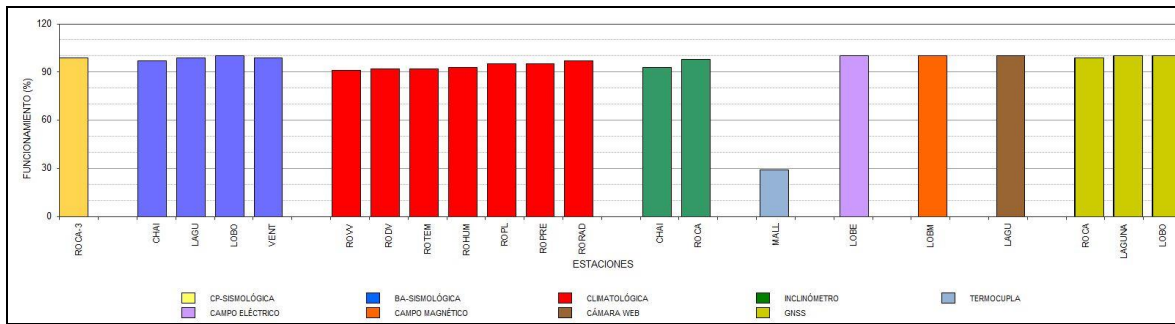


Figura 80. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral en febrero de 2017.

Solamente se registraron 10 sismos, todos ellos asociados con fractura de roca al interior del volcán (VT) y dos fueron renombrados como VOL (señales que por sus bajos niveles energéticos no son fáciles de catalogar dentro de alguno de los tipos de sismicidad establecidos) (Tabla 24). Fue posible localizar 7 VT los cuales se ubicaron dispersos en la zona de influencia volcánica, a distancias entre 0.8 y 11 km, profundidades entre 2.5 y 11 km con respecto a la cima (4070 m) y magnitud local entre 0.4 y 1.7 en la escala abierta de Richter. El mayor sismo del mes se registró el día 3 a las 12:22 hora local, fue ubicado a 2.8 km al norte de la Laguna Verde, con profundidad de 2.7 km y magnitud local de 1.7 (Figura 81). La energía de los sismos localizados alcanzó un valor de 2.37×10^{13} ergios.

Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en enero y febrero de 2017 en el volcán Azufral.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HIB	VOL	TOTAL
Enero de 2017	8	1	1	0	3	13
Febrero de 2017	10	0	0	0	2	12

4.3.3. Deformación

En la Figura 82 se aprecia la ubicación de los inclinómetros electrónicos, estaciones GNSS, Bases y prismas EDM para el seguimiento de los cambios en superficie del Volcán Azufral.

4.3.3.1. Inclinometría Electrónica

Respecto a los procesos deformativos en superficie del edificio volcánico de Azufral, en el inclinómetro Chaitán se observa una tendencia estable con variaciones periódicas en las componentes, que se asumen como asociadas a las variaciones climáticas de la zona (Figura 83). En el inclinómetro la Roca durante el 2016 (Figura 84), se presentó un cambio en la pendiente de la componente Este, mostrando una tendencia descendente, con cerca de $170 \mu\text{rad}$, posteriormente desde noviembre de 2016, tiende a estabilizarse. En la componente Norte se observó un cambio

menor de unos 25 μ rad, indicando una deflación hacia la zona de la Laguna Verde, lo cual puede estar asociado con la disminución del nivel del agua de la laguna craterica (Figura 85).

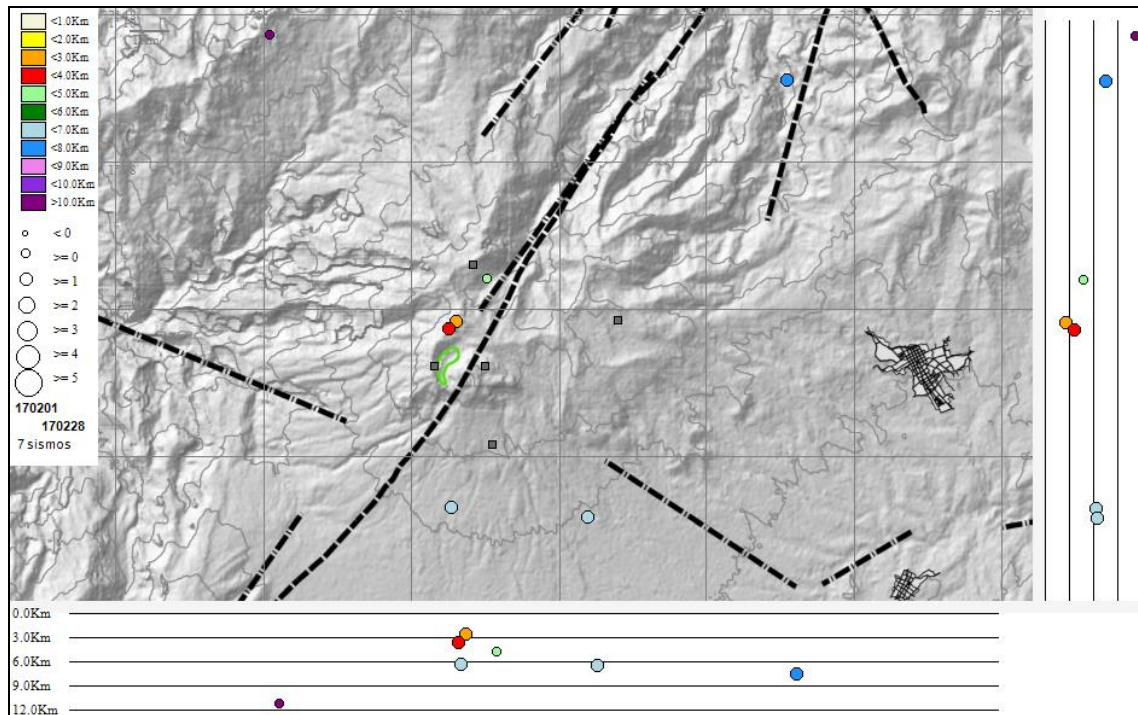


Figura 81. Localizaciones de sismos VT registrados en Azufral durante febrero de 2017

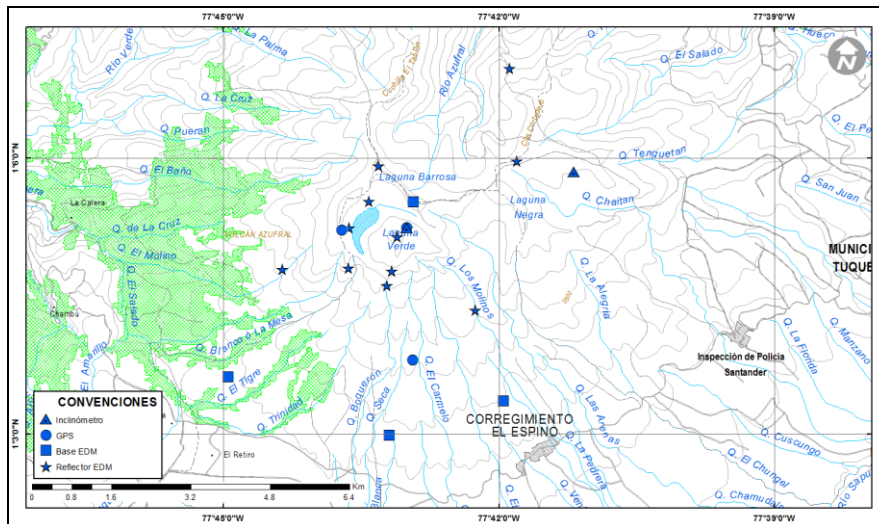


Figura 82. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros electrónicos, GNSS, Bases y prismas EDM que conformaron la red de vigilancia del Volcán Azufral durante el mes de febrero de 2017.

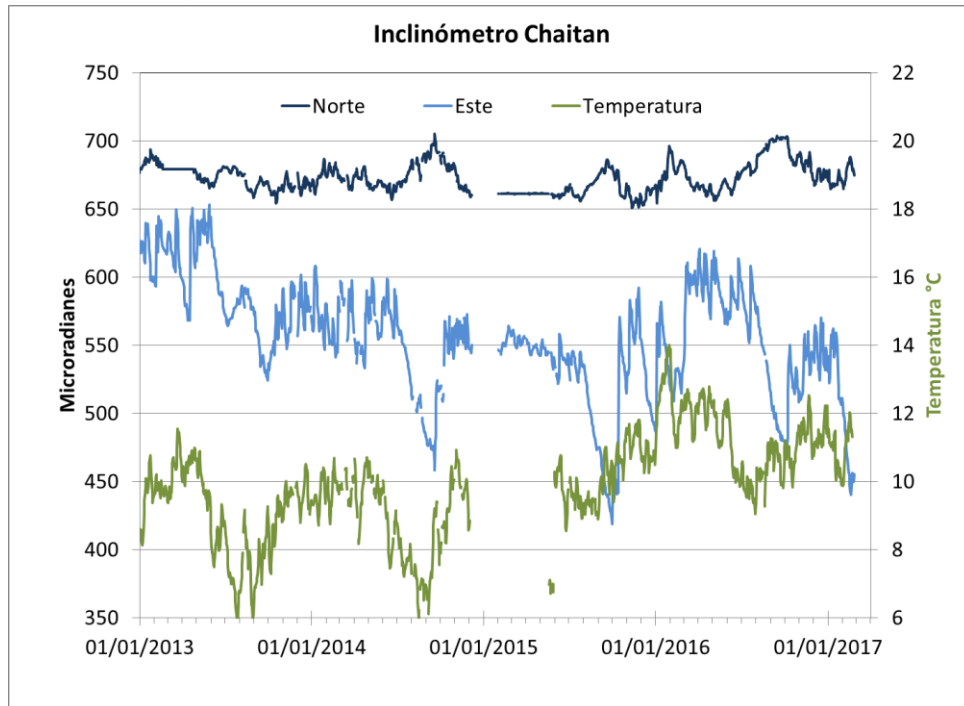


Figura 83. Componentes de inclinación Norte y Este, y temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero del 2013 y el 28 de febrero de 2017.

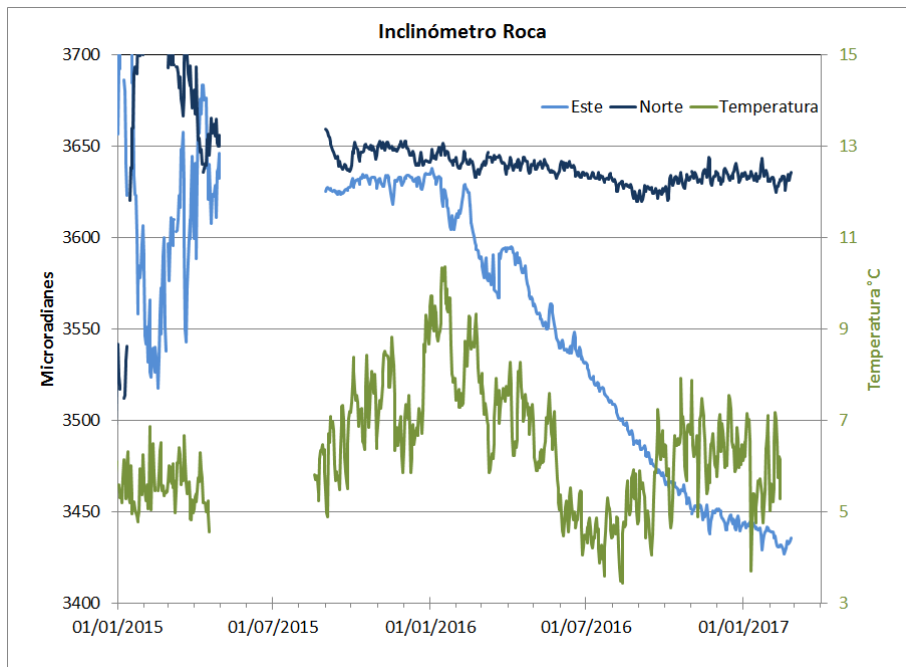


Figura 84. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 28 de febrero de 2017.

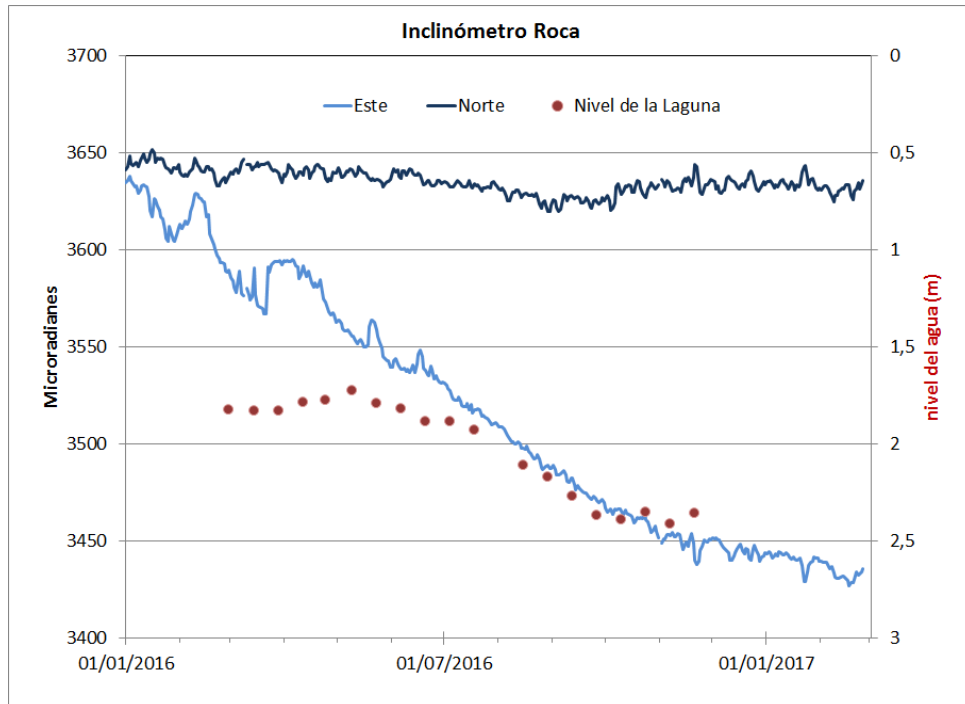


Figura 85. Comparación entre la componente de inclinación Este del inclinómetro de La Roca y la variación del nivel del agua de la Laguna Verde.

4.3.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

El Volcán Azufral cuenta con tres estaciones permanentes GNSS, La Roca, Laguna y Lobo. Para el análisis se contempló un procesamiento absoluto, el cual se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, correcciones que se deben hacer al dato de posición, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las Figuras 86, 87 y 88, se muestra comportamiento de las direcciones Norte, Este y altura de las estaciones GNSS. En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura.

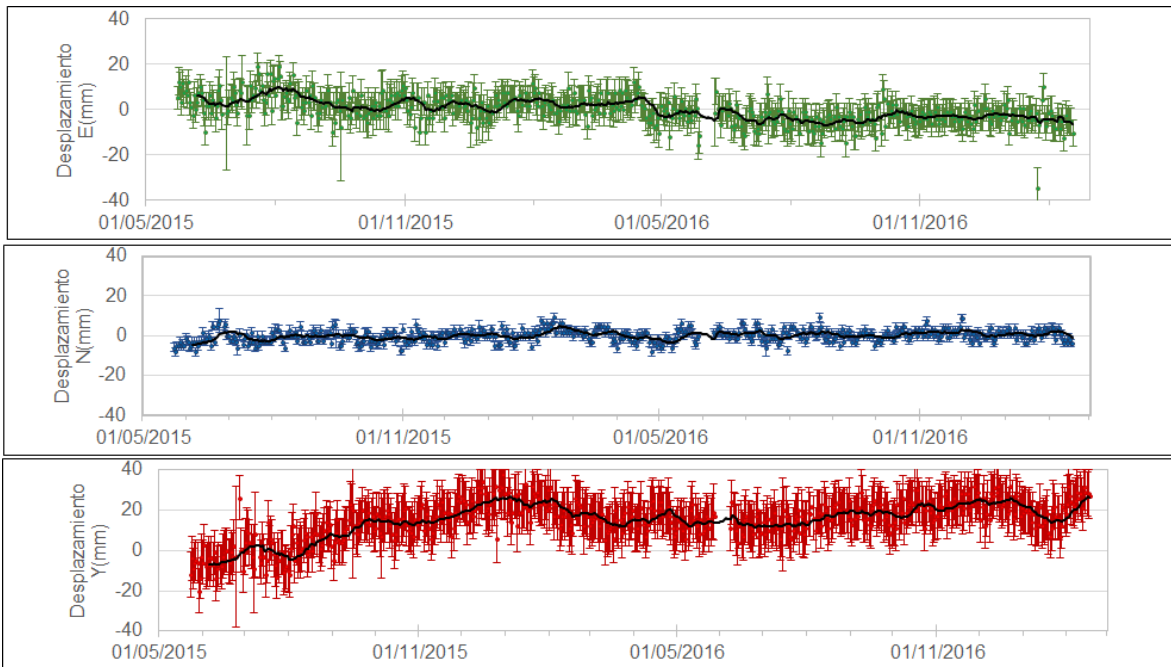


Figura 86. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 22 de mayo de 2015 y el 17 de febrero de 2017.

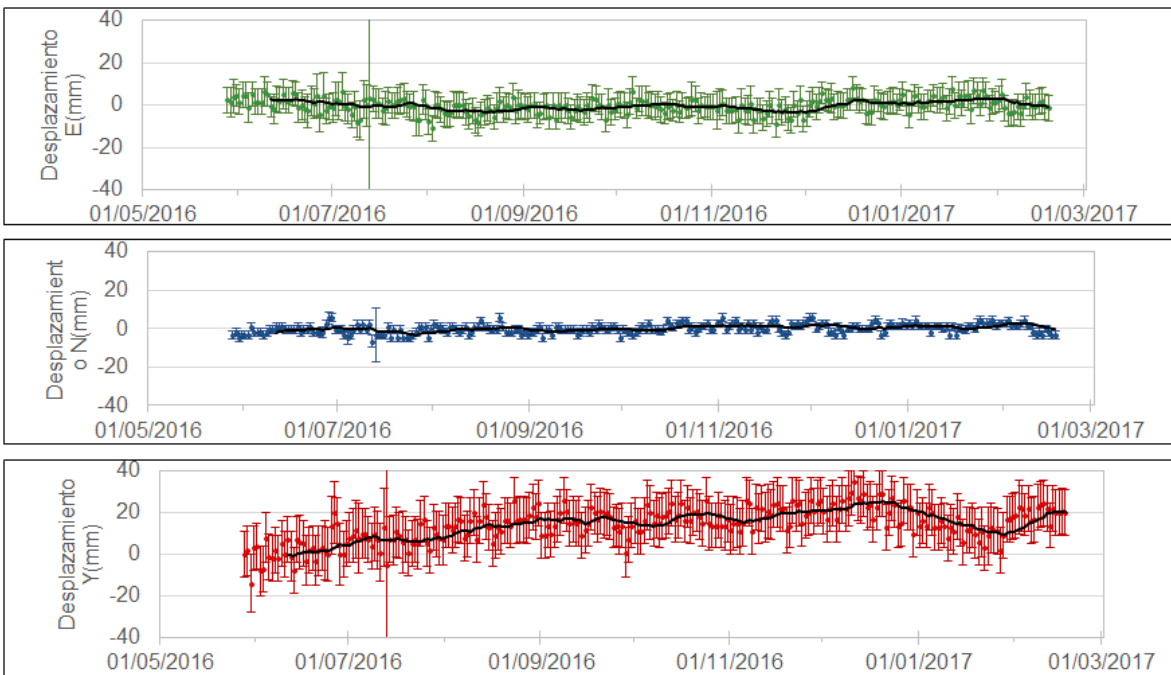


Figura 87. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 17 de febrero de 2017.

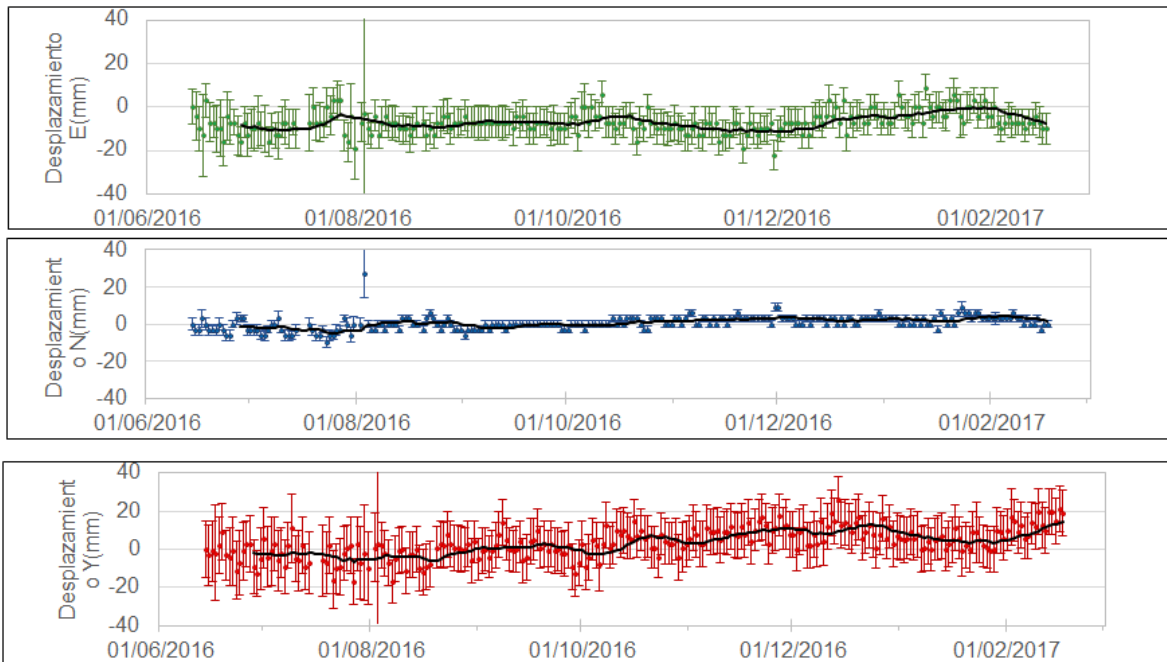


Figura 88. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 17 de febrero de 2017.

4.3.4. Electromagnetismo

La intensidad del Campo Magnético Total en la estación Lobo de monitoreo electromagnético del volcán Azufral, registró un valor promedio de alrededor de 25450 nT. Los registros no indican comportamientos asociados con actividad volcánica, más bien resaltan las variaciones periódicas del campo geomagnético y los efectos de las tormentas eléctricas (Figura 89).

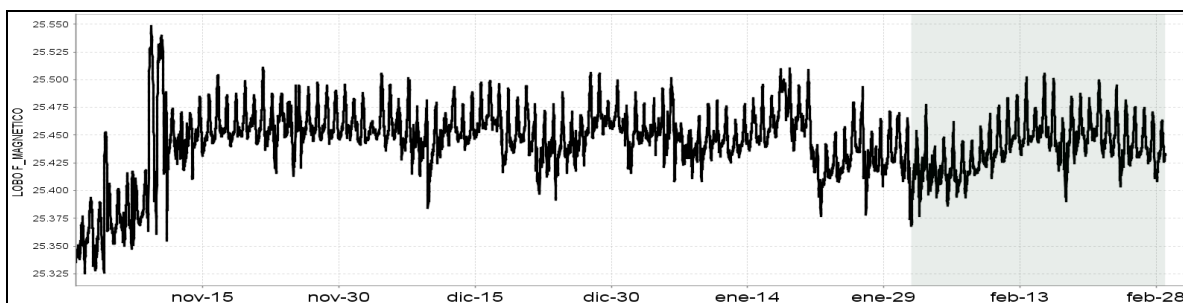


Figura 89. Campo magnético total (F), registrado en la estación Lobo de monitoreo magnético del volcán Azufral para el periodo comprendido entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

La componente horizontal H del campo eléctrico registrado en la estación de Lobo muestra para el mes de febrero una tendencia descendente, con un valor promedio de alrededor de 180 mV y sin mostrar una clara tendencia al compararse con el comportamiento del régimen de lluvias en la zona del volcán Azufral (Figura 90).

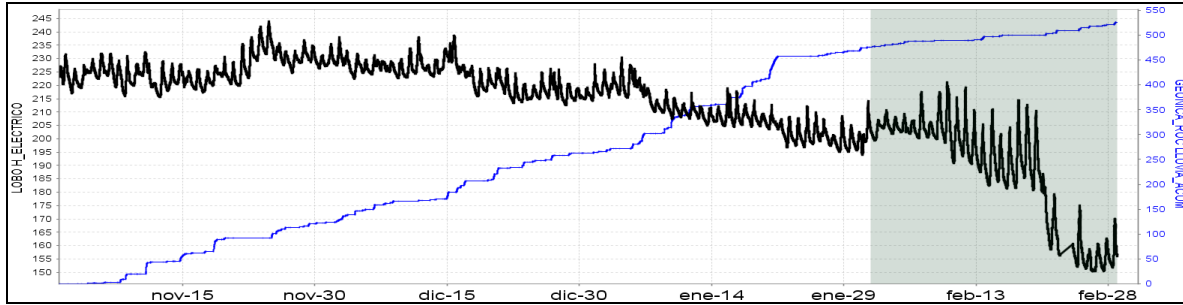


Figura 90. Comportamiento de la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Lobo, para el periodo comprendido entre noviembre de 2016 y febrero de 2017. La escala de medición del campo eléctrico está en mili Voltios

4.3.5. Geoquímica

4.3.5.1. Registro de temperatura – Estación térmica Mallama Volcán Azufral.

Los datos sobre la variación de temperatura en el campo fumarólico “Domo Mallama” del volcán Azufral, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio (Figura 91, Tabla 25).

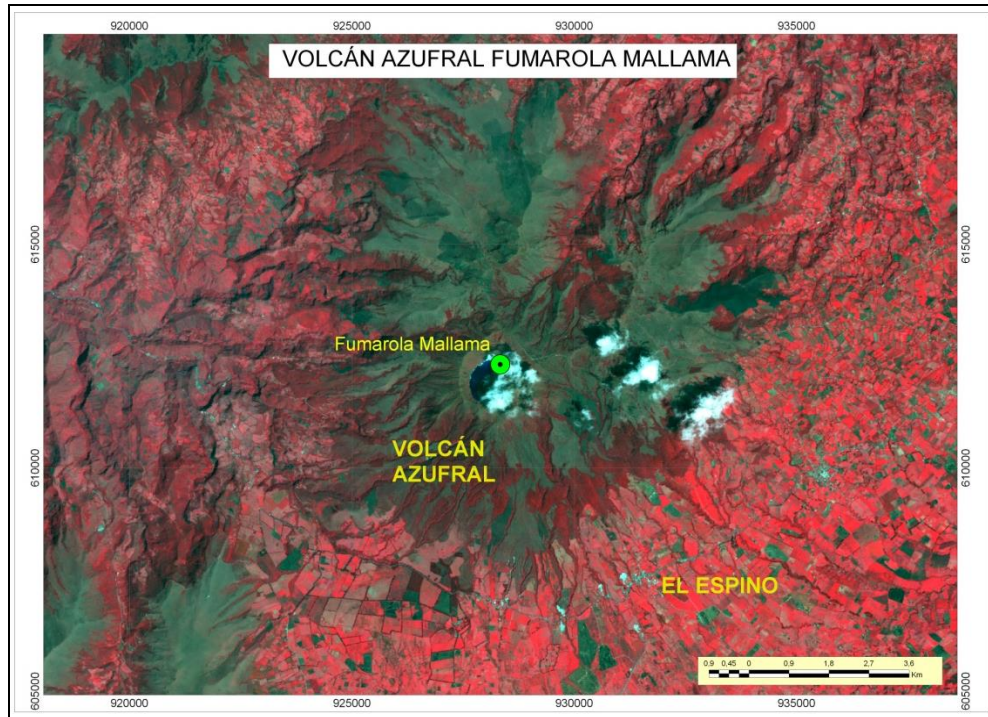



Figura 91. Mapa de localización del campo fumarólico Domo Mallama en la cima del Volcán Azufral

Tabla 25. Ubicación geográfica del campo fumarólico Domo Mallama en la cima del volcán Azufral

CAMPO FUMARÓLICO	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
DOMO MALLAMA		1.213555556	77.3575278	4155

En la figura 92 se muestra la variación de la temperatura con respecto al tiempo, registrada por la estación térmica Mallama, desde el mes de mayo de 2016 hasta el 28 de febrero de 2017. La gráfica muestra en los meses de mayo, junio y julio cierta estabilidad alrededor de los 89°C con pequeñas variaciones de alrededor de 1°C, pero a partir de agosto de 2016 el promedio de la temperatura baja a 86°C aproximadamente y las variaciones alcanzan los 15°C, comportamiento que no es normal y que probablemente es causado por inconvenientes de tipo electrónico en los componentes de la estación térmica.

Durante el mes de febrero se registró un promedio de 84.8°C y un máximo de 91.2°C (Tabla 26), no se presentan cambios significativos para el periodo evaluado.

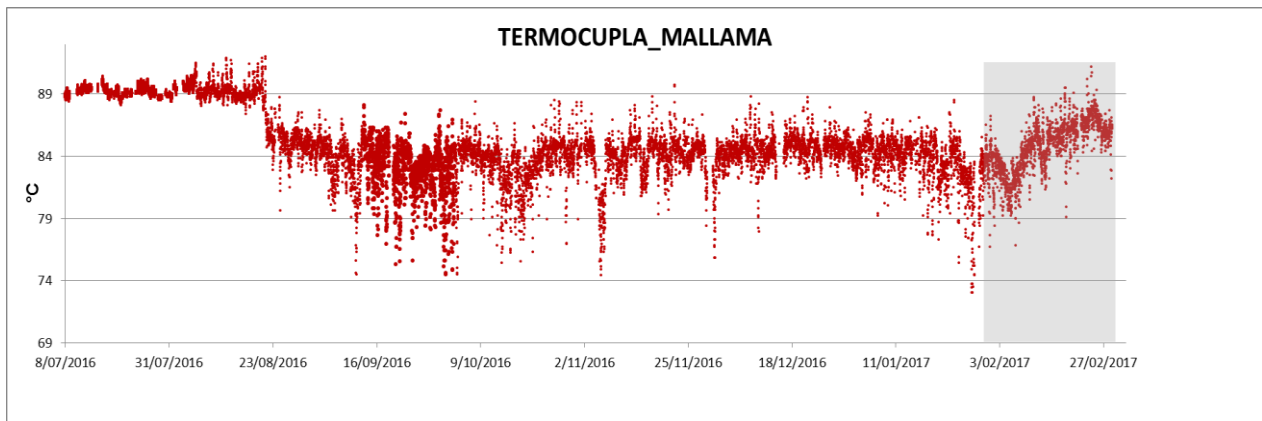


Figura 92. Temperatura en la estación térmica Domo Mallama, en la cima del Volcán Azufral – febrero 2017

Tabla 26. Valores de temperatura en la estación térmica Domo Mallama, en la cima del Volcán Azufral – febrero 2017

TEMPERATURA	[°C]
Promedio	84.8
Máximo	91.2
Mínimo	76.7

4.3.6. Actividad Superficial

Las condiciones atmosféricas favorables durante gran parte del mes permitieron registrar mediante la cámara Laguna instalada en el costado suroccidental del volcán, pequeñas emisiones de gases provenientes de los campos fumarólicos del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde (Figuras 93 , 94 y 95.)



Figura 93. Imagen del volcan Azufraal presentada el dia 14 de Febrero del 2017, capturada por la camara Laguna



Figura 94. Imagen del volcan Azufraal presentada el dia 15 de Febrero del 2017, capturada por la camara Laguna.



Figura 95. Imagen del volcán Azufral presentada el día 17 de Febrero del 2017, capturada por la cámara Laguna.

4.3.7. Conclusiones

Persisten los niveles bajos de ocurrencia y energía. La sismicidad registrada en la zona de influencia del volcán Azufral corresponde a eventos asociados con fracturamiento de material cortical, denominados Volcano Tectónicos (VT).

La evaluación de la actividad volcánica del volcán Azufral durante febrero de 2017 permitió mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

5. BIBLIOGRAFÍA

Servicio Geológico Colombiano – SGC. Boletín mensual e informes semanales de actividad del Volcán Galeras y de los Volcanes Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Cumbal, Chiles y Cerro Negro de Mayasquer y Bases de datos internas del OVSP. Meses de enero y febrero de 2017. Varios autores. Informes inéditos. Pasto. 2017.

Información complementaria puede ser consultada en la página web del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto en: <http://www.sgc.gov.co/Pasto.aspx>