

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		Edgar Antonio Muñoz Hidalgo
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Ago/2016
Título		Informe Mensual de Actividad del volcán Galeras y los volcanes Cumbal, Doña Juana, Azufral, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Julio de 2016.
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, Doña Juana, Las Ánimas, Cumbal, Azufral, 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	Investigación y Monitoreo de la Actividad Volcánica (AME13-06).
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos	Julio de 2016.
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 del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia

		del Volcán Las Ánimas.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptores		
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 -Electromagnetismo -Geoquímica -Emisiones -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 del Volcán Doña Juana - Zona de influencia del Volcán Azufral - Zona de influencia del Volcán Las Ánimas - 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\2016\jul
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, Chiles 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/2016.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, Jefe de Proyecto Ame09-42
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
JULIO DE 2016**

Edición:

EDGAR A. MUÑOZ HIDALGO

San Juan de Pasto, agosto de 2016

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	9
INTRODUCCION	11
1. ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS – JULIO DE 2016	12
1.1. RED DE VIGILANCIA	12
1.2. SISMOLOGÍA	16
1.3. DEFORMACIÓN	22
1.3.1. Estaciones de Inclínometría Electrónica	22
1.3.2. Estaciones GNSS permanentes	26
1.3.3. Medición Electrónica de Distancias - EDM	30
1.4. ELECTROMAGNETISMO	30
1.5. GEOQUÍMICA	32
1.5.1. Muestreo de gases de origen volcánico en el Volcán Galeras	32
1.5.1.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO ₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS	32
1.5.1.2. Concentración de gas radón difuso en suelo – (Rn222).	34
1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS	37
1.7. CONCLUSIONES	39
2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – JULIO DE 2016	40
2.1. RED DE VIGILANCIA	40
2.2. SISMOLOGÍA	41
2.3. DEFORMACIÓN	43
2.4. GEOQUÍMICA	46
2.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	46
2.6. CONCLUSIONES	46
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – JULIO DE 2016	47
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	47
3.2. RED DE VIGILANCIA	47
3.3. SISMOLOGÍA	50
3.4. DEFORMACIÓN	52
3.5. GEOQUÍMICA	54
3.5.1. Muestreo de aguas en fuentes termales del volcán Chiles	54
3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande	54
3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	55
3.7. CONCLUSIÓN	55
4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JULIO DE 2016	56
4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCAN LAS ANIMAS	57
4.1.1. Ubicación Geográfica	57
4.1.2. Red de Vigilancia	57
4.1.3. Sismología	58
4.1.4. Deformación	58
4.1.5. Estaciones GNSS permanente	61
4.1.6. Actividad Superficial	62
4.1.7. Conclusión	62
4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA	63
4.2.1. Red de vigilancia	63
4.2.2. Sismología	64

4.2.3.	Deformación	65
4.2.4.	GEOQUÍMICA	67
4.2.5.	Actividad Superficial	67
4.2.6.	Conclusión	67
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN AZUFRAL	68
4.3.1.	Red de vigilancia	68
4.3.2.	Sismología	70
4.3.3.	Deformación	72
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	72
4.3.3.2.	Estaciones GNSS permanente.	73
4.3.3.3.	Medición Electrónica de Distancias E.D.M.	75
4.3.4.	Electromagnetismo	75
4.3.5.	Geoquímica	77
4.3.5.1	Muestreo de aguas en fuentes termales en el volcán Azufral	77
4.3.5.2.	Registro de temperatura – Estación térmica Mallama – Volcán Azufral.	86
4.3.5.3.	Muestreo de gases de origen volcánico.	87
4.3.6.	Actividad Superficial	88
4.3.7.	Conclusión	89

FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2016.	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 julio de 2016.	14
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 julio de 2016.	15
Figura 4.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en julio de 2016.	16
Figura 5.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de abril y julio de 2016.	17
Figura 6.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016. La región sombreada corresponde al mes de julio de 2016.	18
Figura 7.	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).	18
Figura 8.	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.	19
Figura 9.	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para julio de 2016 (barras de la derecha) respecto a junio de 2016 (barras de la izquierda).	20
Figura 10.	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde abril a julio de 2016.	20
Figura 11.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 1,5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).	21
Figura 12.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μ rad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.	22
Figura 13.	Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 14 de septiembre de 2011 y el 31 de julio de 2016.	23
Figura 14.	Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.	23
Figura 15.	Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.	24
Figura 16.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μ rad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de abril de 2011 y el 31 de julio de 2016.	24
Figura 17.	Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2012 y el 31 de julio de 2016.	25
Figura 18.	Componentes de inclinación Norte y Este (μ rad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de julio de 2016.	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 29 de julio de 2016.	26
Figura 20.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 29 de julio de 2016.	27

Figura 21.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 29 de diciembre de 2011 y el 29 de julio de 2016.	27
Figura 22.	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 29 de julio de 2016.	28
Figura 23.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 15 de mayo de 2014 y el 29 de julio de 2016.	28
Figura 24.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 31 de octubre de 2012 y el 29 de julio de 2016.	29
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 25 de octubre de 2012 y el 29 de julio de 2016.	29
Figura 26.	Medidas de distancia obtenidas al realizar la ocupación de las diferentes Bases de medición, medidas de control entre los puntos definidos como Bases y los prismas reflectores ubicados sobre la superficie del Volcán Galeras.	30
Figura 27.	Intensidad del Campo Magnético Total, de las estaciones de monitoreo, en la zona de influencia del volcán Galeras. Frailejón (superior), Barranco (medio) y Cráter (inferior), en el periodo comprendido entre abril y julio de 2016.	31
Figura 28.	Intensidad del campo magnético Terrestre Total, registrado en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para el mes de julio de 2016. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	31
Figura 29.	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 abril y julio de 2016. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.	32
Figura 30.	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂) Volcán Galeras - mes de julio 2016.	33
Figura 31.	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂), velocidad y dirección del viento - mes de julio 2016.	33
Figura 32.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	35
Figura 33.	Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras - estación telemétrica Lavas – mes de julio 2016.	36
Figura 34.	Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras - estación telemétrica Parques – mes de julio 2016.	36
Figura 35.	Concentración radón difuso en suelo- volcán Galeras - estación telemétrica Los Lirios – mes de julio 2016.	37
Figura 36.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 10 de julio de 2016 a las 4:19 p.m.	38
Figura 37.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 16 de julio a las 7:52 a.m.	38
Figura 38.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el municipio de Consacá el 19 de julio a las 3:38 p.m.	38
Figura 39.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 31 de julio de 2016 a las 6:05 p.m.	39
Figura 40.	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 julio de 2016.	40
Figura 41.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en julio de 2016.	41
Figura 42.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y julio de 2016. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.	42
Figura 43.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.	42

Figura 44.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,5 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	43
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 y el 31 de julio de 2016.	44
Figura 46.	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 y el 31 de julio de 2016.	45
Figura 47.	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 2016 y el 31 de julio de 2016.	45
Figura 48.	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	47
Figura 49.	Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de julio de 2016.	48
Figura 50.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante julio de 2016.	49
Figura 51.	Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de abril y julio de 2016.	50
Figura 52.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	51
Figura 53.	Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.	52
Figura 54.	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.	53
Figura 55.	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 junio de 2014 y el 31 de julio de 2016.	53
Figura 56.	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 31 de julio de 2016.	54
Figura 57.	Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles entre agosto de 2015 y julio de 2016.	55
Figura 58.	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.	56
Figura 59.	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	57
Figura 60.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de julio de 2016. 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.	58
Figura 61.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante julio de 2016.	59
Figura 62.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de	60

	julio de 2016.	
Figura 63.	Componentes de inclinación Norte y Este, 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 y el 31 de julio de 2016.	60
Figura 64.	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 29 de julio de 2016.	61
Figura 65.	Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	63
Figura 66.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de julio de 2016.	64
Figura 67.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	65
Figura 68.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de julio de 2016.	66
Figura 69.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.	66
Figura 70.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.	67
Figura 71.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.	68
Figura 72.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.	69
Figura 73.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.	70
Figura 74.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.	70
Figura 75.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	71
Figura 76.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.	72
Figura 77.	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 y el 31 de julio de 2016.	73
Figura 78.	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 29 de julio de 2016.	74
Figura 79.	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 29 de julio de 2016.	74
Figura 80.	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 29 de julio de 2016.	75
Figura 81.	Intensidad del Campo Magnético Total, de la estación de monitoreo, en la zona de influencia del volcán Azufral, Lobo, para el periodo comprendido entre mayo y julio de 2016.	76
Figura 82.	Intensidad del campo magnético Terrestre total F, registrado en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de	76

	Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para el mes de julio de 2016. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	
Figura 83.	Variación la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Lobo, pertenecientes a la red de monitoreo del volcán Galeras, para periodo comprendido entre mayo y julio de 2016. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.	76
Figura 84.	Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral julio 2016.	79
Figura 85.	Variación de temperatura de las FT de Volcán Azufral – julio 2016.	80
Figura 86.	Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Azufral – julio 2016.	81
Figura 87.	Imagen térmica FT LV N° 1-Volcán Azufral – Julio 2016 2015.	82
Figura 88.	Imagen térmica FT LV San Ramón-Volcán Azufral – Julio 2016.	82
Figura 89.	Imagen térmica FT La Cabaña-Volcán Azufral – Julio 2016.	83
Figura 90.	Imagen térmica FT Salado de Malaver-Volcán Azufral - Julio 2016.	83
Figura 91.	Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufral – Julio 2016.	84
Figura 92.	Imagen térmica FT Tutachag-Volcán Azufral - Julio 2016.	85
Figura 93.	Variación del pH en las FT de Volcán Azufral – julio 2016	85
Figura 94.	Variación en la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Azufral - julio 2016.	86
Figura 95.	Temperatura Domo Mallama-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral-año 2016.	87
Figura 96.	Muestreo de temperatura en fumarolas-Domo Mallama, volcán Azufral.	87
Figura 97.	Imagen registrada por la cámara web ubicada en el sector sur de la Laguna Verde del volcán Azufral el 15 de julio de 2016 a las 7:58 a.m.	88

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en julio de 2016.	14
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2016.	15
Tabla 3.	Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2016.	15
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en julio de 2016.	16
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	16
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 entre el 1 de abril de 2016 y el 31 de julio de 2016, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.	17
Tabla 8.	Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de abril y julio de 2016, resaltando en color verde el mes evaluado.	19
Tabla 9.	Emisión dióxido de azufre a la atmósfera volcán Galeras – mes de julio 2016.	34
Tabla 10.	Valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de julio 2016.	36
Tabla 11.	Valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras – mes de julio 2016.	36
Tabla 12.	Valores de concentración de radón en estación Los Lirios – Volcán Galeras – mes de julio 2016.	37
Tabla 13.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante julio de 2016.	41
Tabla 14.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016 (resaltado en color verde).	41
Tabla 15.	Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	48
Tabla 16.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	49
Tabla 17.	Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.	50
Tabla 18.	Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – julio de 2016.	55
Tabla 19.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en julio de 2016.	58
Tabla 20.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en julio de 2016.	64
Tabla 21.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante julio de 2016.	69
Tabla 22.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.	71
Tabla 23.	Ubicación geográfica fuentes termales del área de influencia del volcán Azufral.	77
Tabla 24.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	81
Tabla 25.	Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral– julio 2016.	86
Tabla 26.	Datos de temperatura fumarolas-Domo Mallama julio 2015	88

RESUMEN

Durante el mes de julio de 2016, la ocurrencia sísmica registrada en el volcán Galeras aumentó en comparación a los valores registrados en junio, mientras que la energía liberada mantuvo niveles similares a los reportados en junio. Los sismos asociados con fracturamiento de material cortical (VT) seguidos por aquellos asociados a movimiento de fluidos de fuente transitoria (LPS) fueron los que aportaron el mayor número. Los eventos asociados con fracturamiento de material cortical fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB), fue posible identificar dos fuentes: los más superficiales se concentraron muy próximos al cono volcánico, a distancias epicentrales menores a 1,5 km, la segunda fuente se ubicó a 2,5 km hacia el sector occidental a profundidades entre 3 y 4,5 km respecto de la cima de Galeras. Las magnitudes calculadas fueron menores a 2.7 en la escala de Richter

Los sensores que monitorean las deformaciones volcánicas continúan mostrando cambios en algunos de los flancos del volcán, siendo más relevante la deformación hacia el lado occidental.

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible evidenciar emisiones de gases durante la mayor parte del mes, 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 movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del sistema volcánico (LP). Comparando la actividad sísmica del periodo evaluado con la del mes anterior, se observa un incremento del 79,6%.

Respecto a la localización de sismos VT e HYB, para el periodo evaluado fue posible localizar 166 sismos, que en su mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter La Plazuela a distancias menores de 2,0 km, desde el centro del Complejo volcánico y a profundidades inferiores a 2,5 km respecto de la cima. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 2,9 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 julio aumentó en 4,5 veces en comparación al mes de junio, pasando de 247 a 1102 sismos. De esta sismicidad fue posible localizar 126 eventos, la mayoría de los cuales se ubicaron hacia el sector sur del volcán Chiles a distancias epicentrales entre 1 y 2,5 km, y profundidades menores a 4 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm); unos cuantos se ubicaron en el cuadrante occidental del volcán Chiles y en menor cantidad hacia el suroriente del volcán a profundidades menores a los 10,5 km y distancias epicentrales menores a 10 km respecto al centro del volcán Chiles. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 2,0 en la escala de Richter, sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada en términos de su raíz cuadrada, observándose que ésta aumentó en comparación a la energía liberada en el mes anterior pasando de $1,9 \times 10^{13}$ ergios a $2,1 \times 10^{14}$ ergios.

Adicionalmente, cabe mencionar que continúan registrándose cambios en la deformación cortical del edificio del volcán Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro durante julio de 2016 permitió mantener el **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

En los volcanes Las Doña Juana y Azufral se tuvo registro de 3 y 17 eventos tipo VT respectivamente, los cuales fueron de bajo nivel energético. Para el volcán Las Ánimas no se tuvo registro de eventos sísmicos.

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 julio de 2016, 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, Doña Juana, Azufral 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 – JULIO DE 2016

1.1. RED DE VIGILANCIA

En julio de 2016 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: cuatro de corto periodo triaxiales y diez de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión acústicos, uno ubicado en el sector occidental en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, el segundo en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Figura 1, Tabla 1).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas en el sitio de la estación sísmica Cráter-2, sector de Barranco Alto, San Felipe al noroccidente, otro hacia el sector de San Cayetano hacia el oriente de Galeras, en el sector de la estación sismológica Ingenio y el último instalado en el sector nororiente de Galeras (Figura 2, Tabla 3).
- Con el fin de monitorear los cambios en la superficie del edificio volcánico de Galeras se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 5 bases y 8 prismas reflectores (Figura 2).
- Tres estaciones de detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) con transmisión telemétrica localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico Cráter (Figura 3, Tabla 5).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo.
- 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. Esta estación se encuentra emplazada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2.

- Dos estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón ($Rn-222$) proveniente del suelo denominadas Lavas y Parques, ubicadas hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán (Tabla 6).

Durante julio de 2016, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 88,8 %, 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.

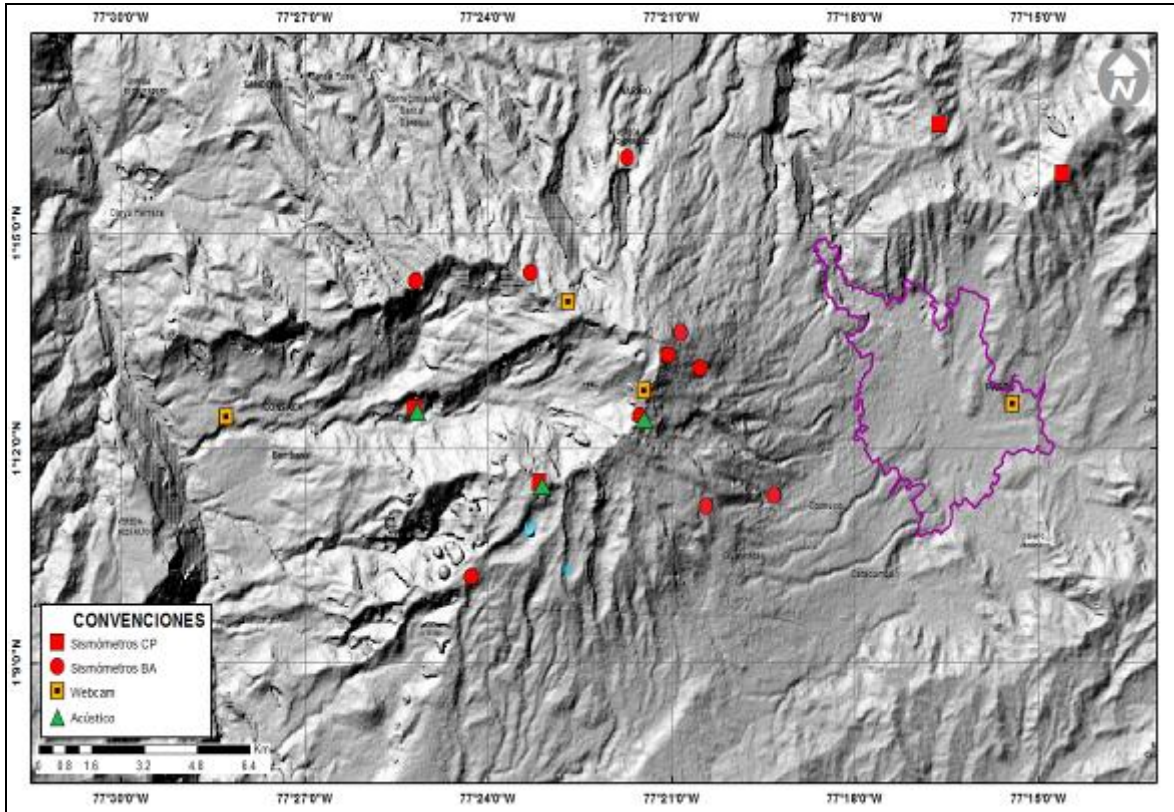


Figura 1. Localización de las estaciones sismicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2016.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en julio de 2016.

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

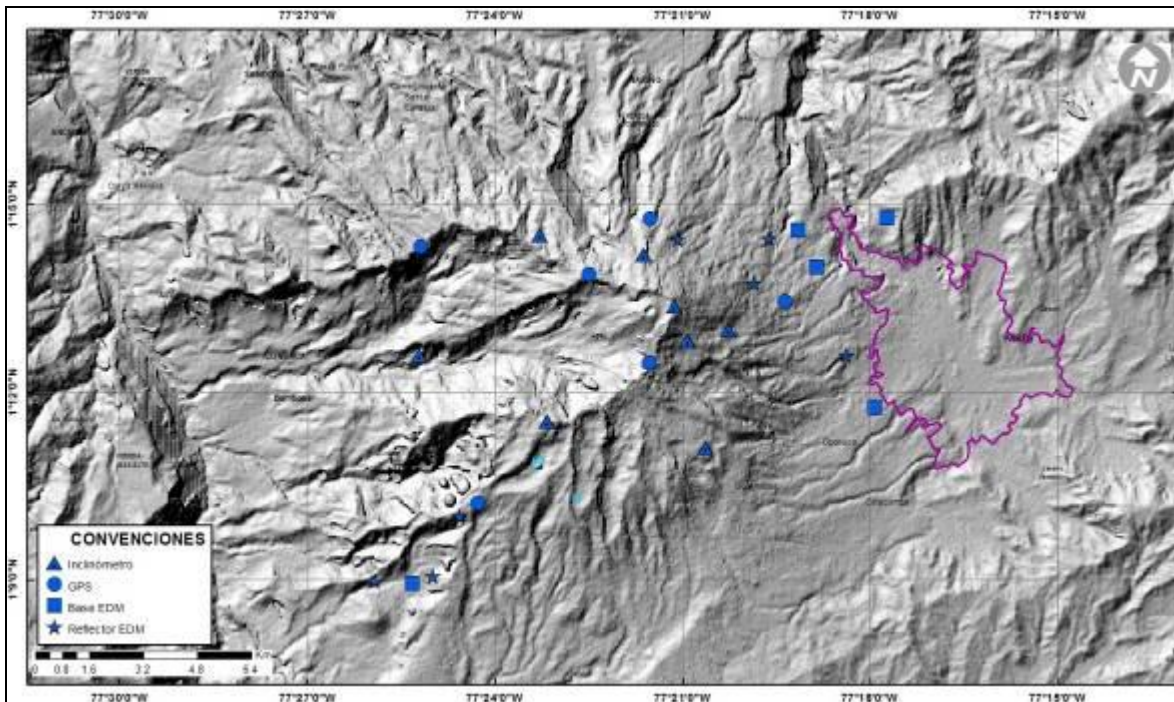


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2016.

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2016.

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 julio de 2016.

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

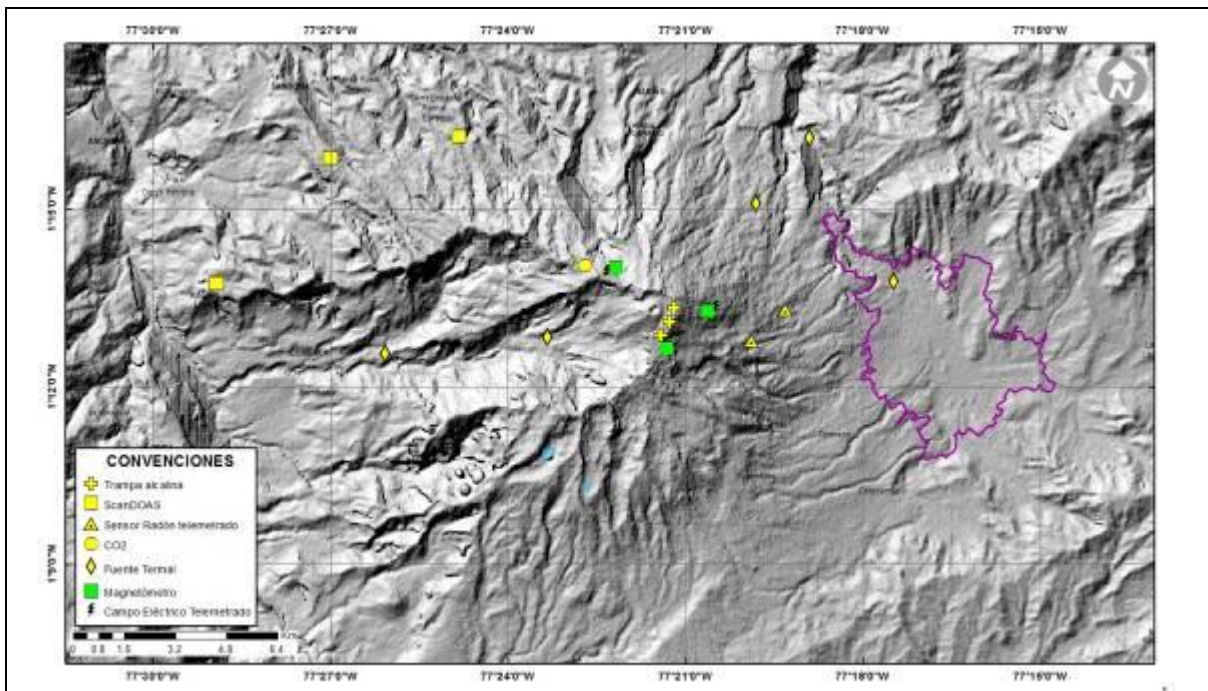


Figura 3. Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2016.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en julio de 2016.

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	3000

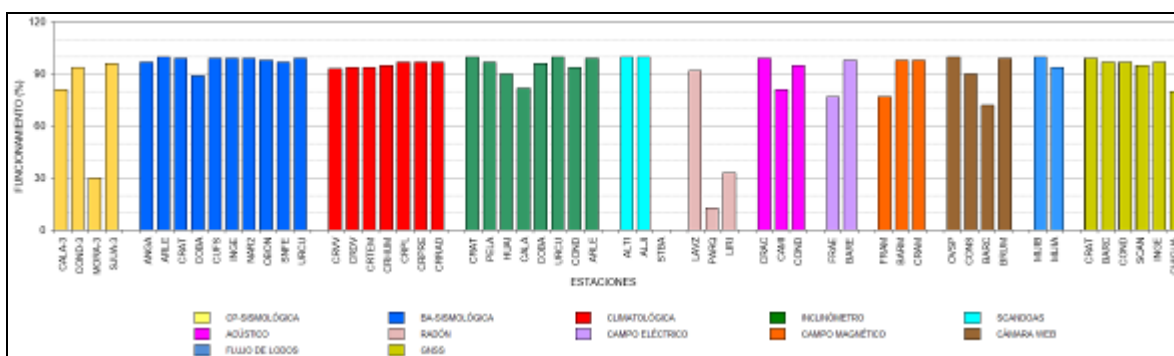


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en julio de 2016.

1.2. SISMOLOGIA

En el mes de julio de 2016, la actividad sísmica de Galeras fue mayor en 2,2 veces respecto al mes de junio de 2016 pasando de 83 a 183 eventos. La sismicidad se caracterizó por el predominio de

eventos asociados con fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica (sismos tipo VT) con un 74,3% del número total de sismos registrados, seguidos en porcentaje de ocurrencia por eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Eventos Tipo LP) y eventos asociados a fracturamiento de material cortical con el consiguiente movimiento de fluidos (sismos tipo HYB) los cuales aportaron con un 15,8 y 9,8% respectivamente. Por su parte, no se tuvo registro de sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente en los conductos o grietas del volcán (tremor volcánico, TRE) (Tabla 7, Figuras 5, 6 y 7). La Figura 5 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de abril de 2016 y el 31 de julio de 2016, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					NO CLASIFICABLES
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL	
01-abr-16 a 30-abr-16	122	45	3	16	186	880
01-may-16 a 31-may-16	97	15	1	17	130	216
01-jun-16 a 30-jun-16	70	7	0	6	83	105
01-jul-16 a 31-jul-16	136	29	0	18	183	431

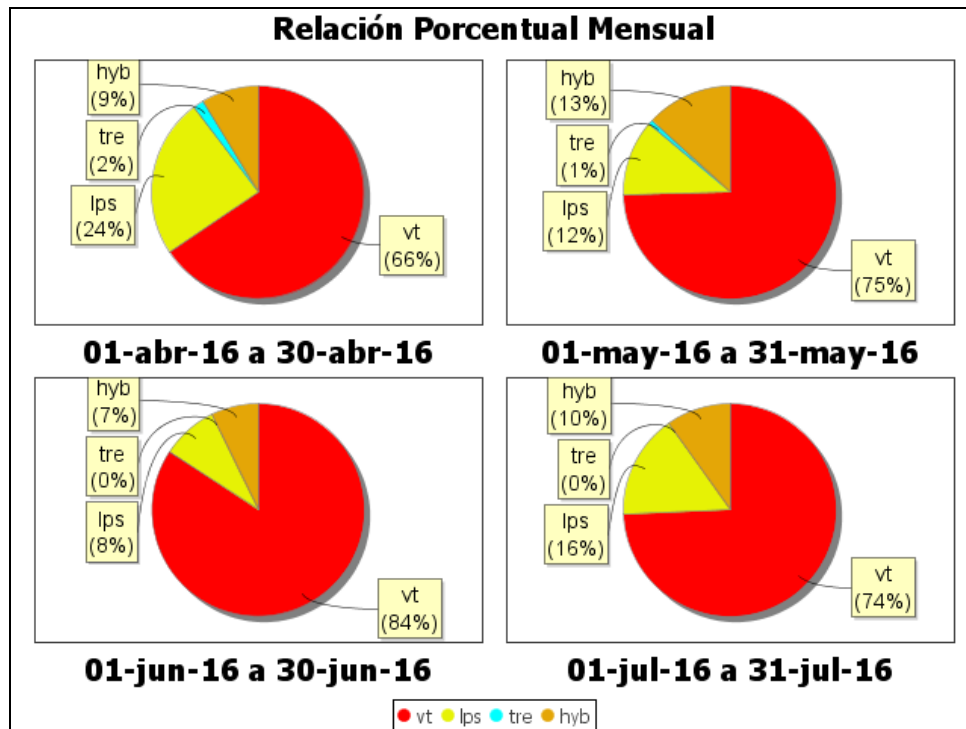


Figura 5. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de abril y julio de 2016.

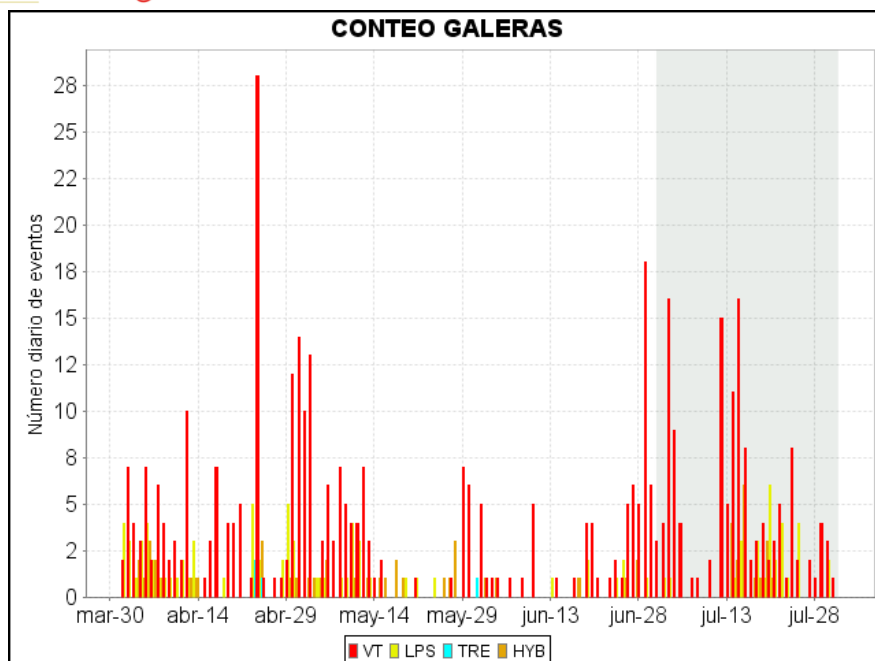


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016. La región sombreada corresponde al mes de julio de 2016.

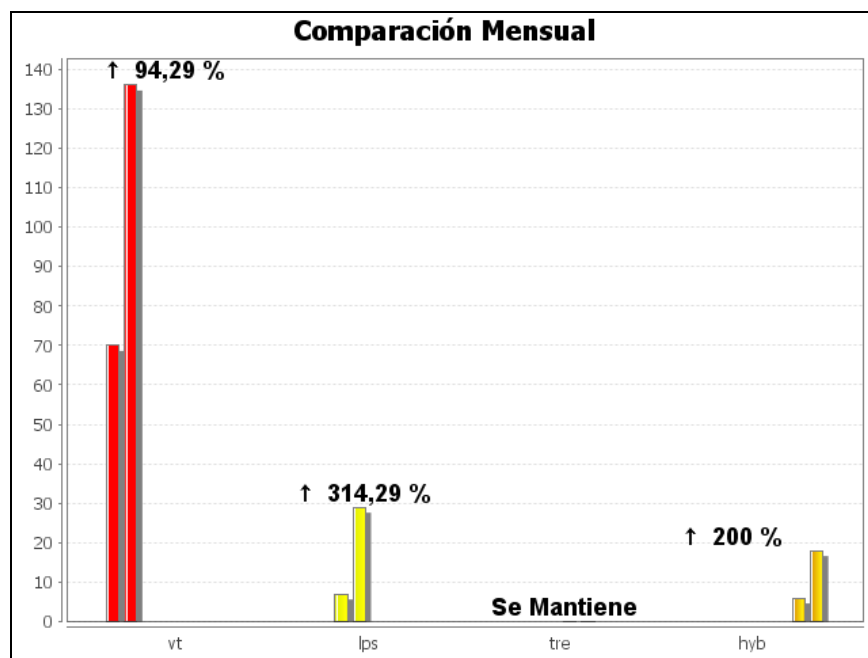


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).

Para el periodo evaluado, el valor total de la energía sísmica liberada mantuvo niveles similares en comparación a lo registrado en junio, alcanzando los $1,43 \times 10^{13}$ ergios. Los eventos que aportaron la

mayor energía fueron los sismos VT con un 99,4%, seguidos por los eventos tipo HYB y LPS con un 0,33% y 0,27% respectivamente (Tabla 8, Figuras 8, 9 y 10).

Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de abril y julio de 2016, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-16 a 30-abr-16	3.37E+13	1.60E+12	1.74E+09	2.32E+11	3.56E+13
01-may-16 a 31-may-16	9.97E+11	3.24E+10	4.13E+08	7.38E+10	1.10E+12
01-jun-16 a 30-jun-16	1.42E+13	4.70E+09	0.00E+00	5.05E+09	1.42E+13
01-jul-16 a 31-jul-16	1.43E+13	3.93E+10	0.00E+00	4.70E+10	1.43E+13

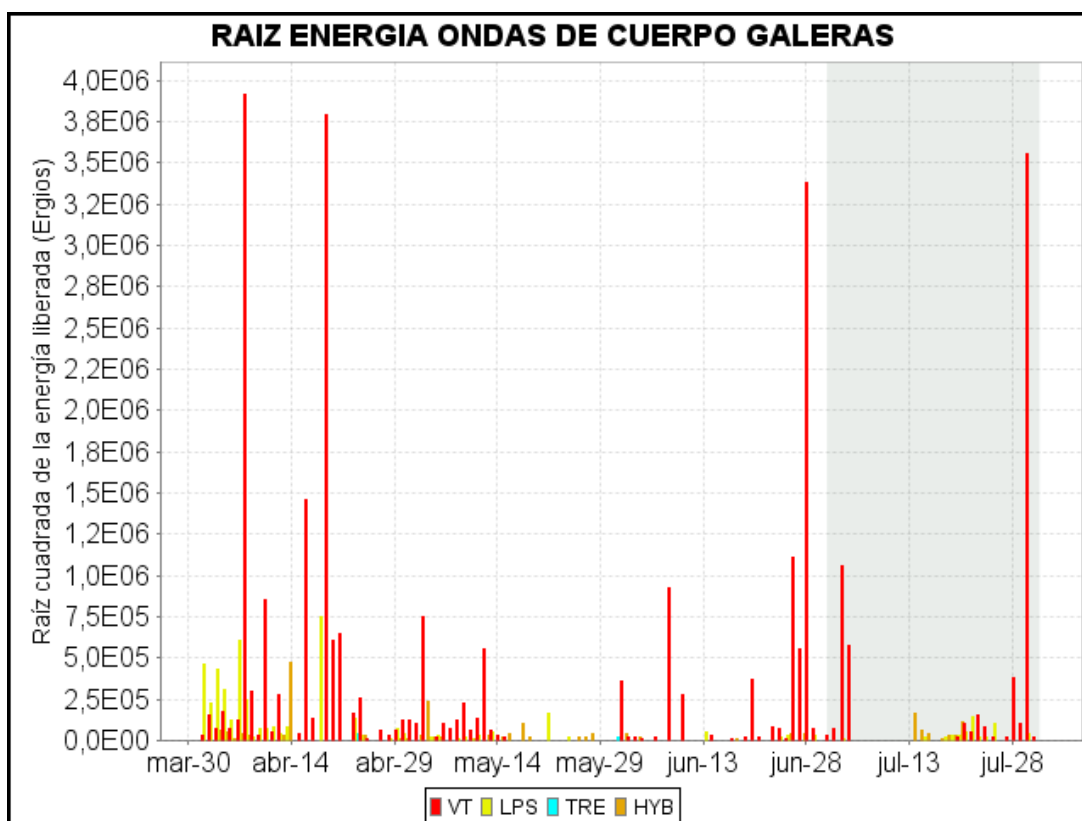


Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.

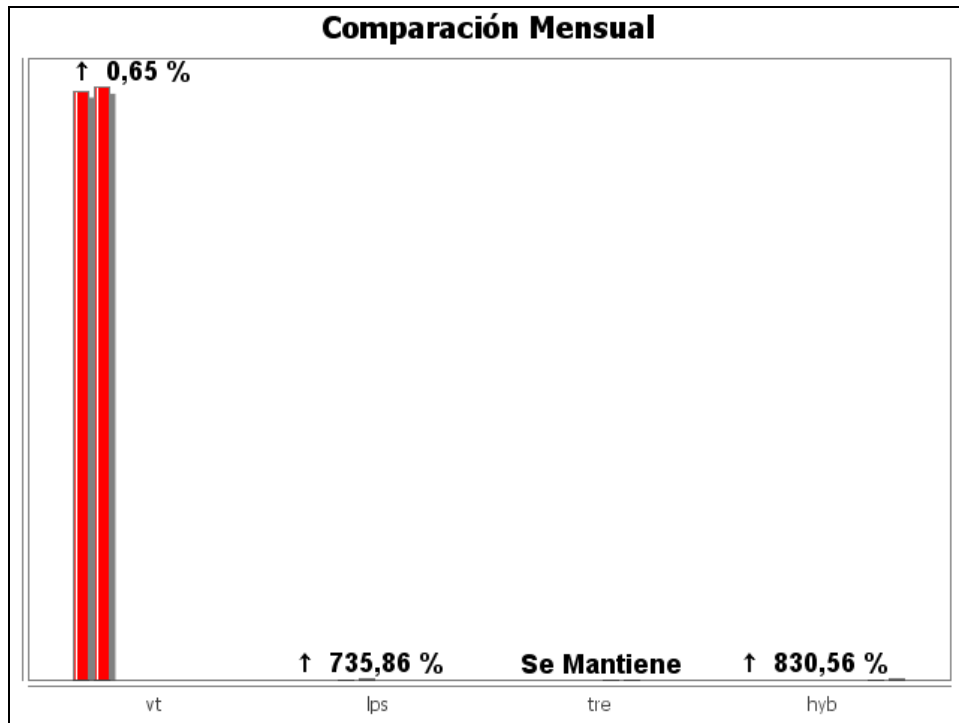


Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para julio de 2016 (barras de la derecha) respecto a junio de 2016 (barras de la izquierda).

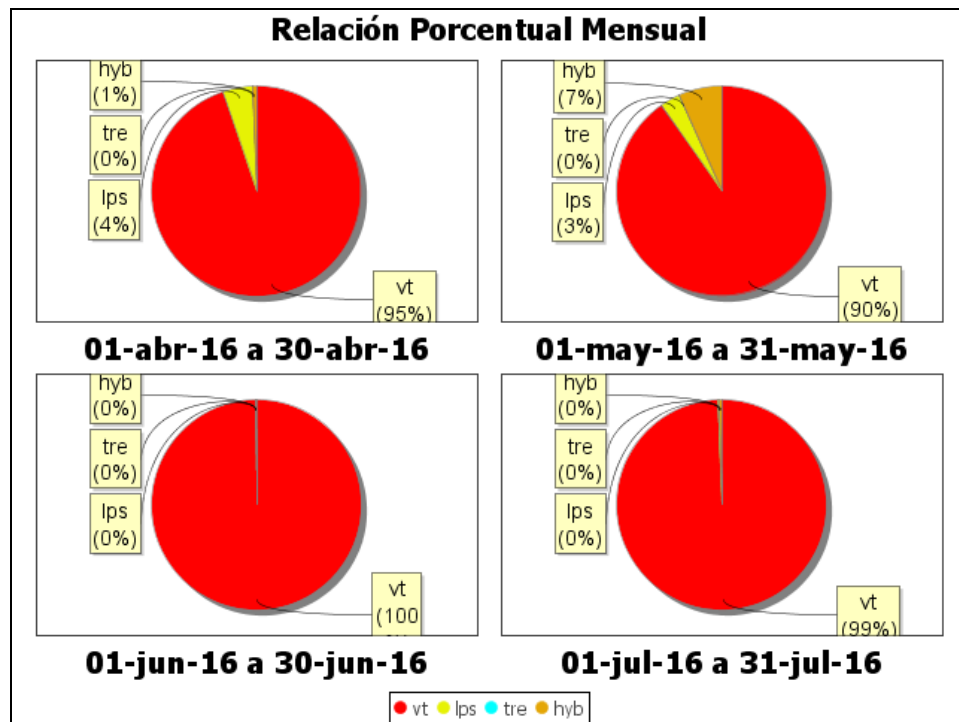


Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde abril a julio de 2016.

La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico fue localizada utilizando la minimización de los residuales de tiempos de arribo de las ondas P y S en las estaciones de monitoreo volcánico de la red de Galeras. Fue posible estimar la localización de 78 sismos, 75 de ellos tipo VT y 3 HYB. De las localizaciones obtenidas es posible identificar dos fuentes: los más superficiales (profundidades menores a 2 km respecto a la cima volcánica – 4276 msnm) se concentraron muy próximos al cono volcánico, a distancias epicentrales menores a 1,5 km, la segunda fuente se ubicó a 2,5 km hacia el sector occidental a profundidades entre 3 y 4,5 km respecto de la cima de Galeras. Algunos de los eventos se ubicaron hacia el sector nororiental a menos de 10 km de distancia y a profundidades de hasta 8 km respecto a la cima. Las magnitudes calculadas fueron menores a 2,7 en la escala de Richter (Figura 11). Se destaca que el evento registrado el 30 de julio a las 4:39 p.m. de magnitud 2.7 y localizado a 9,3 km al nororiente de Galeras a una profundidad de 8 km respecto a la cima fue reportado como sentido por algunos habitantes de la ciudad de Pasto.

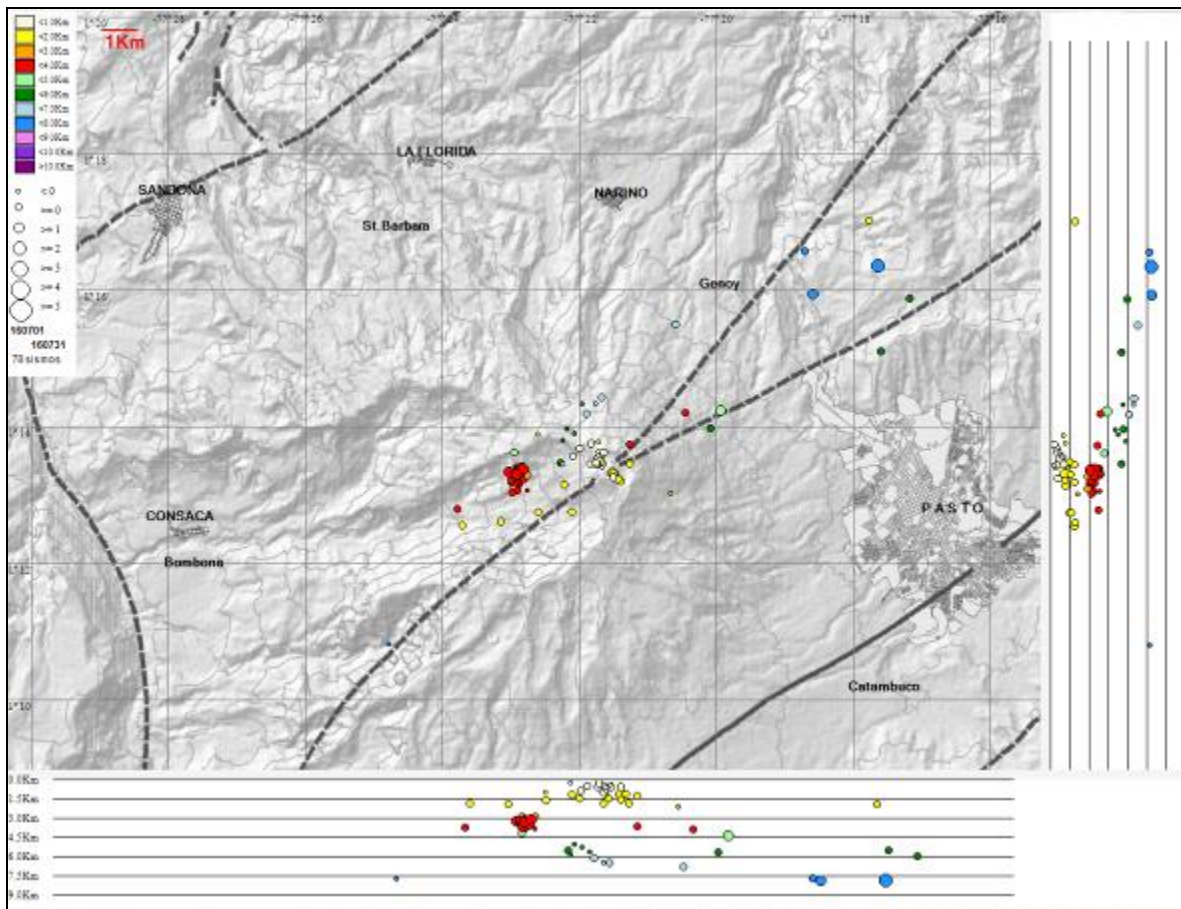


Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 1,5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).

1.3. DEFORMACIÓN

1.3.1. Estaciones de Inclínometría Electrónica

En el mes de julio de 2016 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 deformación registrada por los equipos instalados en el edificio volcánico, se analiza por periodos de cambios y se resume a continuación. El comportamiento de los inclinómetros Cráter, Cóndor y Arlés, continúa estable, con variaciones que se asocian a los cambios de temperatura de la zona y al sistema de alimentación (Figuras 12, 13 y 14).

El inclinómetro Huairatola, está indicando en su componente Radial un cambio aproximado de 35 μrad , con una tendencia ascendente; su componente Tangencial muestra estabilidad (Figura 15). La componente de inclinación Tangencial de Peladitos presenta un registro estable, la componente Radial, entre septiembre de 2014 y mayo de 2016 indicó una tendencia estable, posteriormente se observa una tendencia ascendente de unos 10 μrad (Figura 16). El inclinómetro Calabozo, mantiene su tendencia estable en su componente Este, y en la componente Norte, su tendencia ascendente acumulando hasta la fecha unos 400 μrad (Figura 17). En Cobanegra continua el comportamiento ascendente en la componente Norte, cercano a los 100 μrad , en la Este se aprecia un ligero descenso de 20 μrad hasta octubre de 2015, posteriormente una tendencia ascendente cercada a los 25 μrad hasta febrero de 2016, seguido de una estabilidad hasta la fecha (Figura 18). En Urcunina se realizó mantenimiento y se debe esperar un tiempo prudencial para su estabilización.

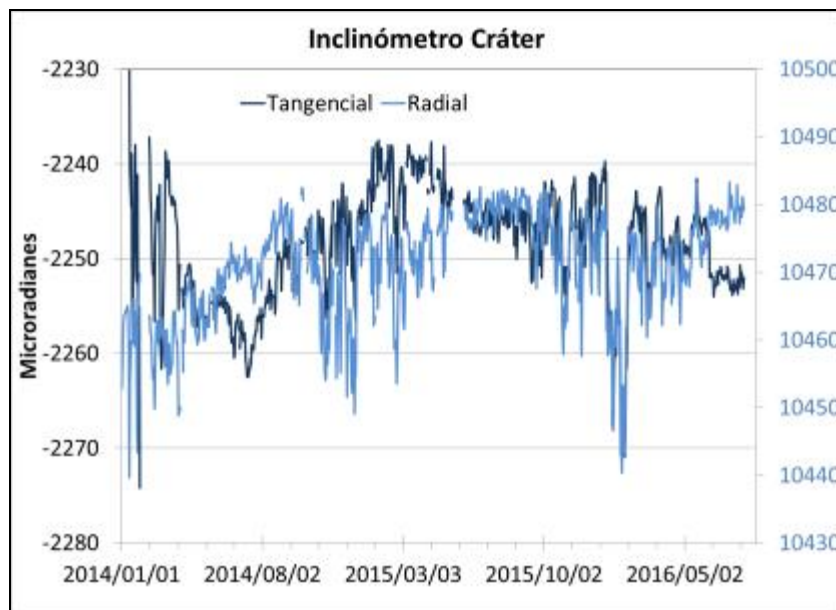


Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.

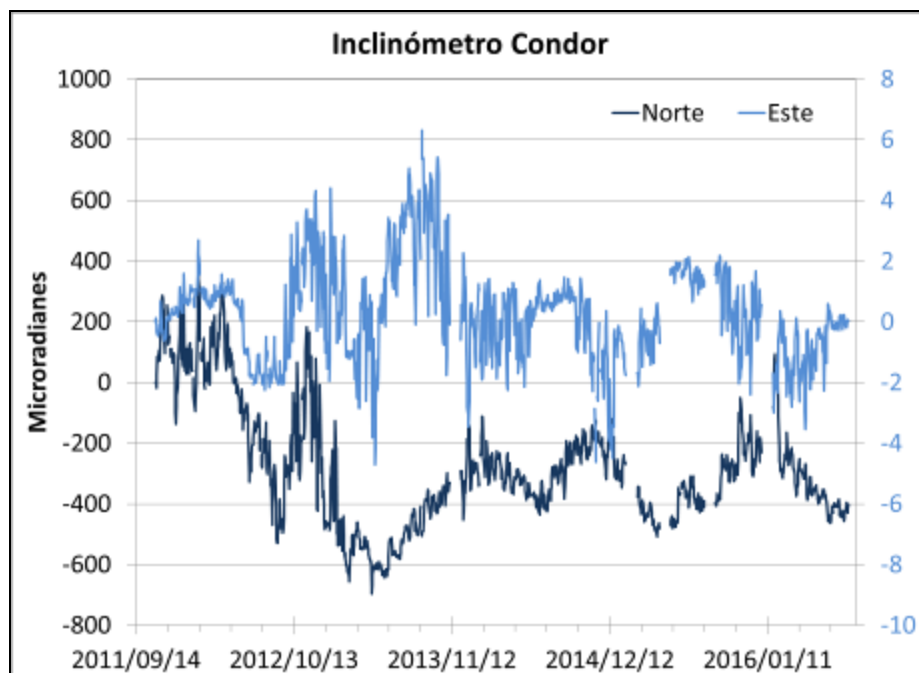


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 14 de septiembre de 2011 y el 31 de julio de 2016.

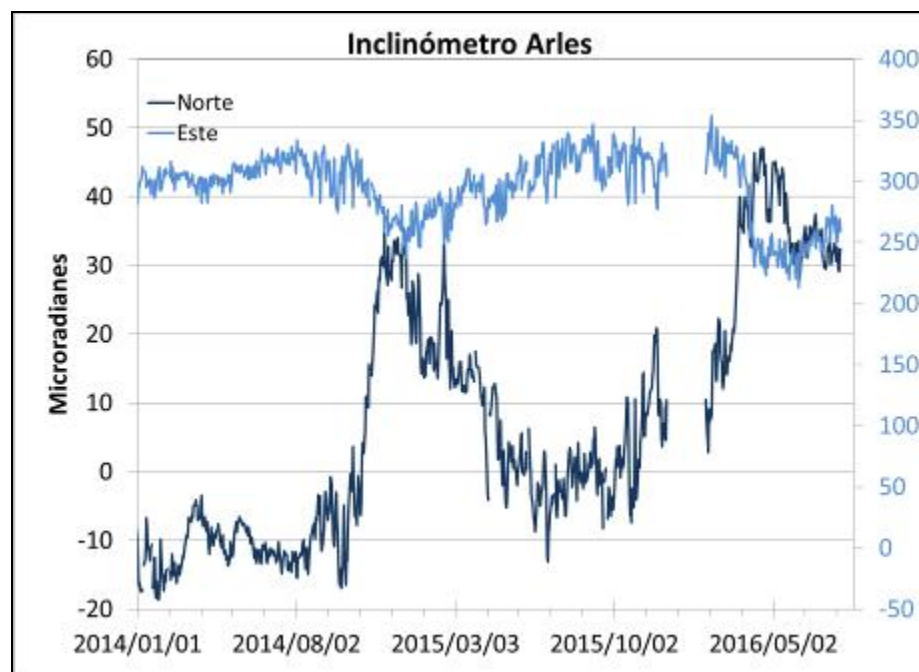


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.

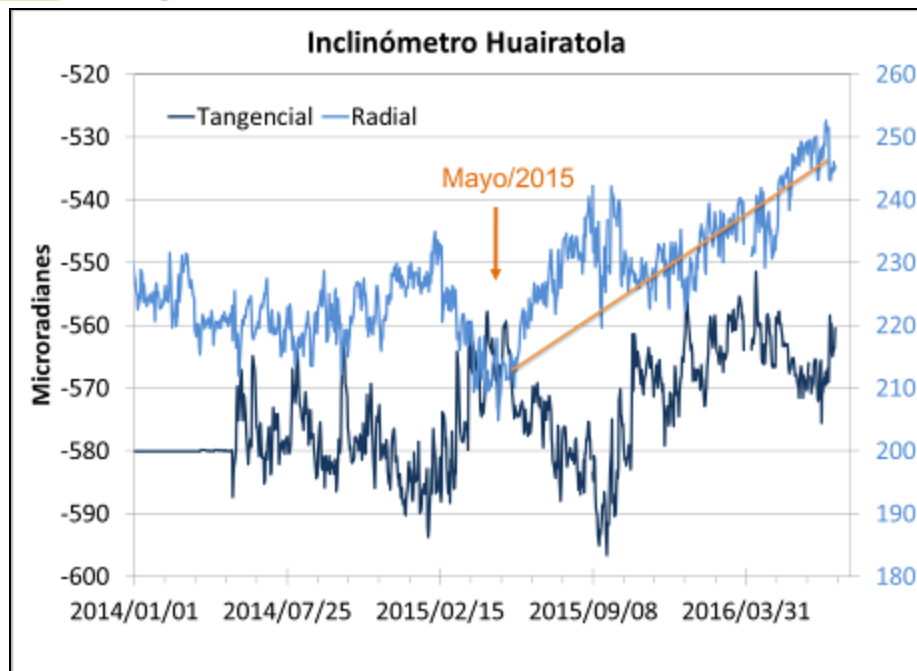


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de julio de 2016.

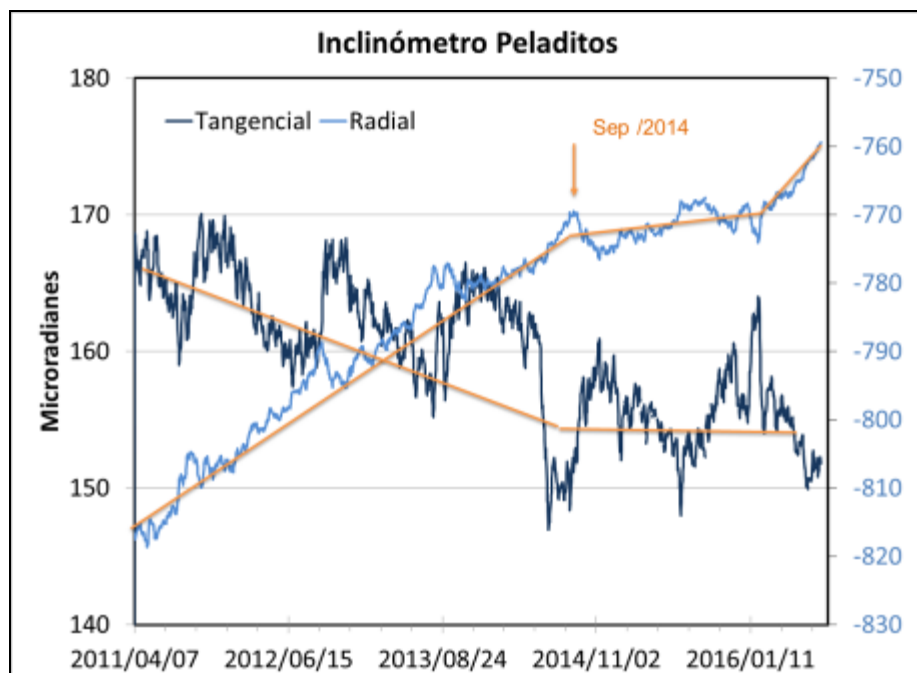


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de abril de 2011 y el 31 de julio de 2016.

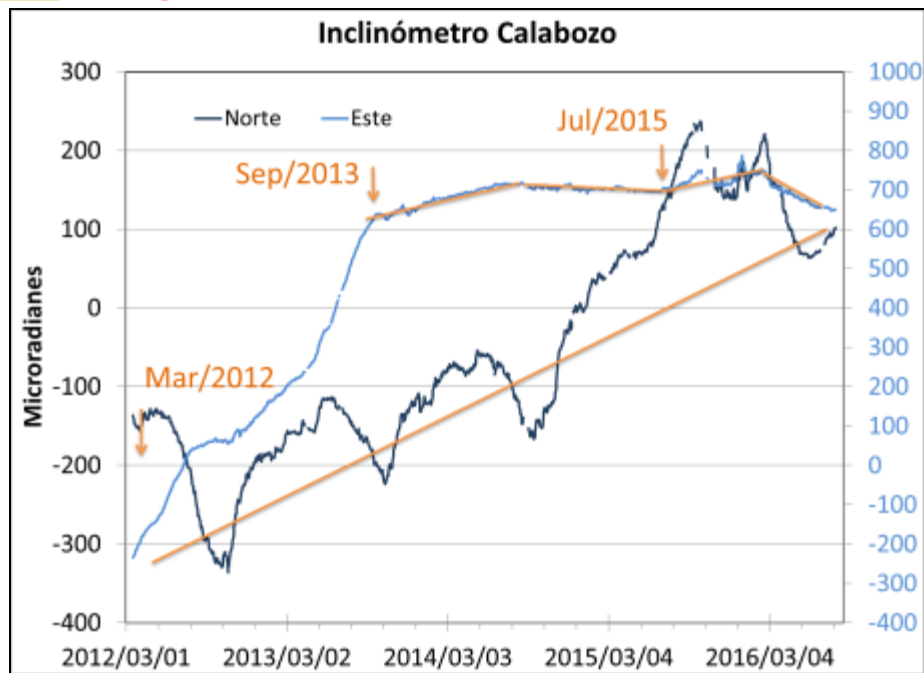


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2012 y el 31 de julio de 2016.

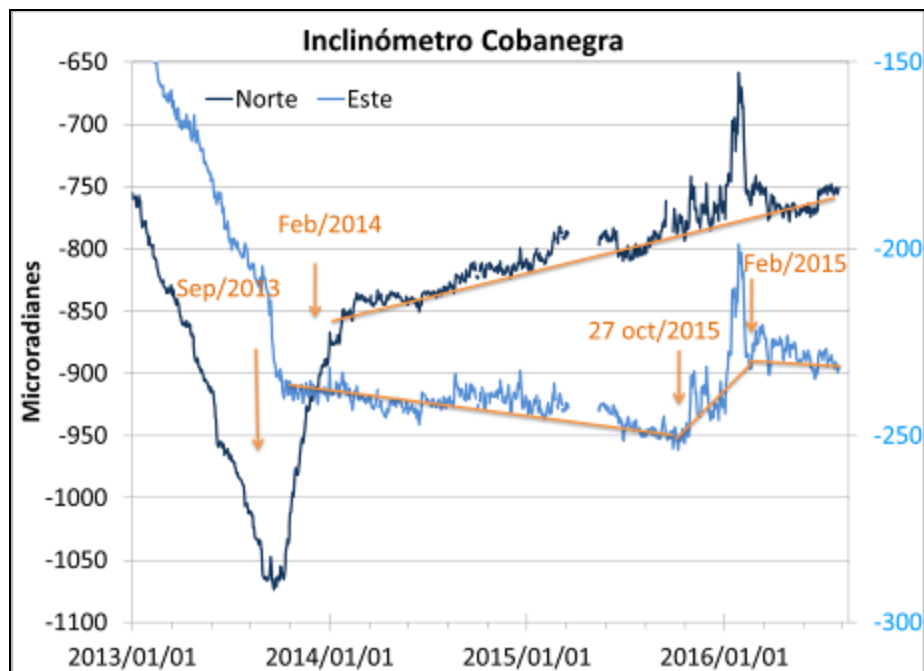


Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de julio de 2016.

1.3.2. Estaciones GNSS permanentes

En julio de 2016 se contó con el registro de seis estaciones receptoras GNSS permanentes. Los GNSS Cráter y Barranco se instalaron en agosto y octubre de 2011 respectivamente, San Cayetano, en octubre de 2012, las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014 y Cóndor se reinstaló el 21 de febrero de 2015.

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 19 a 24, se indica el comportamiento de las direcciones de los GNSS instalados en Galeras.

En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura. La dirección Norte 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 y que puede verificarse en el registro presente en la dirección Norte de la estación QUILL, ubicada fuera del edificio volcánico de Galeras, en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano (Figura 25).

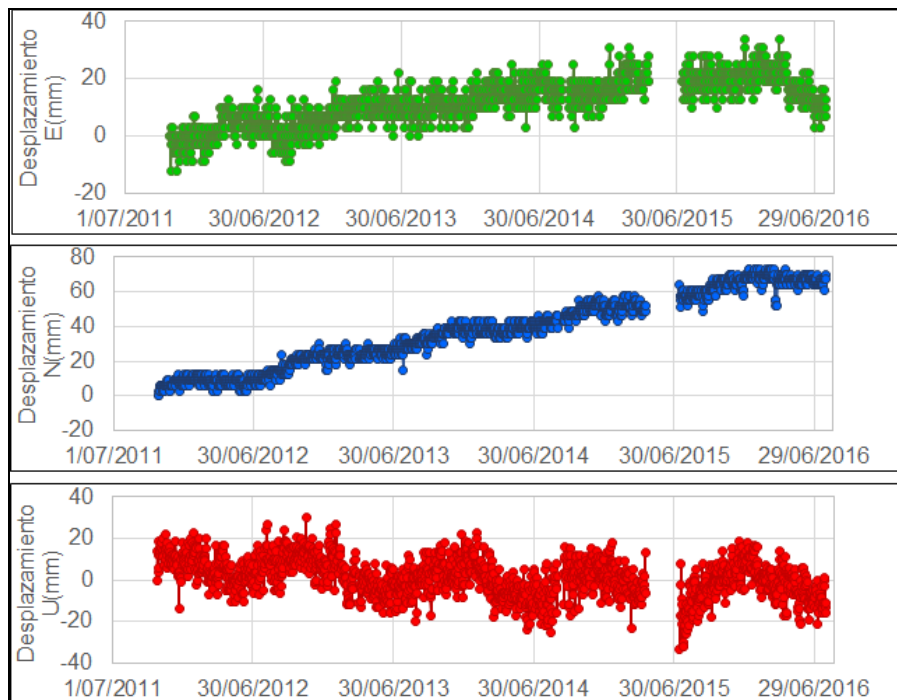


Figura 19. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 26 de octubre de 2011 y el 29 de julio de 2016.

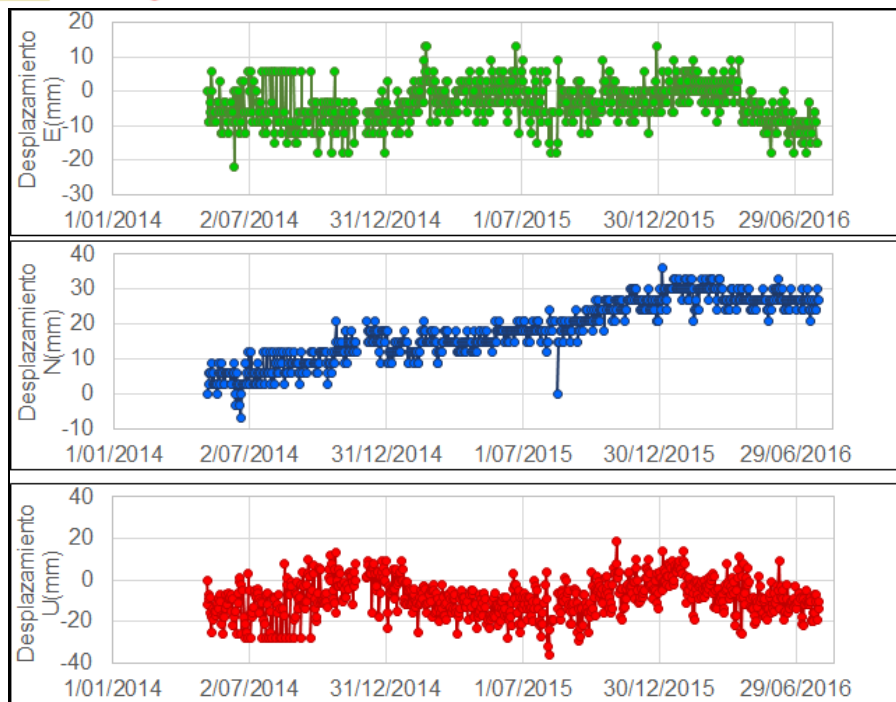


Figura 20. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 29 de julio de 2016.

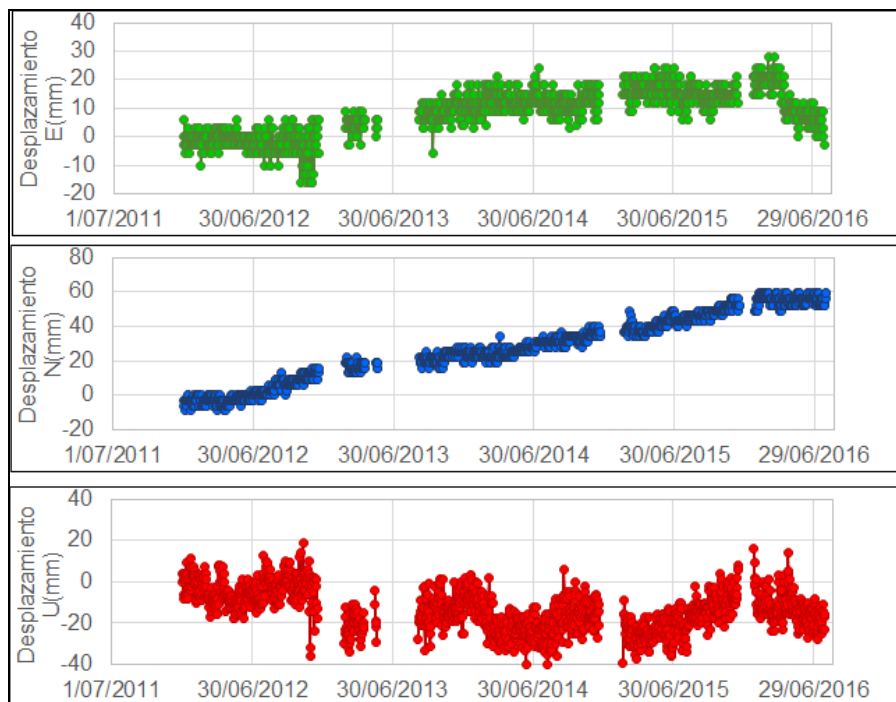


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 29 de diciembre de 2011 y el 29 de julio de 2016.

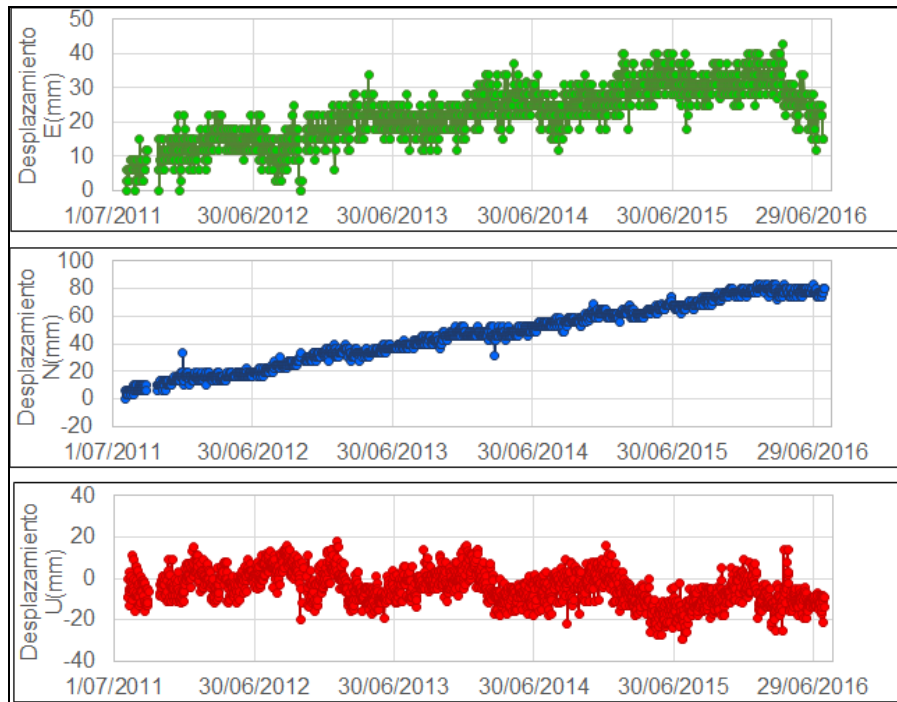


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 4 de agosto de 2011 y el 29 de julio de 2016.

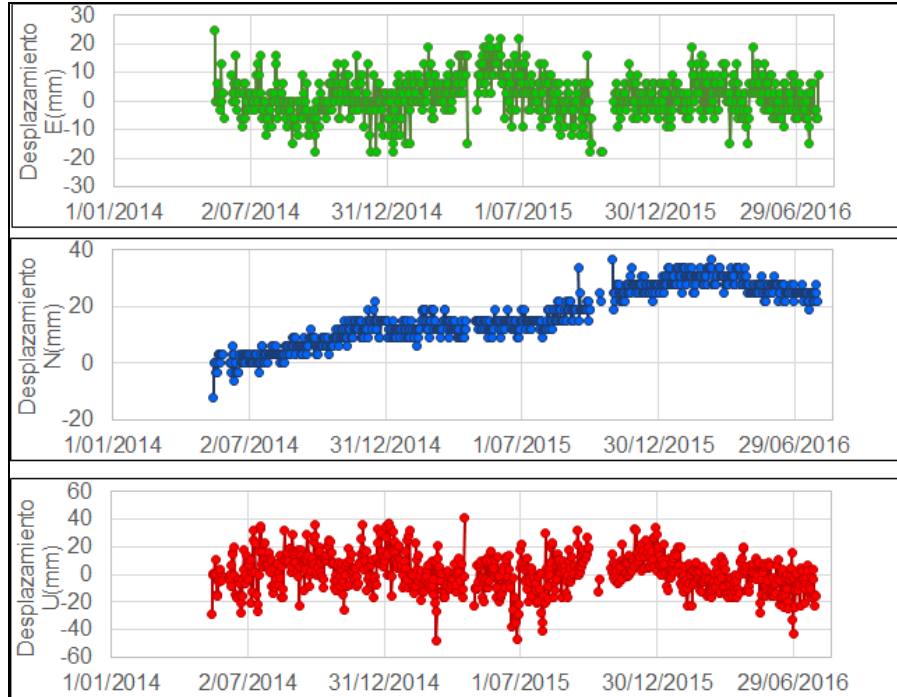


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 15 de mayo de 2014 y el 29 de julio de 2016.

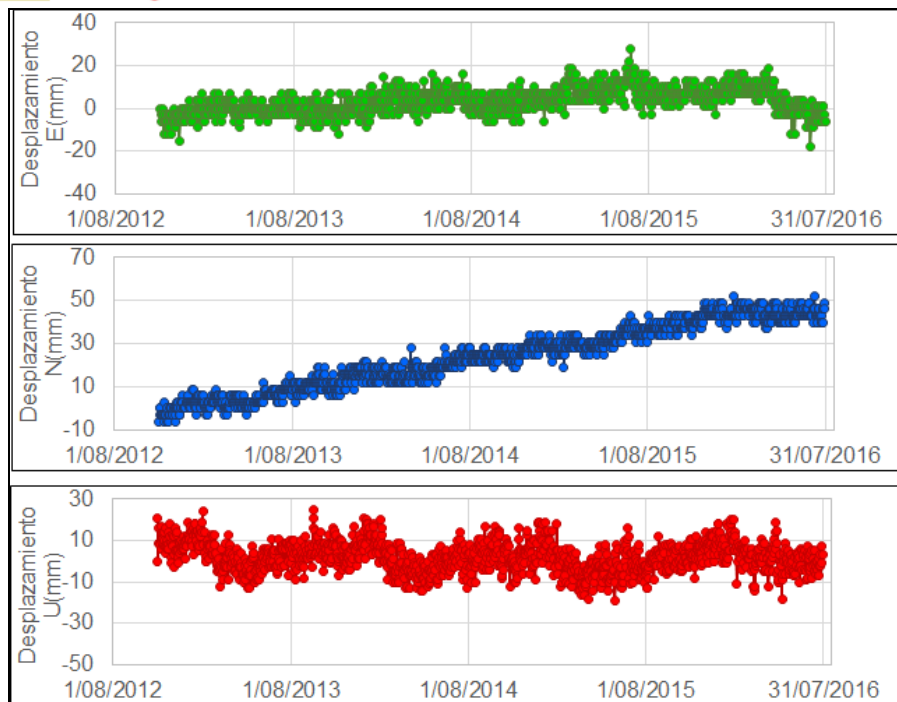


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 31 de octubre de 2012 y el 29 de julio de 2016.

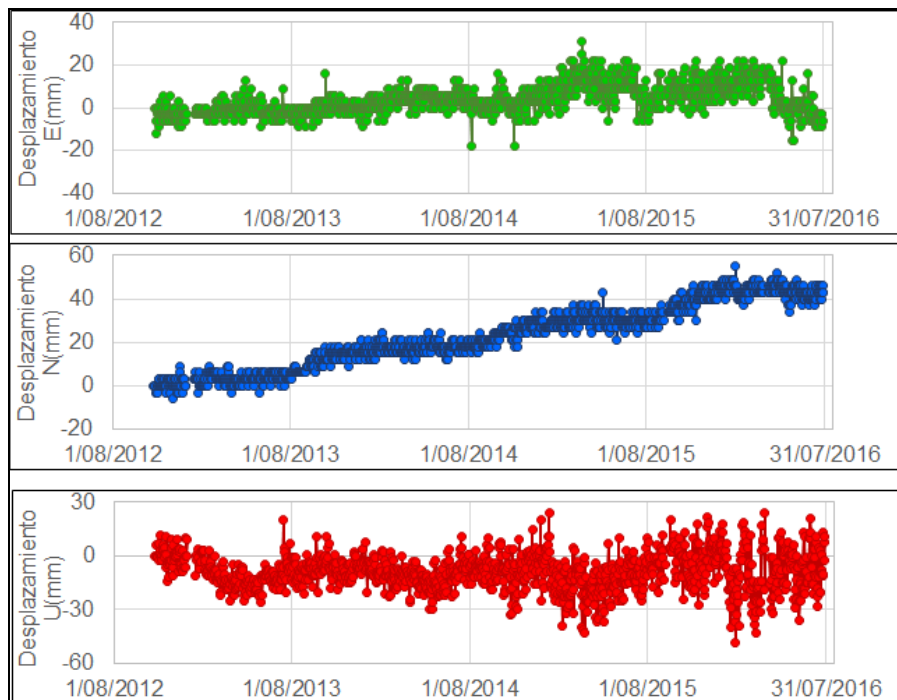


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quill instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, en el Municipio de Chachagüí, Departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre el 25 de octubre de 2012 y el 29 de julio de 2016.

1.3.3. Medición electrónica de distancias EDM

En el periodo evaluado se realizó la ocupación de tres bases de medición, obteniendo 7 medidas de distancia inclinada, los resultados se muestran en la Figura 26.

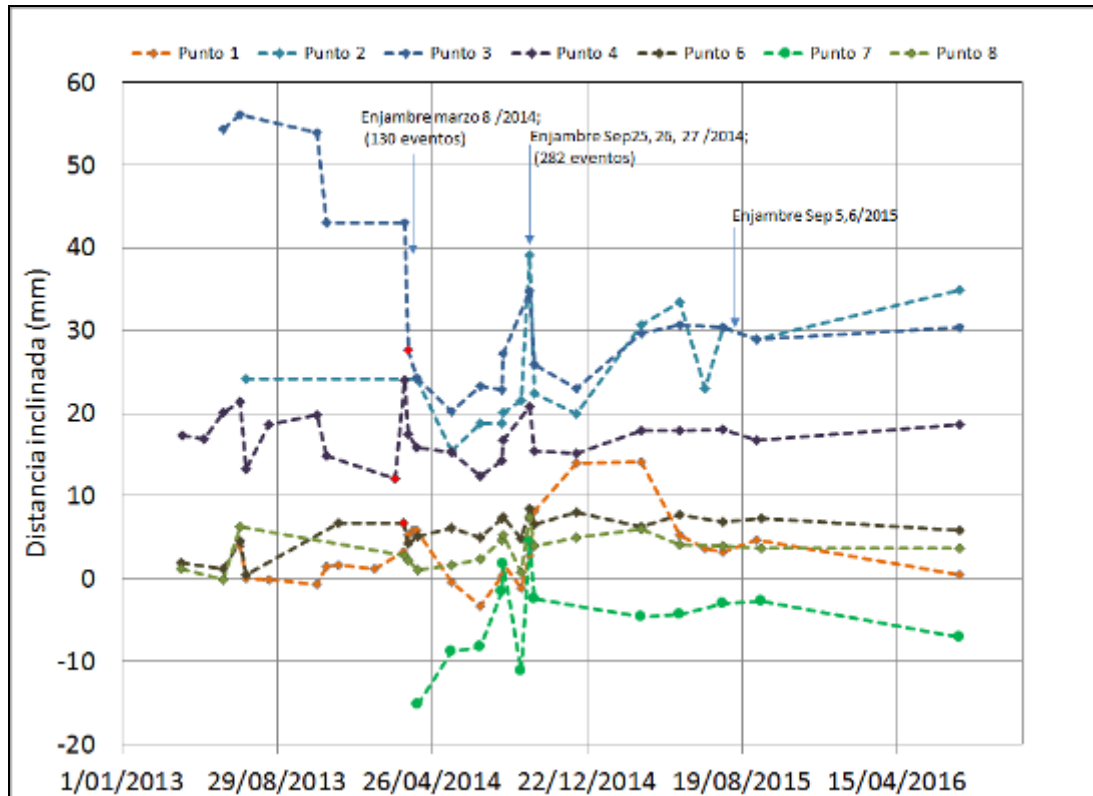


Figura 26. Medidas de distancia obtenidas al realizar la ocupación de las diferentes Bases de medición, medidas de control entre los puntos definidos como Bases y los prismas reflectores ubicados sobre la superficie del Volcán Galeras.

1.4. ELECTROMAGNETISMO

Para el mes de julio de 2016, el monitoreo electromagnético en la zona de influencia del volcán Galeras, se realizó con los registros de dos estaciones eléctricas y tres estaciones magnéticas, donde las estaciones de Frailejón y Barranco tienen sensores eléctricos y magnéticos y, Cráter solamente con sensor magnético.

En general, los sensores de monitoreo magnético en Galeras muestran variaciones asociadas principalmente con los efectos día-noche (Figura 27), y se hace evidente la influencia de la actividad del Campo Magnético Terrestre, de acuerdo con los registros de la estación magnética de Kourou, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa - Figura 28). En el mes de julio, 2016, no se destaca actividad asociada con procesos volcánicos, teniendo en cuenta, además, que la actividad del volcán no presentó eventos resaltables. La estación magnética Frailejón varió en un

rango de 291 nT, con un valor promedio del campo total, para el mes de julio, de 28.560 nT (Figura 27). La estación magnética Barranco varió en un rango de 100 nT, con un valor promedio del campo total, para el mes de julio, de 28.370 nT, sin considerar el pulso que se presentó el 21 de julio, que fue más evidente en esta estación, y que se verifica, con la estación de control de actividad externa, Kourou, que corresponde a actividad propia del campo externo (Figura 27). La estación magnética Cráter varió en un rango de 107 nT, con un valor promedio del campo total, para el mes de julio, de 33.367 nT (Figura 27).

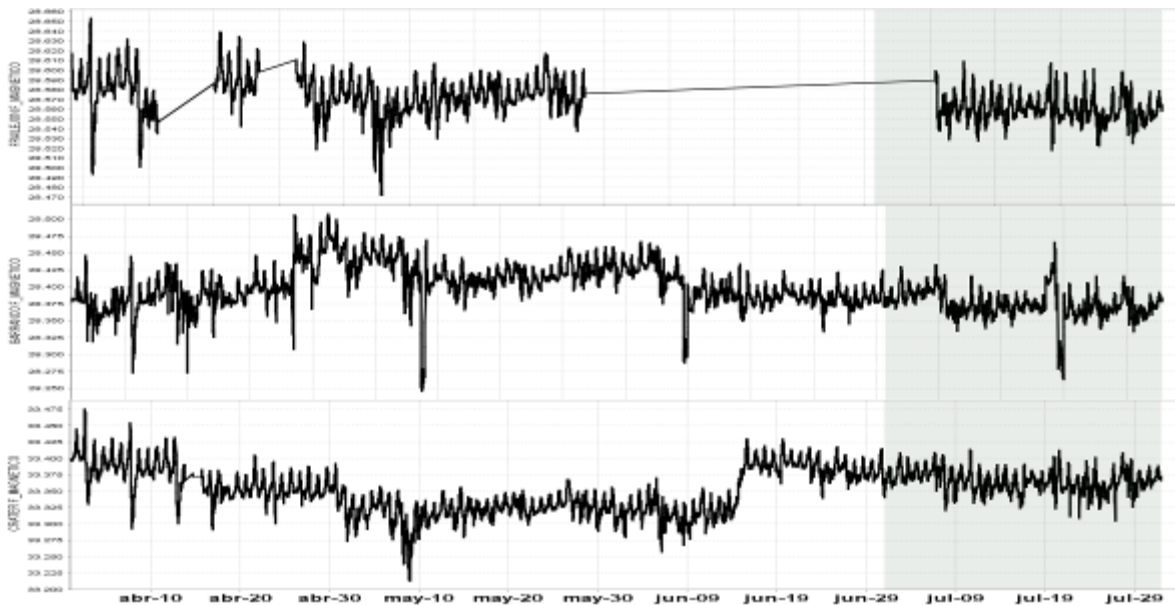


Figura 27. Intensidad del Campo Magnético Total, de las estaciones de monitoreo, en la zona de influencia del volcán Galeras. Frailejón (superior), Barranco (medio) y Cráter (inferior), en el periodo comprendido entre abril y julio de 2016.

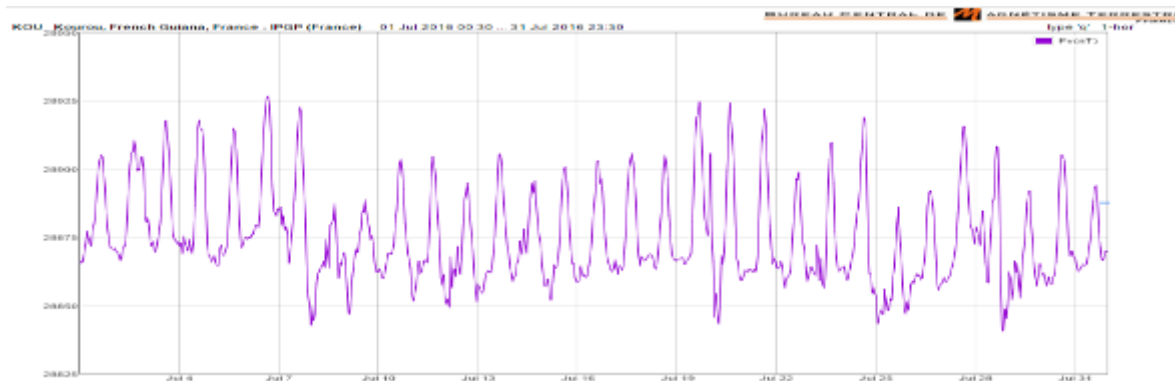


Figura 28. Intensidad del campo magnético Terrestre Total, registrado en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para el mes de julio de 2016. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

El campo eléctrico horizontal de los sensores eléctricos de la estación Frailejón, posterior a su reinstalación a inicios del mes de julio, mostró una tendencia ligeramente ascendente, con un rango de variación de 18 mV, que se considera como bajo, para una zona volcánica activa, y un valor promedio de campo de 182 mV. En Barranco, el comportamiento de la componente horizontal del

campo eléctrico muestra un comportamiento más estable, con un rango de variación de 31 mV, y un valor promedio del campo de 257 mV. En general estos son rangos bajos de variación para zonas volcánicas activas (Figura 29).

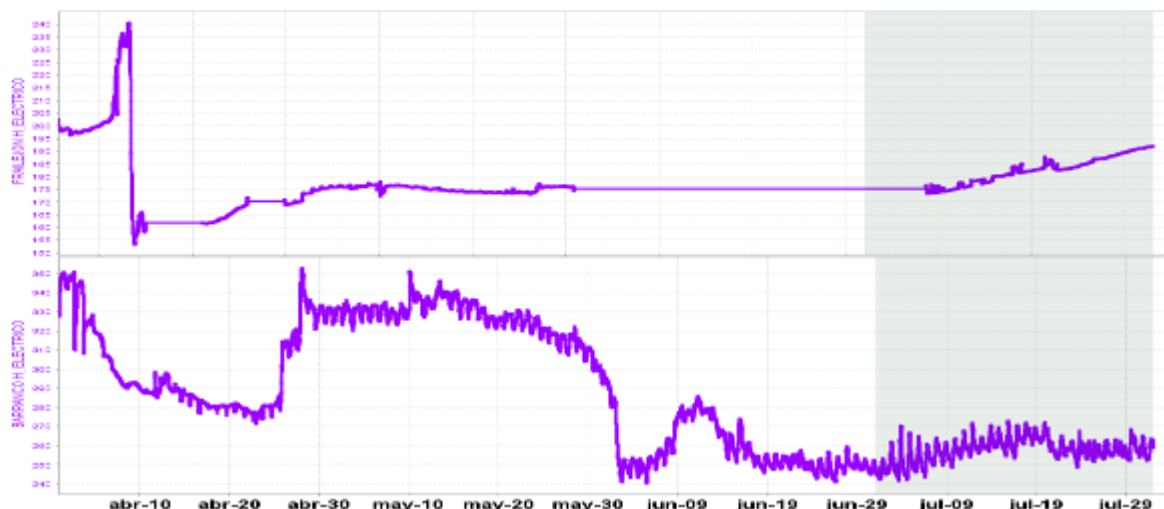


Figura 29. Variaciones de la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Frailejón (superior) y Barranco (inferior), pertenecientes a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el periodo entre abril y julio de 2016. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.

1.5. GEOQUIMICA.

1.5.1. Muestreo de gases de origen volcánico en el Volcán Galeras

1.5.1.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de SCANDOAS (Figura 3, tabla 4): Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para la captura de moléculas de dióxido de azufre (SO₂), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo del volcán Galeras.

El SCANDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial, diseñado para medir la emisión de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, éstas señales son el espectro para la evaluación del gas. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-020).

Se registran escaneos durante todos los días del mes de julio del 2016, para las estaciones Alto Jiménez y Alto Tinajillas, de la estación Santa Bárbara aún no se tiene registro de escaneos; los valores para emisión de SO₂ a la atmósfera se encuentran entre 501 y 2066 Ton/día, valores considerados como moderados y altos para el volcán Galeras (Figura 30 y 31, Tabla 9).

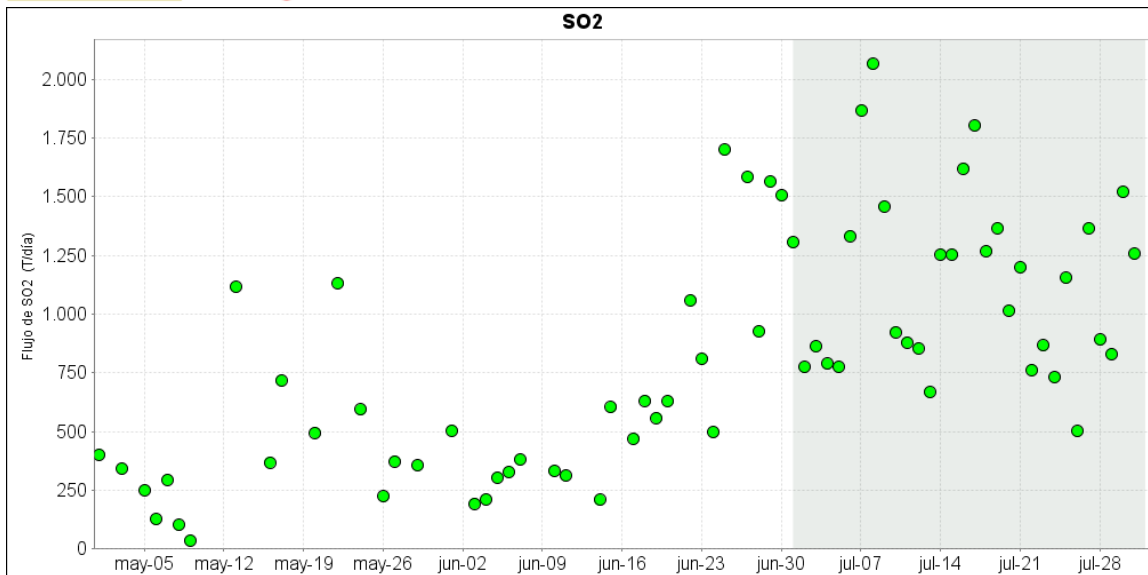


Figura 30. Flujo de dióxido de azufre (SO₂) Volcán Galeras - mes de julio 2016.

Para este periodo se evidencia un proceso de desgasificación importante en comparación con meses anteriores, comportamiento similar al de la última semana del mes de junio de 2016, tal y como se observa en la Figura 30, fue posible observar actividad superficial en Galeras desde las cámaras web instaladas en cercanías al volcán. Los valores de SO₂ considerados como altos, se podrían asociar principalmente al incremento de actividad sísmica presentada desde la última semana de junio. También se presentaron altos valores de velocidad del viento durante el periodo evaluado, el cual alcanzaron los 15 m/s. La dirección del viento fue variable durante el mes de junio. El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras durante el mes, se presenta el día 8 de julio de 2016 con un valor de 2066 Ton/día, considerado flujo alto para el volcán Galeras.

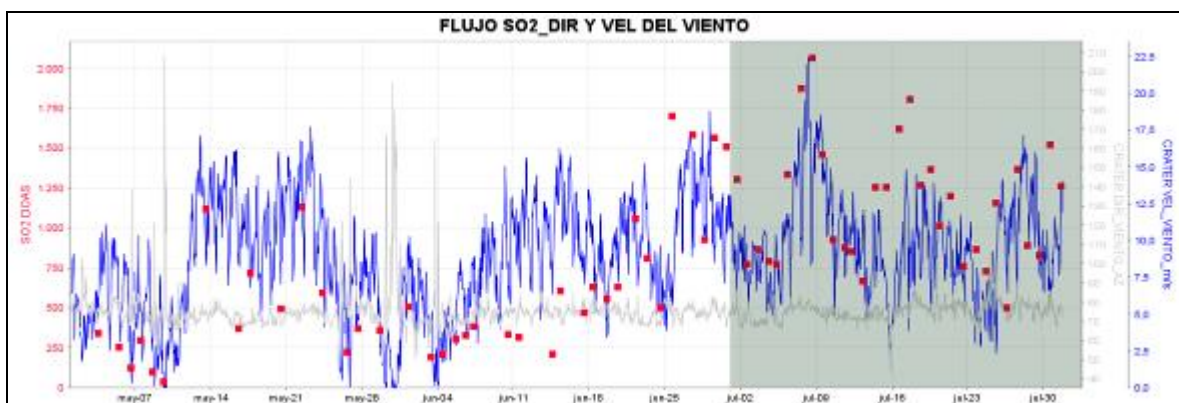


Figura 31. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento - mes de julio 2016.

Tabla 9. Emisión dióxido de azufre a la atmósfera volcán Galeras – mes de julio 2016.

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario	Estación de registro	Instrumento
01-jul-16	03:49 PM	74	10	1306	Alto Tinajillas	SCANDOAS
02-jul-16	01:32 PM	78	7	774	Alto Tinajillas	SCANDOAS
03-jul-16	03:47 PM	70	7	862	Alto Tinajillas	SCANDOAS
04-jul-16	03:41 PM	78	7	788	Alto Tinajillas	SCANDOAS
05-jul-16	07:44 AM	67	8	775	Alto Tinajillas	SCANDOAS
06-jul-16	07:47 AM	77	10	1333	Alto Tinajillas	SCANDOAS
07-jul-16	03:33 PM	76	14	1869	Alto Tinajillas	SCANDOAS
08-jul-16	03:45 PM	76	15	2066	Alto Tinajillas	SCANDOAS
09-jul-16	12:17 PM	75	7	1459	Alto Jimenez	SCANDOAS
10-jul-16	01:40 PM	73	11	924	Alto Tinajillas	SCANDOAS
11-jul-16	03:56 PM	70	9	880	Alto Tinajillas	SCANDOAS
12-jul-16	07:26 AM	71	11	854	Alto Tinajillas	SCANDOAS
13-jul-16	07:02 AM	75	7	667.8	Alto Tinajillas	SCANDOAS
14-jul-16	12:32 PM	77	12	1254	Alto Tinajillas	SCANDOAS
15-jul-16	11:09 AM	78	4	1254	Alto Jimenez	SCANDOAS
16-jul-16	04:10 PM	77	9	1621	Alto Tinajillas	SCANDOAS
17-jul-16	03:11 PM	77	10	1803	Alto Tinajillas	SCANDOAS
18-jul-16	03:07 PM	76	9	1268	Alto Tinajillas	SCANDOAS
19-jul-16	03:00 PM	75	14	1367	Alto Jimenez	SCANDOAS
20-jul-16	10:46 AM	76	11	1015	Alto Jimenez	SCANDOAS
21-jul-16	09:28 AM	77	9	1199	Alto Tinajillas	SCANDOAS
22-jul-16	02:25 PM	77	9	762	Alto Tinajillas	SCANDOAS
23-jul-16	07:57 PM	70	5	866	Alto Tinajillas	SCANDOAS
24-jul-16	05:15 PM	78	6	731	Alto Tinajillas	SCANDOAS
25-jul-16	03:03 PM	80	12	1154	Alto Tinajillas	SCANDOAS
26-jul-16	02:35 PM	71	9	501	Alto Tinajillas	SCANDOAS
27-jul-16	02:29 PM	71	11	1366	Alto Tinajillas	SCANDOAS
28-jul-16	01:44 PM	78	12	891	Alto Jimenez	SCANDOAS
29-jul-16	02:32 PM	70	9	830	Alto Tinajillas	SCANDOAS
30-jul-16	02:50 PM	80	8	1521	Alto Tinajillas	SCANDOAS
31-jul-16	03:16 PM	73	12	1257	Alto Tinajillas	SCANDOAS

*Valores de flujo de SO₂ para Galeras: Bajo (0<500 Ton/d); Moderados (>500<1000 Ton/d); Alto (>1000<3000 Ton/d); Muy alto (>3000 Ton/d).

1.5.1.2. Concentración de gas radón difuso en suelo – (Rn₂₂₂).

Las emanaciones de radón son uno de los posibles precursores de sismos y erupciones volcánicas. La emisión de radón desde la tierra a la atmósfera, es un proceso permanente que registra valores excepcionalmente altos en zonas de fallas geológicas. En zonas de actividad sísmica y volcánica y específicamente en el área de influencia del volcán Galeras se realizan muestreos de gas Rn 222, ya que es considerado como un posible precursor de la actividad tanto sísmica como volcánica.

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3,8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969). En la figura 4 se encuentra el mapa de las estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras, entre ellas se encuentran las estaciones Lavas, Parques y Los Lirios instalada en el mes de mayo de 2016 (Figura 32).

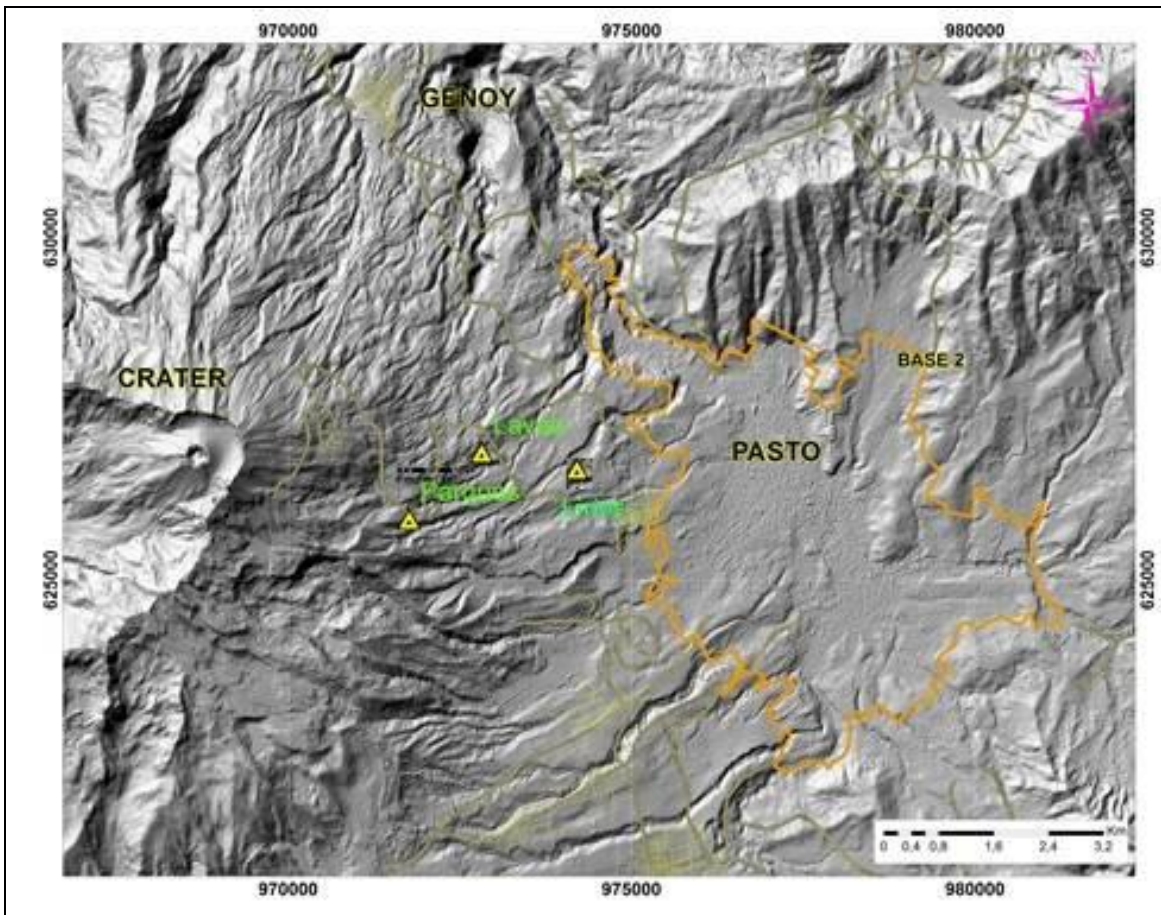


Figura 32. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 33, 34 y 35 se presentan la gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo, se puede observar para la estación Lavas, que las variaciones presentadas al parecer pertenecen a la difusión normal de radón en este sitio, sin presentar cambios significativos hasta el momento; sin embargo en las estación Parques se observa un ascenso en el comportamiento general de la gráfica, presentando para este mes una concentración máxima con un valor mayor a los registrados en la estación Lavas, el cuál hasta el momento registraba los mayores valores de concentración. La estación Lirios estuvo en funcionamiento desde mayo hasta el día 20 de junio de 2016, por esta razón aún no es claro observar claramente su comportamiento. La concentración de radón registrada en Los Lirios, parece ser menor en comparación con las concentraciones presentes en Lavas y Parques. Se continuará realizando seguimiento a estas variaciones para poder evaluar este comportamiento y su relación con la actividad volcánica. Se presenta un máximo de concentración de 83751 Bq/m³, 92394 Bq/m³ y 52276 Bq/m³ para las estaciones Lavas, Parques y Los Lirios respectivamente (Figura 33, 34 y 35; Tabla 10, 11 y 12).

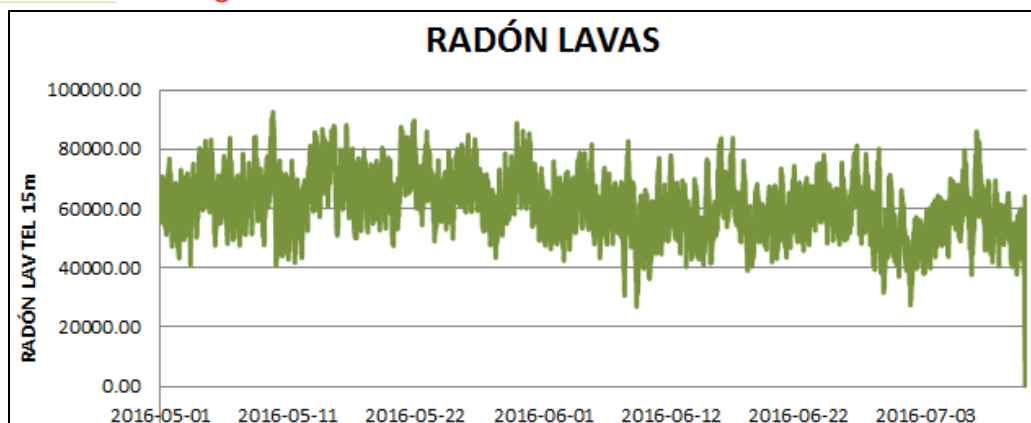


Figura 33. Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras - estación telemétrica Lavas – mes de julio 2016.

Tabla 10. Valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de julio 2016.

Concentración radón (Bq/m³)	
Valor promedio	54365.27
Valor máximo	85939.17
Valor mínimo	224.27

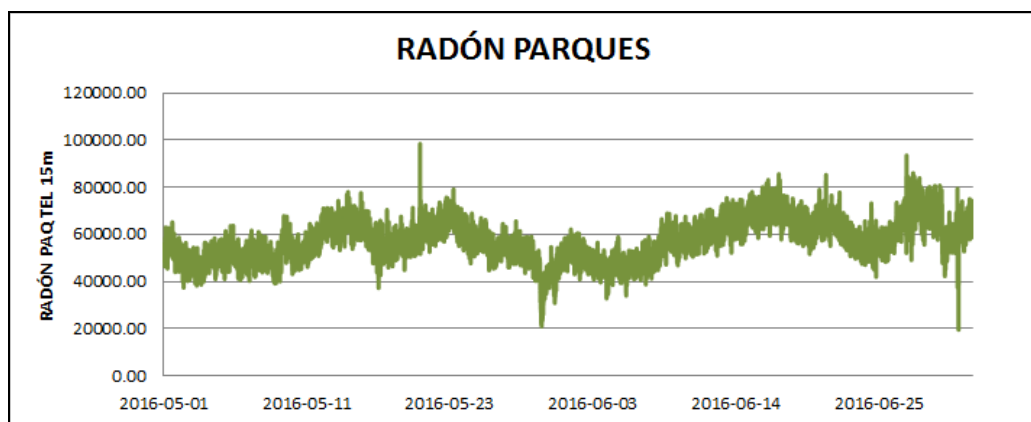


Figura 34. Concentración radón difuso en suelo-volcán Galeras - estación telemétrica Parques – mes de julio 2016.

Tabla 11. Valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras – mes de julio 2016.

Concentración radón (Bq/m³)	
Valor promedio	59212.85
Valor máximo	78718.77
Valor mínimo	19642.77

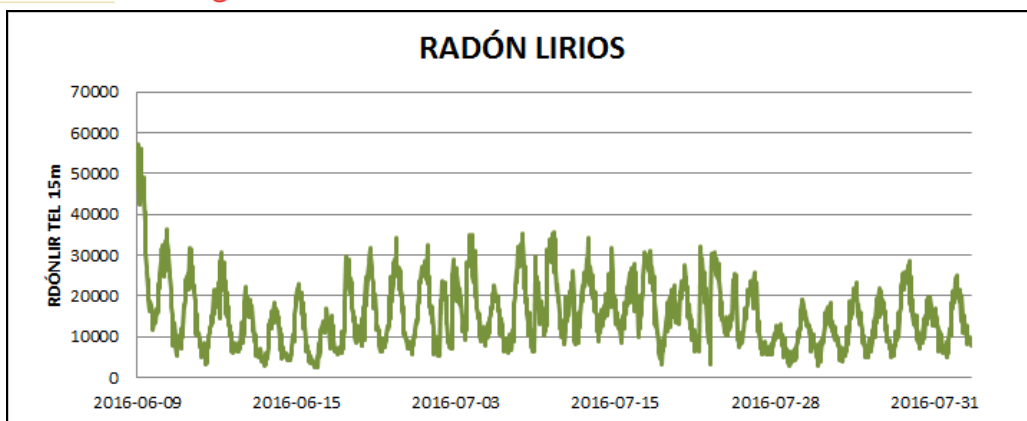


Figura 35. Concentración radón difuso en suelo- volcán Galeras - estación telemétrica Los Lirios – mes de julio 2016.

Tabla 12. Valores de concentración de radón en estación Los Lirios – Volcán Galeras – mes de julio 2016.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	15605.27
Valor máximo	35547.85
Valor mínimo	2998.34

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas a la cima de Galeras desde la sede del OVSP y por videos e imágenes de las cámaras Web instaladas en la sede del OVSP en Pasto (SE del volcán), en Consacá (W del volcán) y en la cima de Galeras en el sector denominado Bruma (S del cono activo) y en el sector denominado Barranco (NW del volcán). Condiciones de clima favorables permitieron observar emisiones de gases de color blanco durante la mayor parte del mes exceptuando los días 3, 4, 5, 6, 7, 8, 19, 13, 18, 27 y 28 de julio. La altura alcanzada por las columnas de gas fue baja respecto a la cima volcánica y la dispersión de éstas fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente de la parte alta del cono volcánico, principalmente en los campos fumarólicos Chavas al occidente y El Paisita al norte.

En las Figuras 36 a 39 se presentan imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en julio de 2016.



Figura 36. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 10 de julio de 2016 a las 4:19 p.m.



Figura 37. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 16 de julio a las 7:52 a.m.



Figura 38. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el municipio de Consacá el 19 de julio a las 3:38 p.m.



Figura 39. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 31 de julio de 2016 a las 6:05 p.m.

1.7. CONCLUSIONES

- Continúa observándose cambios en el comportamiento de la actividad del volcán, reflejados en las fluctuaciones de la actividad sísmica, siendo la sismicidad dominante aquella asociada a fracturamiento de material cortical, seguida por eventos asociados a movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del sistema volcánico.
- Por medio de la red de cámaras de video del OVSP y gracias a las condiciones climáticas, durante la mayor parte del mes se evidenció emisiones de gases con columnas de baja altura respecto a la cima de Galeras, las cuales se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos. Los principales focos de emisión continúan siendo el Cráter principal y los cráteres secundarios El Paisita y Chavas ubicados en el sector norte y occidente de la cima del cono volcánico.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del volcán Galeras permitió que el nivel de actividad continúe en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – JULIO DE 2016

2.1. RED DE VIGILANCIA

En julio de 2016 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 40, Tabla 13).
- Cuatro inclinómetros electrónicos telemétricos ubicados en los sitios donde se encuentran emplazadas las estaciones sísmicas (Figura 40, Tabla 13).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 40).
- Una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial instalada en el municipio de Cumbal (Figura 40).

Para este periodo la estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 67,6% (Figura 41). La estación sísmica y de inclinometría La Nieve, al igual que la cámara WEB ubicada en el municipio de Cumbal estuvieron fuera de funcionamiento.

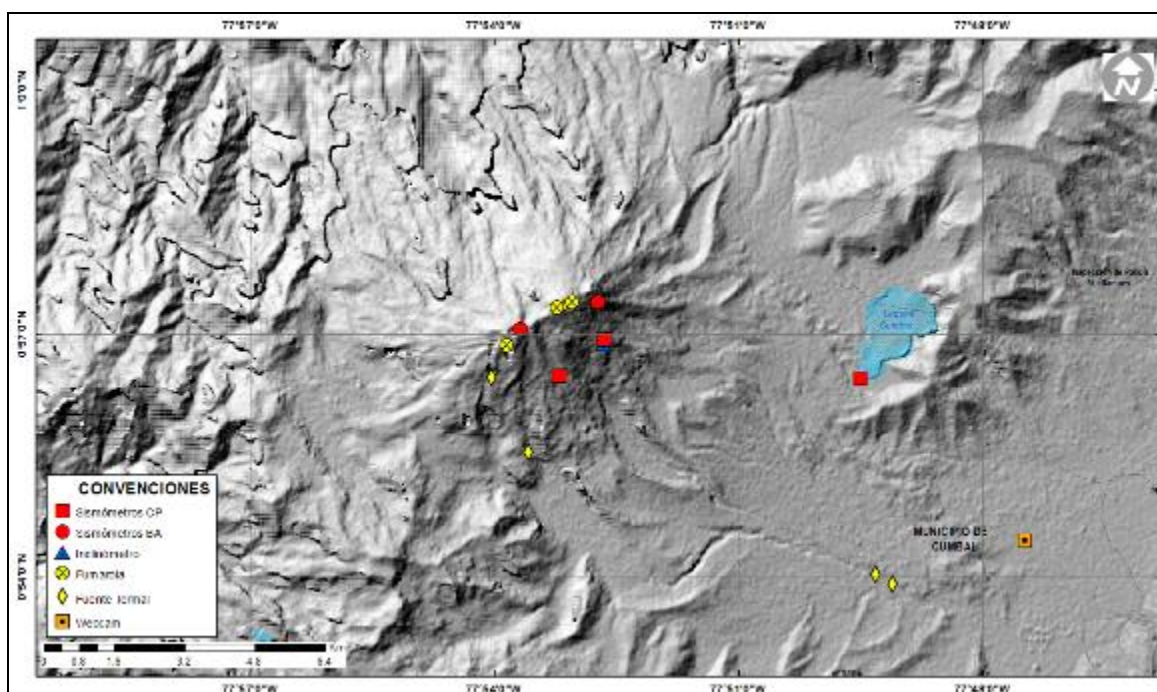


Figura 40. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de julio de 2016.

Tabla 13. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante julio de 2016.

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

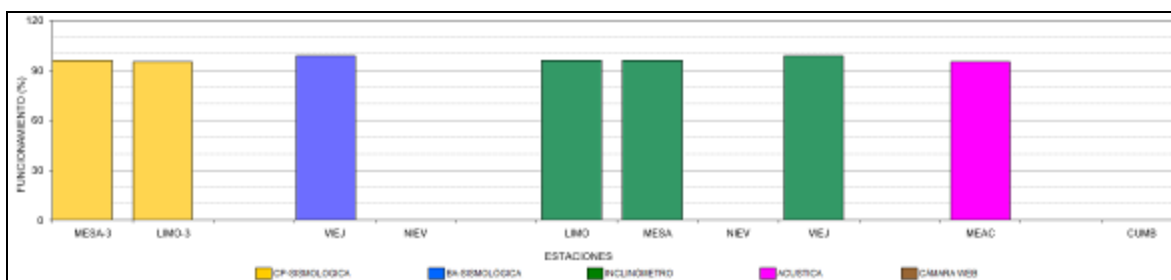


Figura 41. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en julio de 2016.

2.2. SISMOLOGÍA

En el mes de julio de 2016, la ocurrencia sísmica aumentó en un 79,6% en comparación a junio, pasando de 1126 a 2022 eventos. La sismicidad dominante fue la de tipo LPS con un porcentaje del 48,8%, seguido por los eventos tipo VT con un 29,1%, los sismos tipo HYB aportaron con el 22,1%. En este periodo no se tuvo registro de eventos tipo TRE (Tabla 14, Figuras 42 y 43).

Tabla 14. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016 (resaltado en color verde).

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	TOTAL
01-abr-16 a 30-abr-16	352	434	0	255	2	1041
01-may-16 a 31-may-16	426	641	0	427	1	1494
01-jun-16 a 30-jun-16	239	556	0	331	2	1126
01-jul-16 a 31-jul-16	588	987	0	447	0	2022

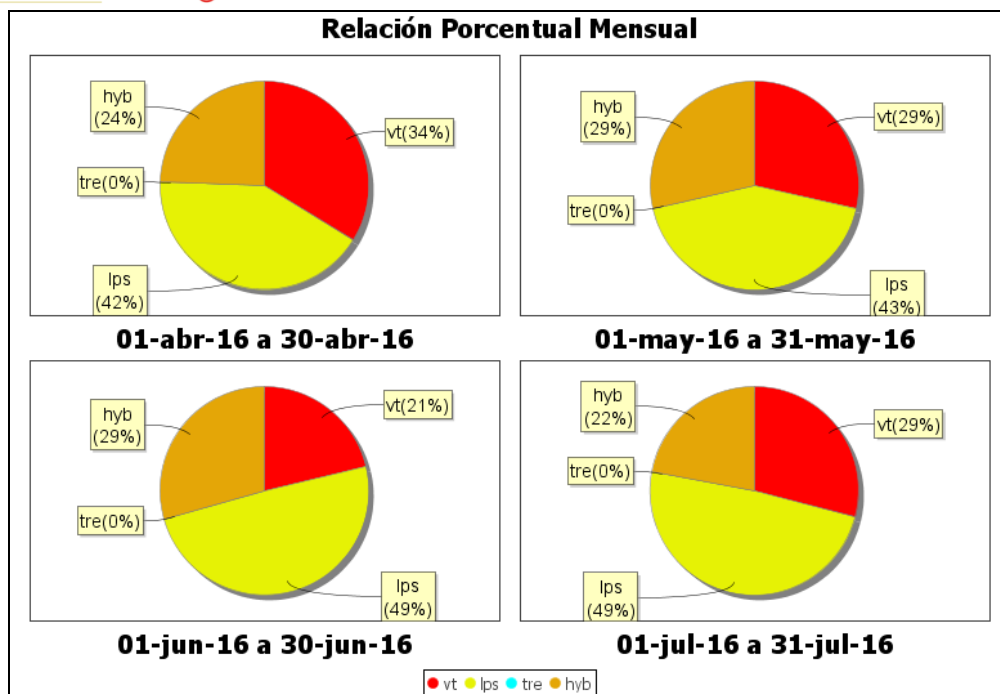


Figura 42. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y julio de 2016. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

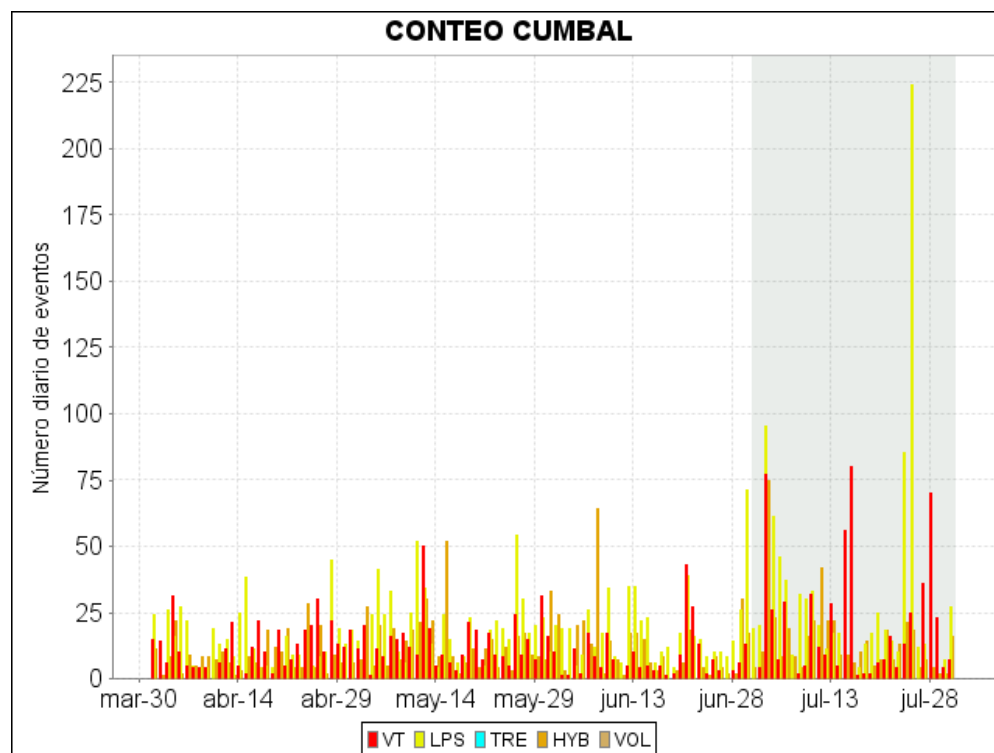


Figura 43. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.

En relación con la sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del Complejo Volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado fue posible localizar 166 sismos, 129 de ellos tipo VT y 36 HYB, la mayoría de los eventos se ubicaron en inmediaciones del cráter La Plazuela al nororiente del complejo volcánico y del sector Mundo Nuevo al suroccidente, con profundidades inferiores a 2,5 km, los más dispersos se localizaron a distancias de hasta 12 km con profundidades de hasta 14,5 km. La magnitud local mostró valores menores a 2,9 en la escala de Richter (Figura 44).

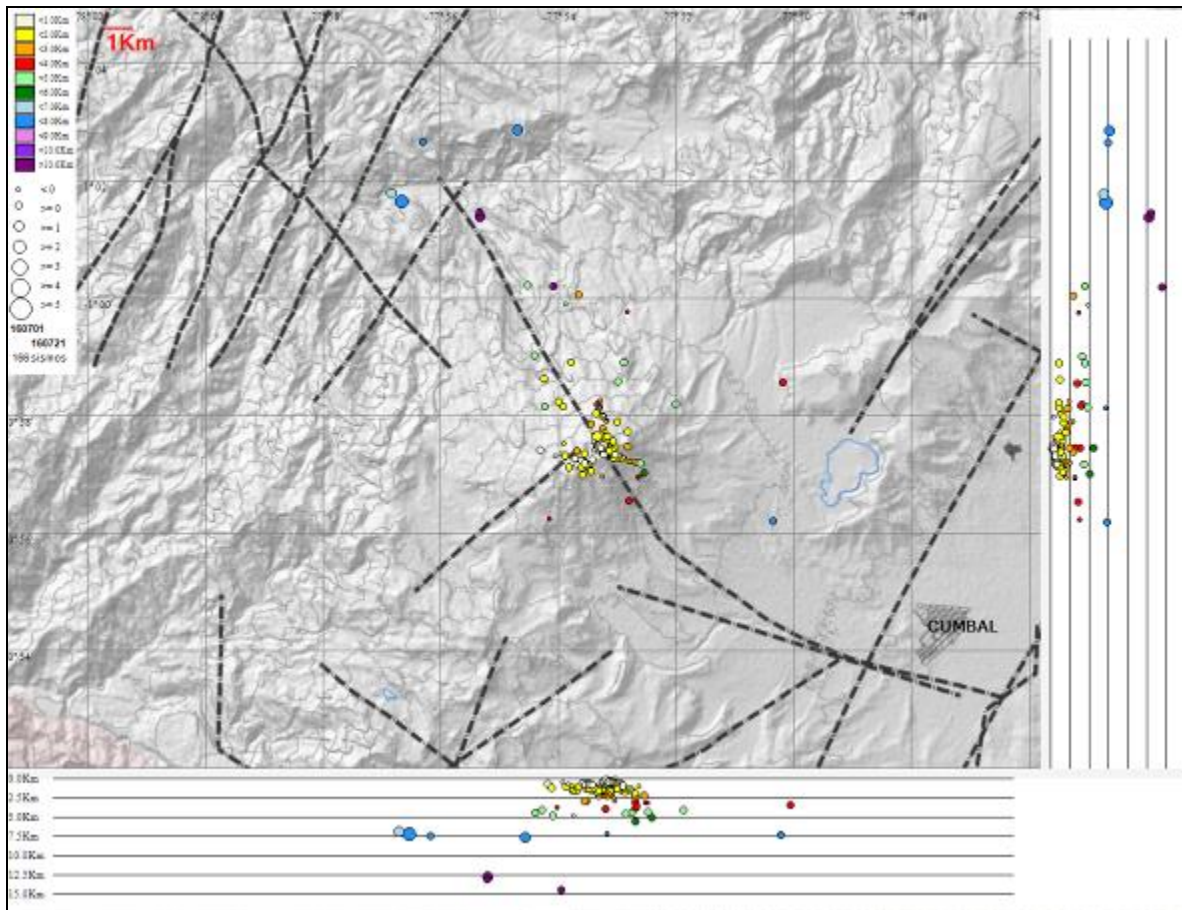


Figura 44. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,5 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN

Para el mes de mayo de 2016, se contó con cuatro inclinómetros electrónicos, Limones, La Mesa, Punta Vieja.

En el inclinómetro La Mesa continúa la tendencia descendente en la componente de inclinación

Este, cambios mostrados desde el 19 de marzo de 2016, registrando 29 μrad , la componente Norte tiende a estabilizarse desde el 15 de junio (Figura 45).

De igual forma se observa un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte de la estación Punta Vieja, acumulando 20 μrad desde el 12 de abril de 2016, en contraste se observa un ascenso en la componente Este, de 34 μrad desde el 2 de febrero de 2016 (Figura 46).

Para el inclinómetro de Limones se evidencia una tendencia ascendente en sus dos componentes, la cual desde el 9 de junio alcanza 10 μrad en la Norte y 8 μrad en la Este (Figura 47).

Para el periodo evaluado no se tiene registro del inclinómetro La Nieve, debido a problemas de radio enlace.

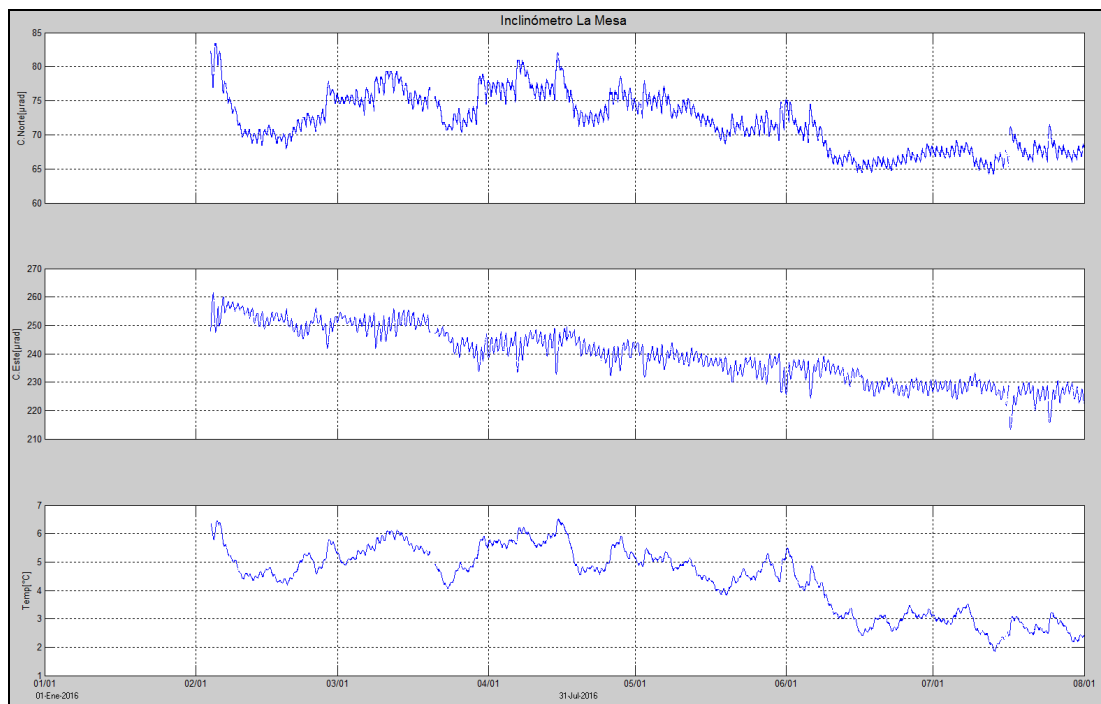


Figura 45. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

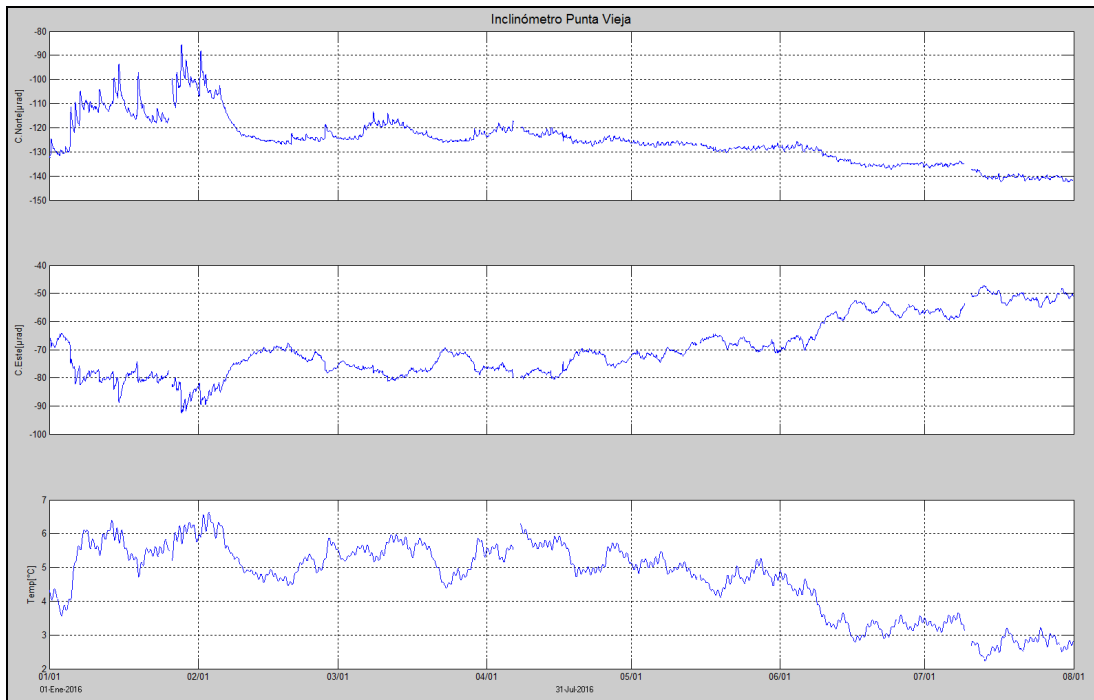


Figura 46. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

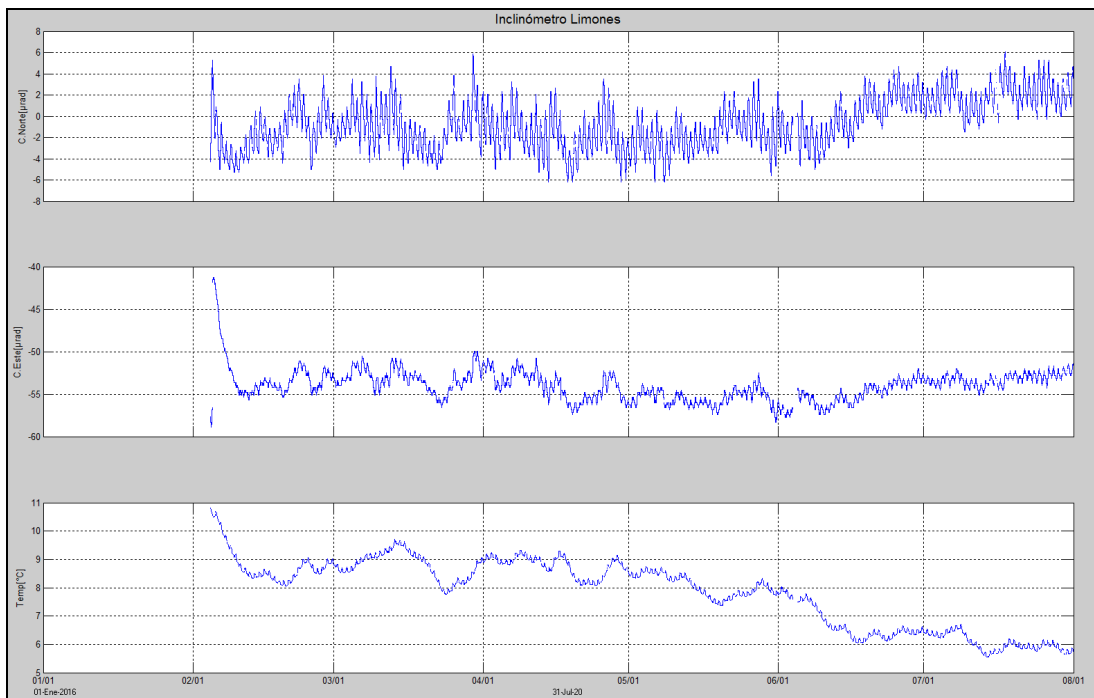


Figura 47. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de julio de 2016.

2.4. GEOQUIMICA.

En el mes de julio no se realizó muestreo de aguas en fuentes termales ni muestreo de gases en el volcán Cumbal.

2.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Debido a problemas de enlace, problemas con el servicio de internet en la zona por parte de los proveedores comerciales no se tienen imágenes de la cámara ubicada en el Municipio de Cumbal, la cual está orientada hacia la zona del Complejo Volcánico, por esta razón no fue posible documentar acerca de los procesos de actividad superficial del volcán.

2.6. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando el Complejo Volcánico de Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia sísmica y registro eventual de sismicidad asociada con actividad hidrotermal.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de julio de 2016 permitió mantener para la actividad del volcán Cumbal, en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO JULIO DE 2016

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroeste del país, en el departamento de Nariño, más exactamente 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. Por su parte el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16,5 km al suroeste del complejo volcánico Cumbal (Figura 48).

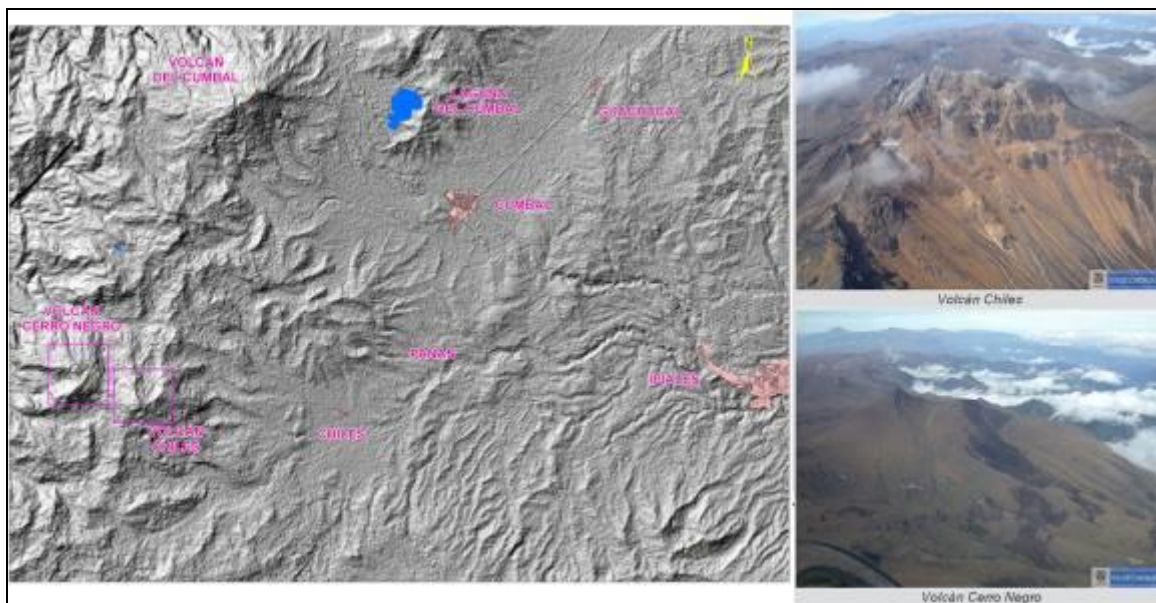


Figura 48. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

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, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra en el sector denominado Canguil (sismómetro y sensor de presión acústica) al nor-noroccidente del volcán Chiles, otra se encuentra en cercanías del volcán Cerro Negro y está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán, 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 Terales (Sismómetro), ubicada en el sector de Baño Grande. Además se cuenta con una estación para el monitoreo de la temperatura en la fuente termal Baño Grande ubicada en cercanías del cabildo de Chiles y una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 49, Tablas 15 y 16).

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 79,1 (Figura 50).

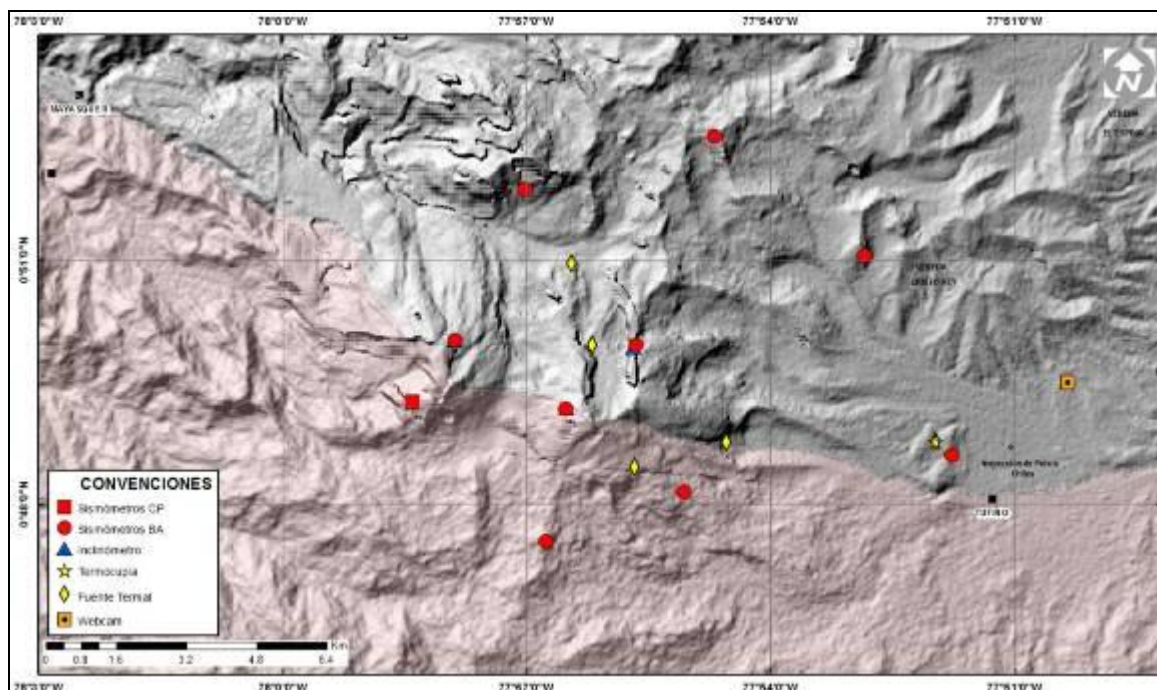


Figura 49. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de julio de 2016.

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

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

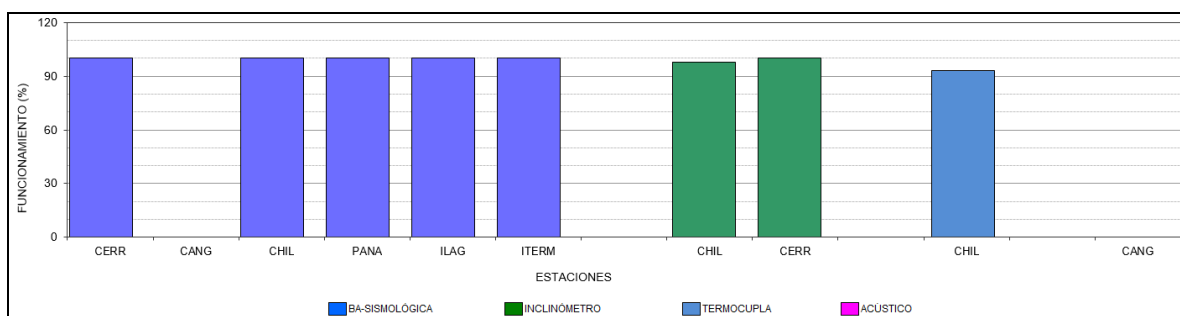


Figura 50. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante julio de 2016.

3.3. SISMOLOGÍA

Respecto a la actividad del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, en el mes de julio de 2016 la ocurrencia sísmica aumentó en 4,5 veces respecto a la sismicidad registrada en junio, pasando de un total de 247 a 1102 sismos, todos ellos de tipo VT (Figura 51 Tabla 17). Se resalta que el incremento en la sismicidad se dio básicamente debido al registro de un enjambre de eventos sísmicos entre los días 29, 30 y 31 de julio contabilizándose un total de 1008 sismos todos ellos asociados a fracturamiento de material cortical.

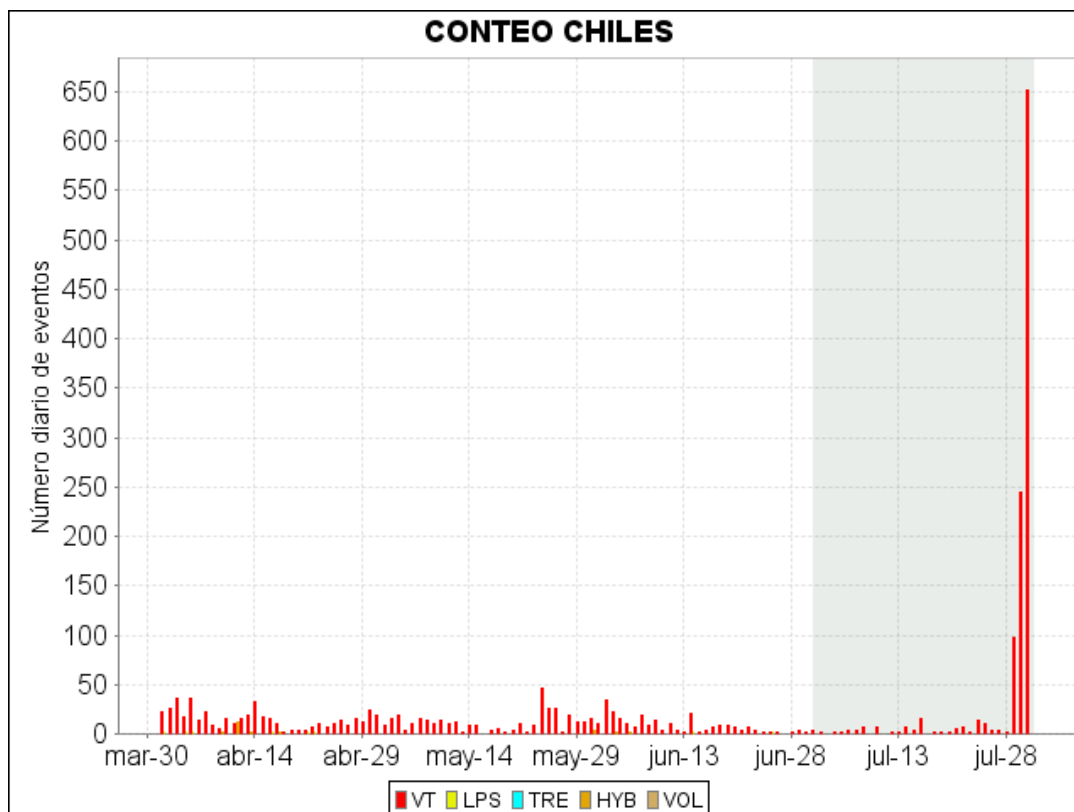


Figura 51. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de abril y julio de 2016.

Tabla 17. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-16 a 30-abr-16	438	10	0	15	463
01-may-16 a 31-may-16	358	2	0	4	364
01-jun-16 a 30-jun-16	242	2	0	3	247
01-jul-16 a 31-jul-16	1102	0	0	0	1102

De los 126 eventos localizados, la mayoría de los cuales se ubicaron hacia el sector sur del volcán Chiles a distancias epicentrales entre 1 y 2,5 km, y profundidades menores a 4 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm); unos cuantos se ubicaron en el cuadrante occidental del volcán Chiles y en menor cantidad hacia el suroriente del volcán a profundidades menores a los 10,5 km y distancias epicentrales menores a 10 km respecto al centro del volcán Chiles. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 2,0 en la escala de Richter (Figura 52), sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada en términos de su raíz cuadrada (Figura 53). En general la energía liberada por estos eventos aumentó en comparación al mes anterior, pasando de $1,9 \times 10^{13}$ ergios a $2,1 \times 10^{14}$ ergios.

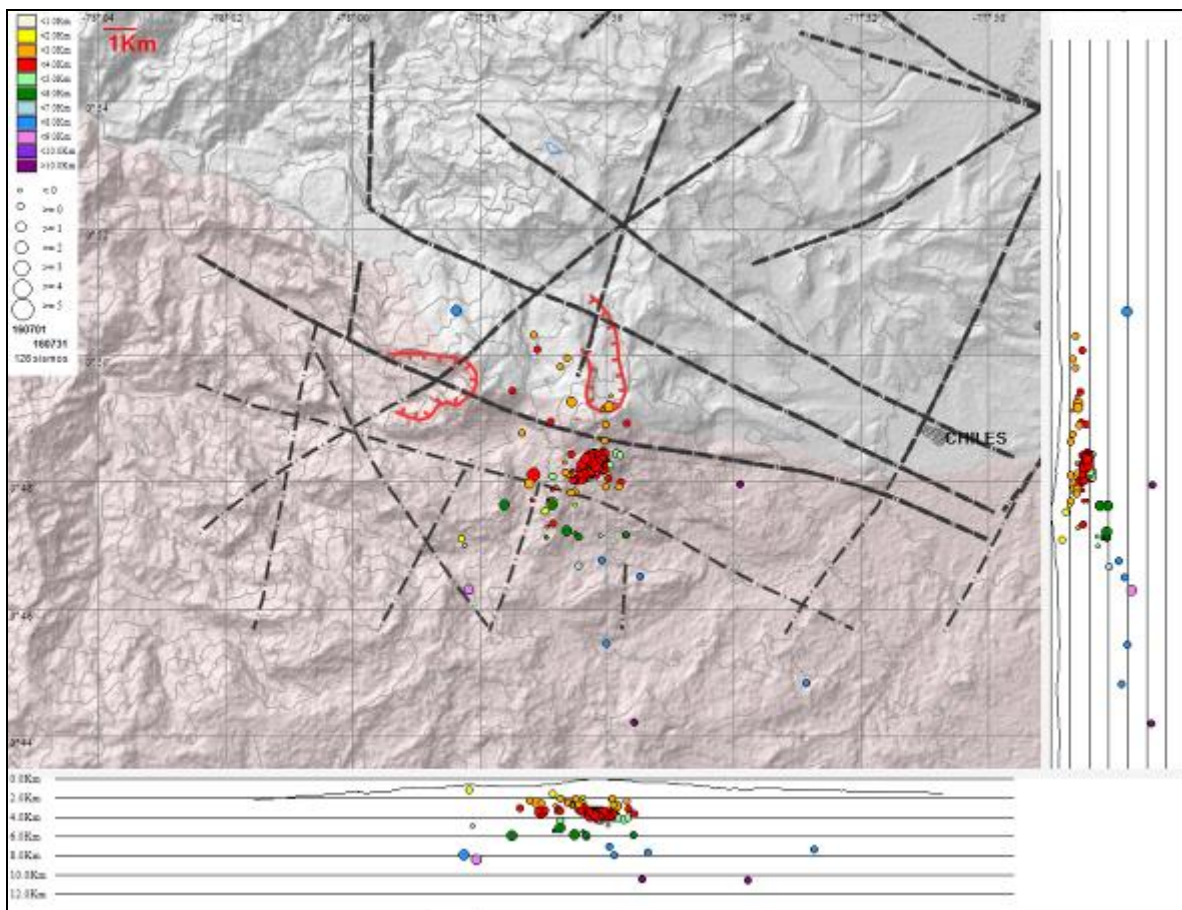


Figura 52. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

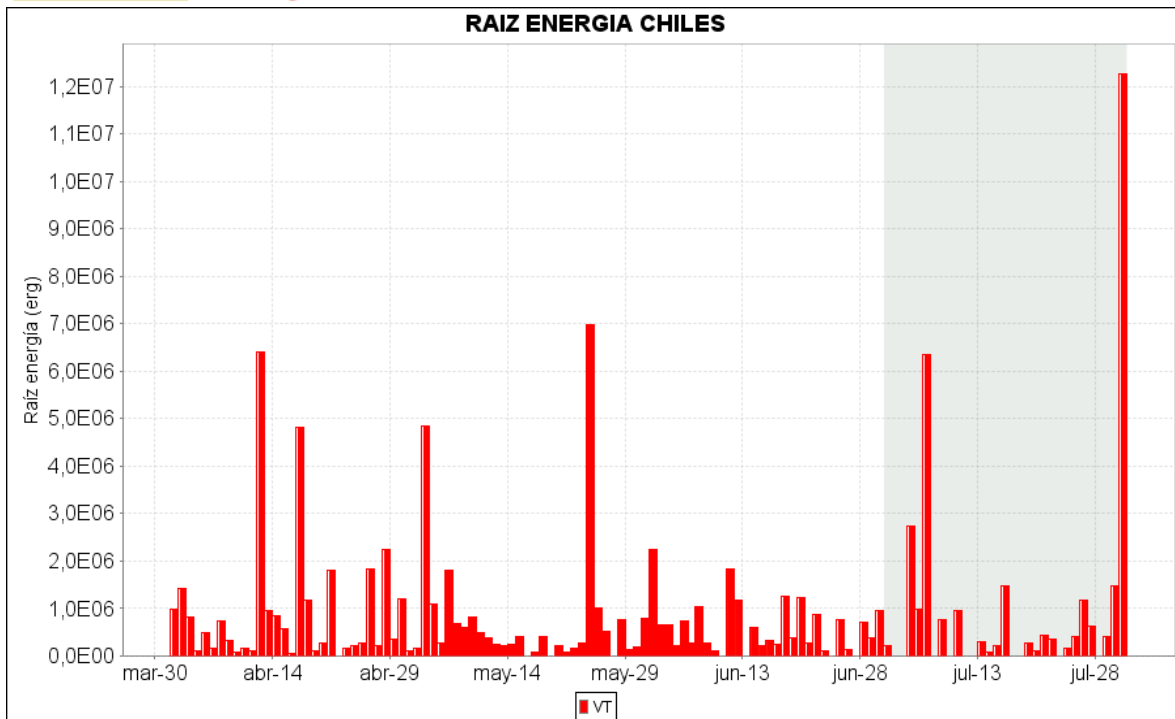


Figura 53. Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chile – Cerro Negro entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.

3.4. DEFORMACIÓN

Se observa estabilidad para la componente Norte del inclinómetro Chiles, mientras que en la Este se evidencia un ascenso desde el 4 de febrero, acumulando hasta el 31 de julio cerca de 39 μ rad (Figura 54).

Para las estaciones instaladas sobre la superficie del volcán Cerro Negro, se tiene que en el inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), siguió mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, comportamiento que se viene registrando desde el 20 de agosto de 2014, cuya variación es de 975 μ rad hasta julio de 2016; por su parte la componente Norte muestra una tendencia descendente en su registro alcanzando desde el mes de enero de 2015 cerca de 258 μ rad (Figura 55).

Con respecto a los cambios mostrados por el inclinómetro Cerro Negro se observa un comportamiento ascendente en la componente Norte, registrando 60 μ rad desde el 20 de abril de 2016, de igual forma se evidencia esta tendencia en la componente Este, alcanzando 162 μ rad (Figura 56)

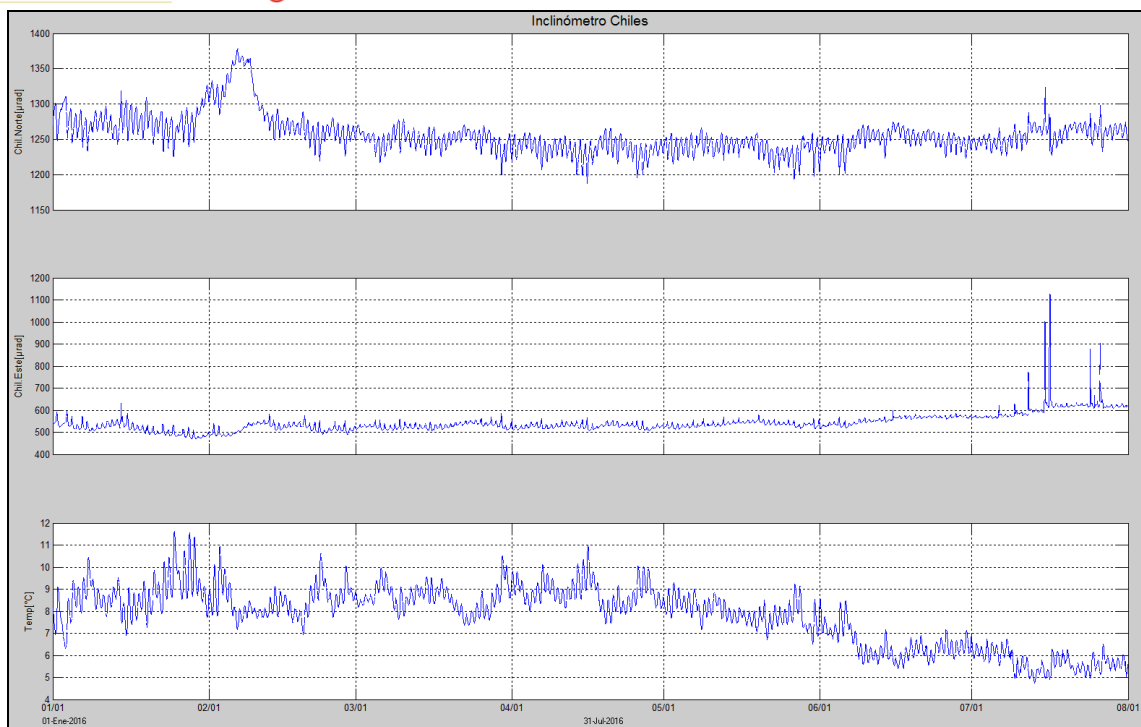


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

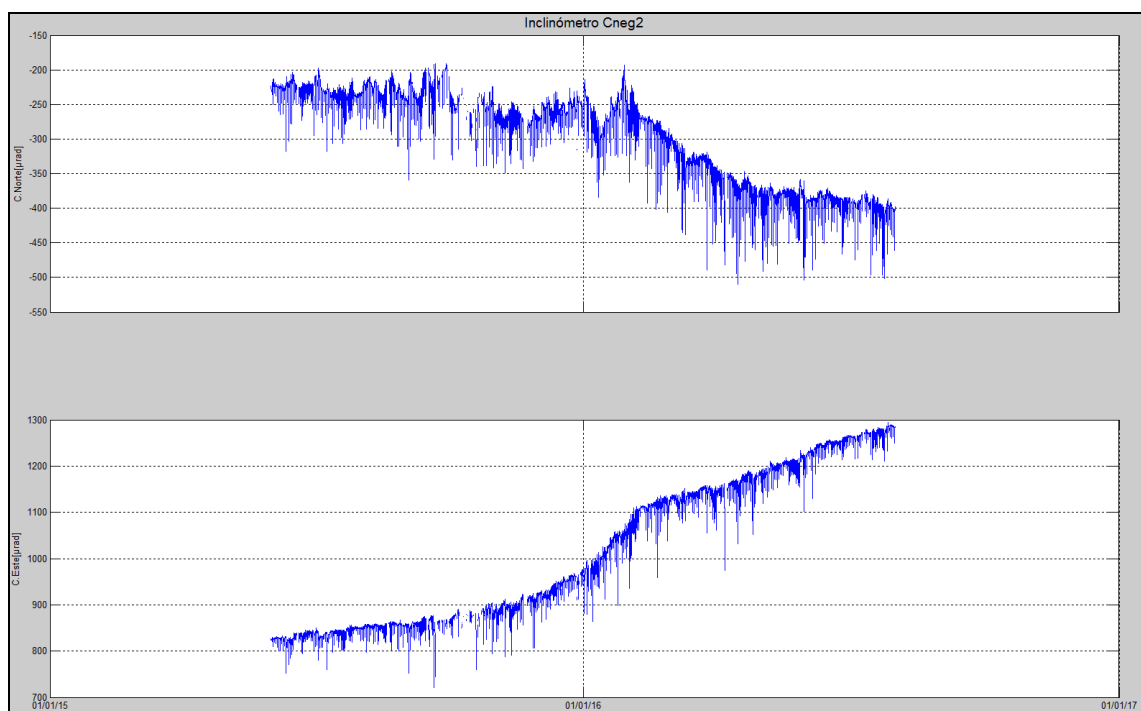


Figura 55. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre junio de 2014 y el 31 de julio de 2016.

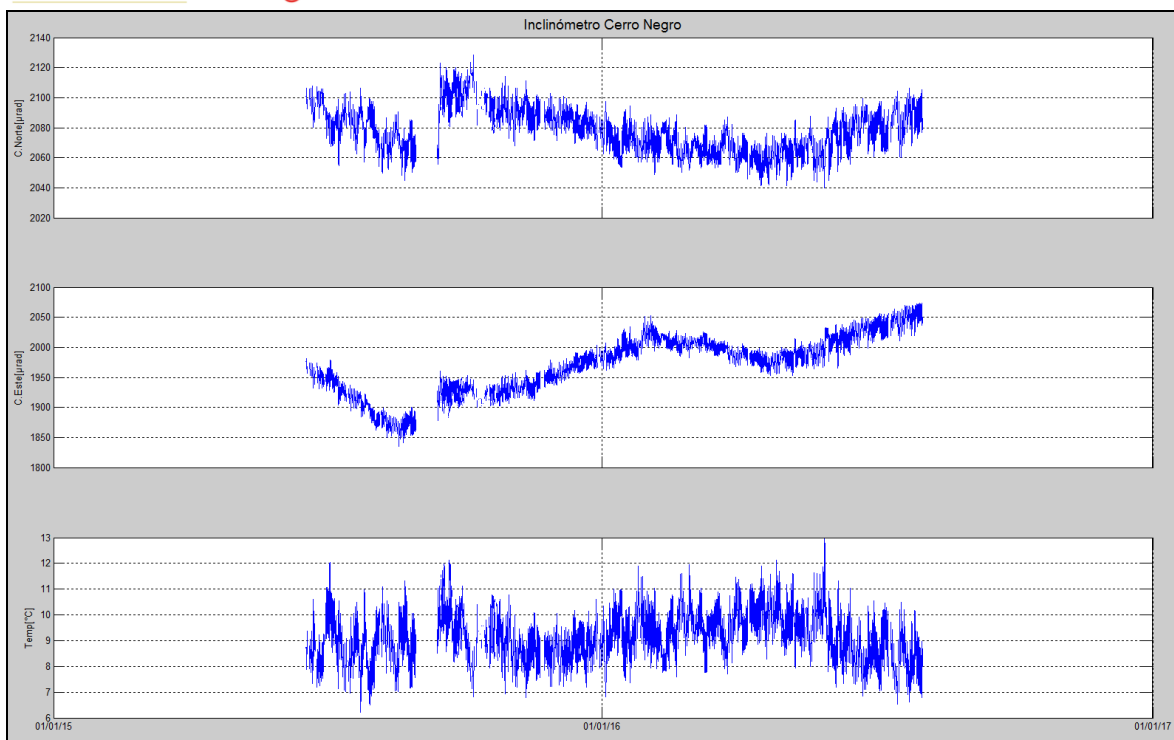


Figura 56. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 31 de julio de 2016.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1 Muestreo de aguas en fuentes termales del Volcán Chiles.

Para el periodo evaluado no se realizó muestreo en las fuentes termales ubicadas en área de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande

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 se realizan los muestreos periódicos (Figura 49, tabla 16), estos se registran diariamente con una tasa de muestreo de una muestra cada 10 minutos.

En la figura 57 se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 9:30 a las 17:30 aproximadamente), con un promedio de 42,8°C (Tabla 18). Durante el mes de julio se registra un valor máximo de 43.9°C. No se registran variaciones significativas. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continúa 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.

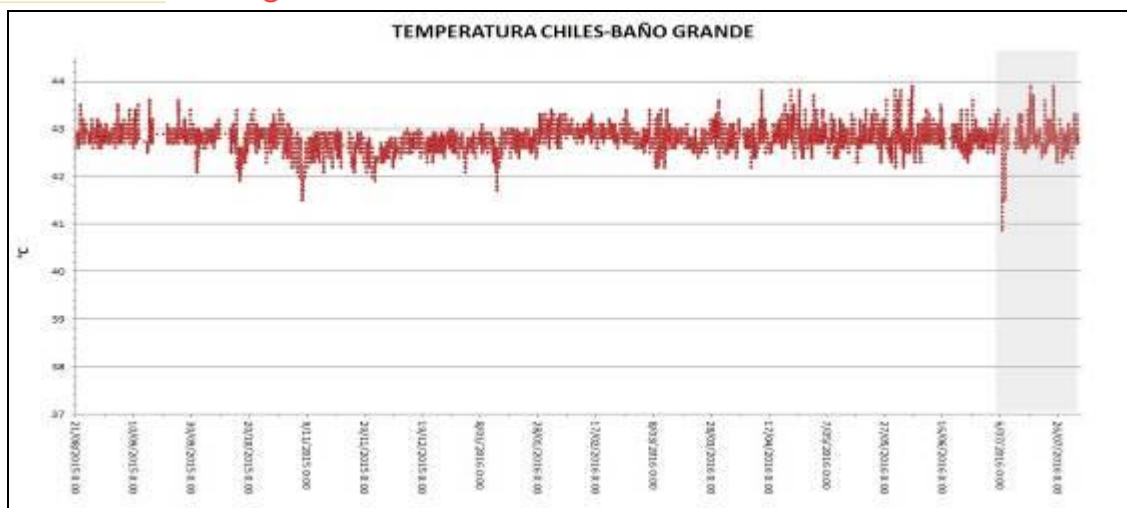


Figura 57. Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles entre agosto de 2015 y julio de 2016.

Tabla 18. Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – julio de 2016.

VALOR	Temp. (°C)
Mínimo	40,9
Máximo	43,9
Promedio	42,8

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de julio de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7. CONCLUSIÓN

Aunque hasta el momento no se han observado cambios en las manifestaciones de actividad superficial, la actividad sísmica muestra una disminución gradual alcanzando hasta 48 sismos por día, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio y es posible que vuelvan a suceder sismos de niveles energéticos importantes que sean sentidos por pobladores de la zona de influencia volcánica. Por tanto, se recomienda a las autoridades y comunidades mantener precaución, permanecer atentos a la información y a las recomendaciones dadas por las entidades oficiales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de julio de 2016 permitió que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JULIO DE 2016

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 58).

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.

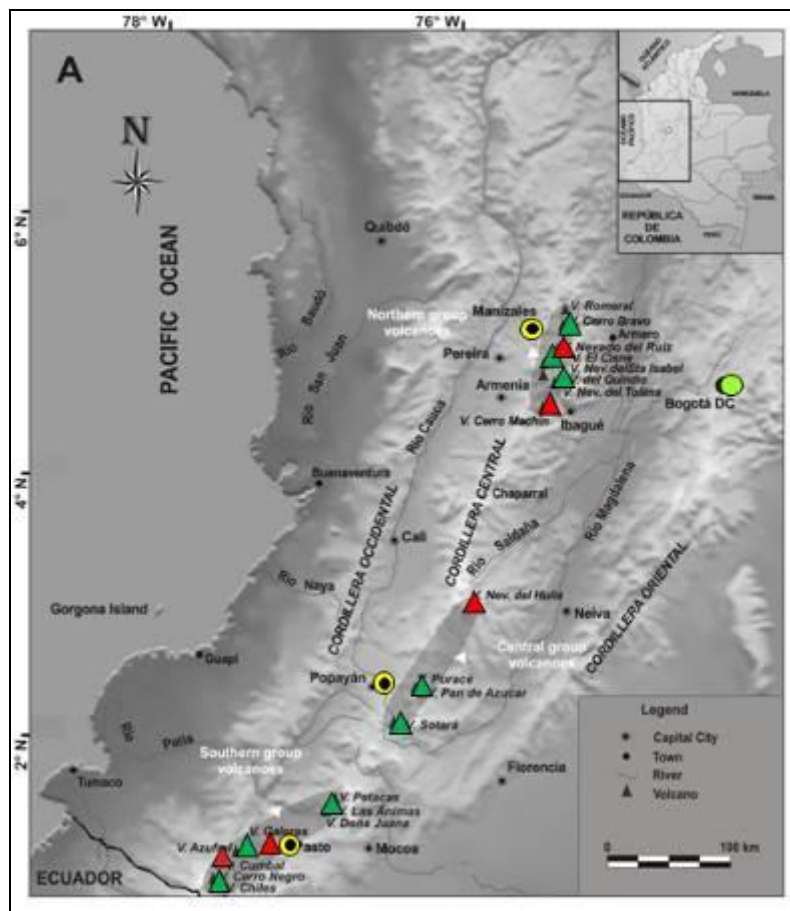


Figura 58. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

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 59).

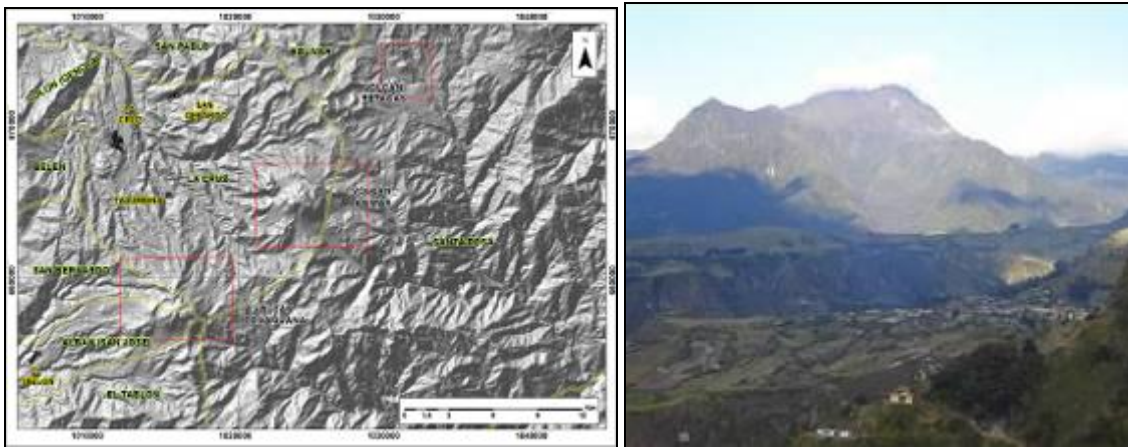


Figura 59. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

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 60 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 19 se consignan sus características.

Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en julio de 2016.

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

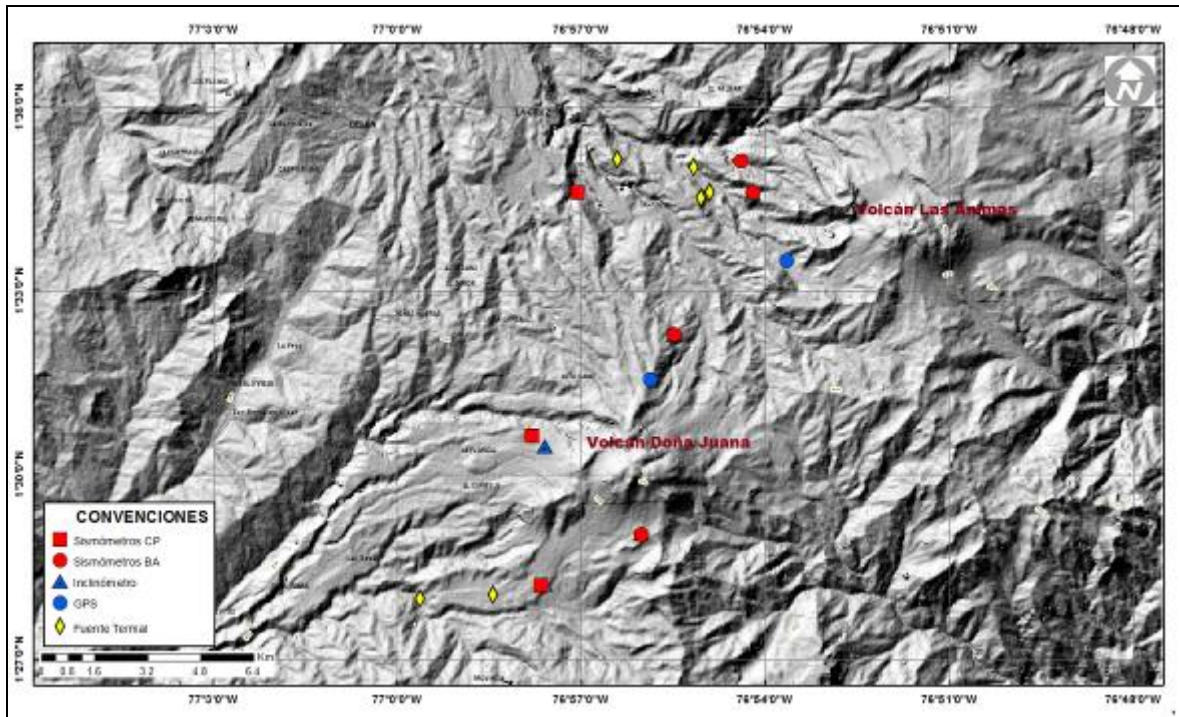


Figura 60. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de julio de 2016. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 96% (Figura 61).

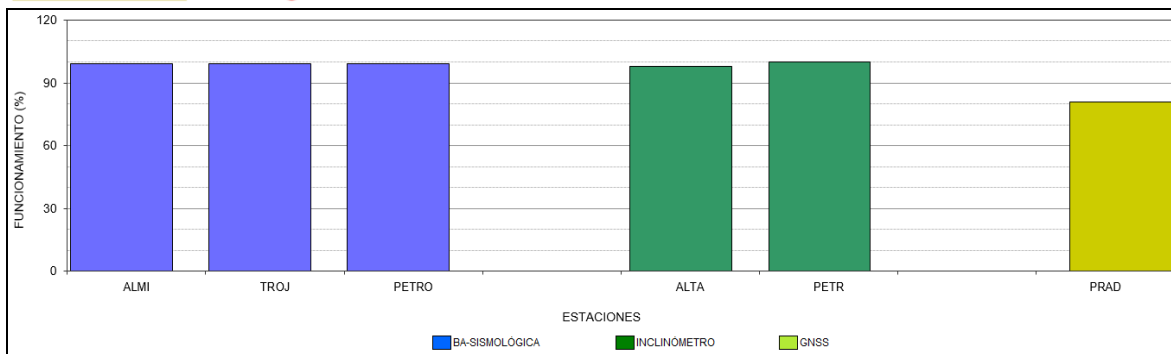


Figura 61. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante julio de 2016.

4.1.3. Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas no se tuvo registro de ningún tipo de actividad volcánica

4.1.4. Deformación

Para el periodo evaluado se observa que continúa el comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Petroglifo (ubicado a 7,9 km al noroeste del volcán, 3137 m.s.n.m.), alcanzando cerca de 47 μ rad desde el 10 de febrero (Figura 62), de igual forma se observa esta tendencia en la componente Norte de Altamira (ubicado a 4,6 km al oeste de Las Ánimas, 2905 m.s.n.m.), registrando cerca de 37 μ rad desde el 6 de mayo (Figura 63).

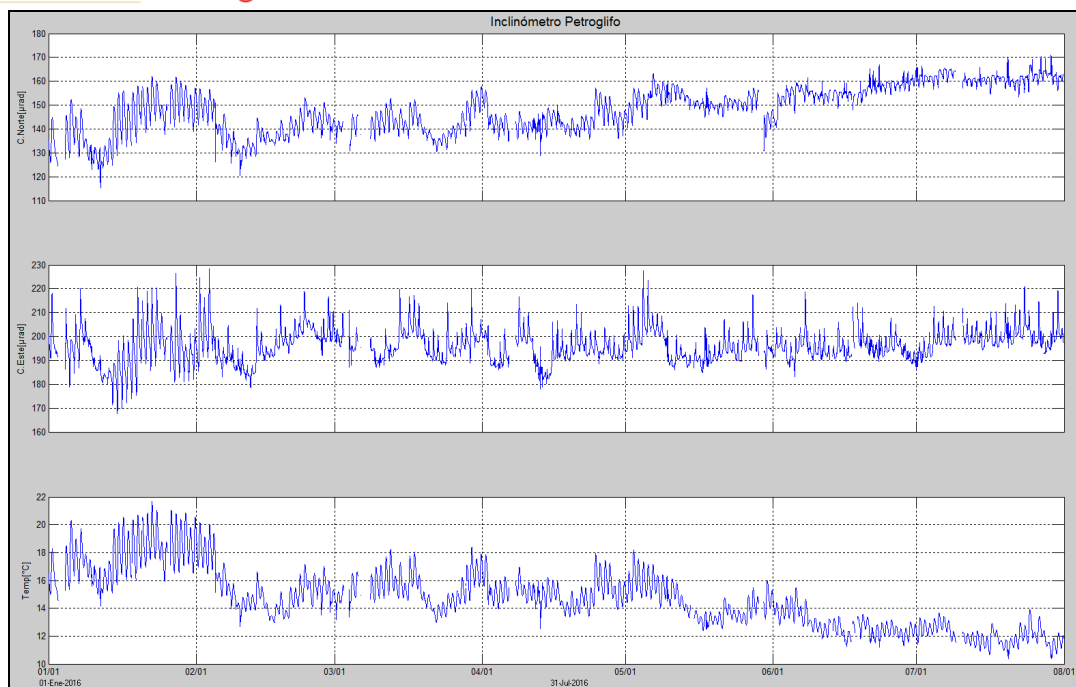


Figura 62. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

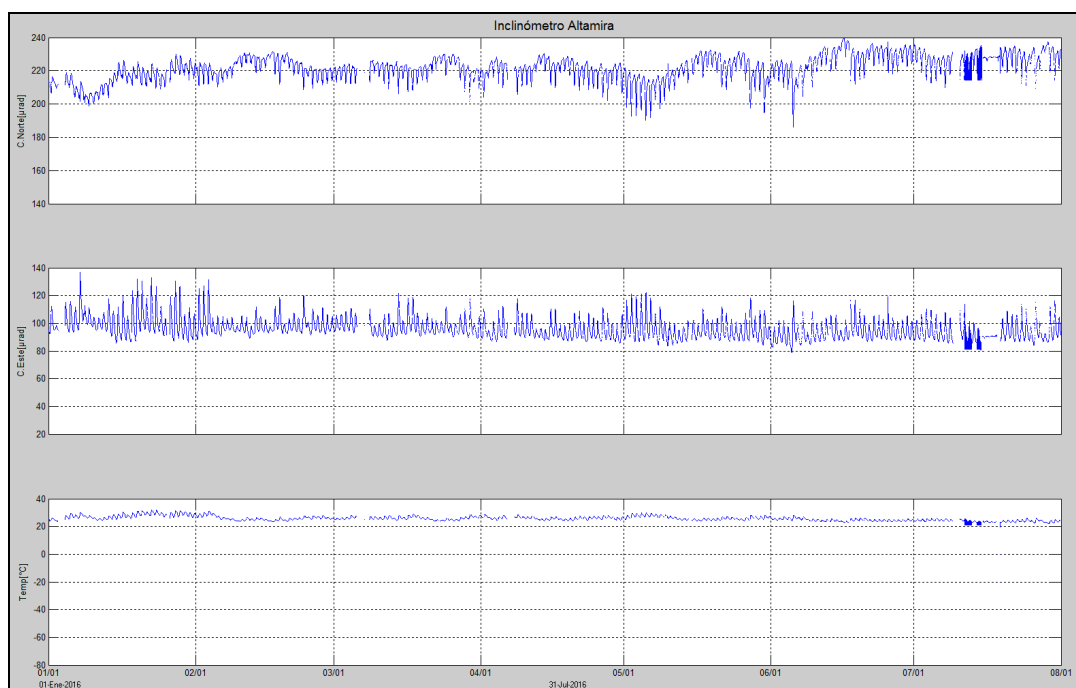


Figura 63. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

4.1.5. Estaciones GNSS Permanentes

Desde finales del mes de noviembre de 2015, hacia el costado suroccidental del volcán Las Ánimas se instaló una estación GNSS permanente con el fin de detectar los cambios en superficie asociados a actividad volcánica, la cual empezó a registrar datos desde el mes de diciembre.

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 64, se indica el comportamiento de las direcciones del GNSS instalado en Las Ánimas.

En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las direcciones Este, Norte y Altura. La dirección Norte 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 y que puede verificarse en el registro presente en la dirección Norte de la estación GNSS QUIL (ubicada fuera del edificio volcánico, instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, cerca de la ciudad de Pasto, Departamento de Nariño).

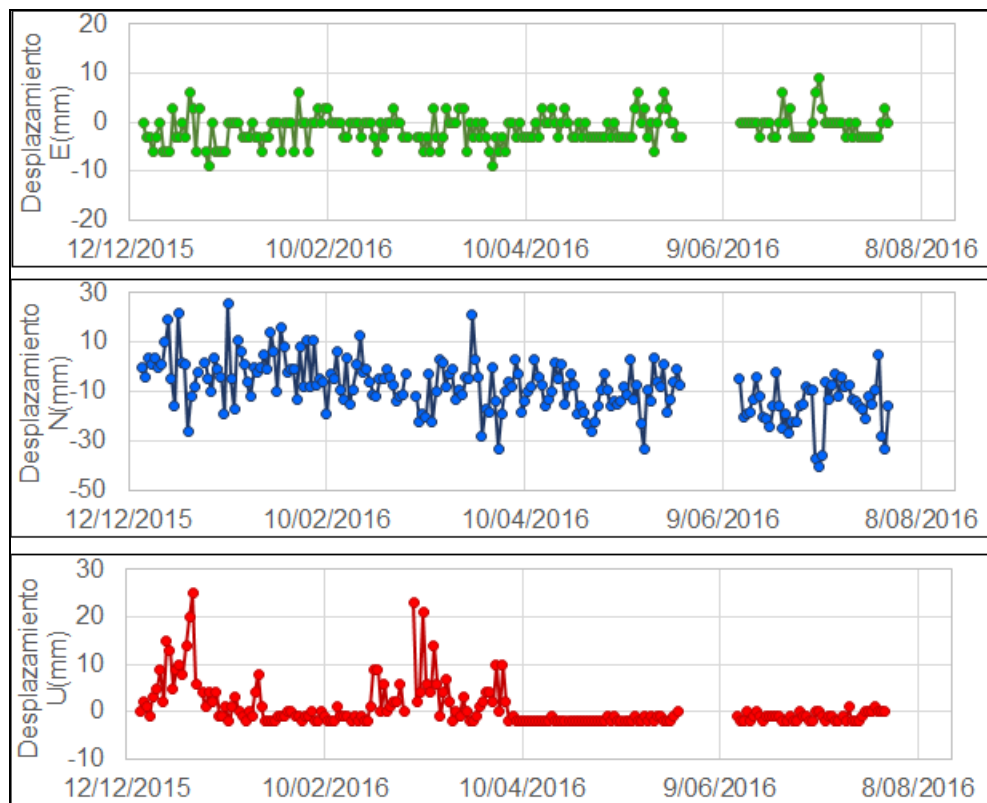


Figura 64. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 16 de diciembre de 2015 y el 29 de julio de 2016.

4.1.6. Actividad Superficial

Durante el mes de julio de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.7. Conclusión

Con base en la información disponible del mes de julio de 2016 el nivel del volcán permaneció en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de Vigilancia

Para el mes de julio de 2016, 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 65, Tabla 20).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 65, Tabla 20).
- 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 65, Tabla 20).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 96,6% (Figura 66).

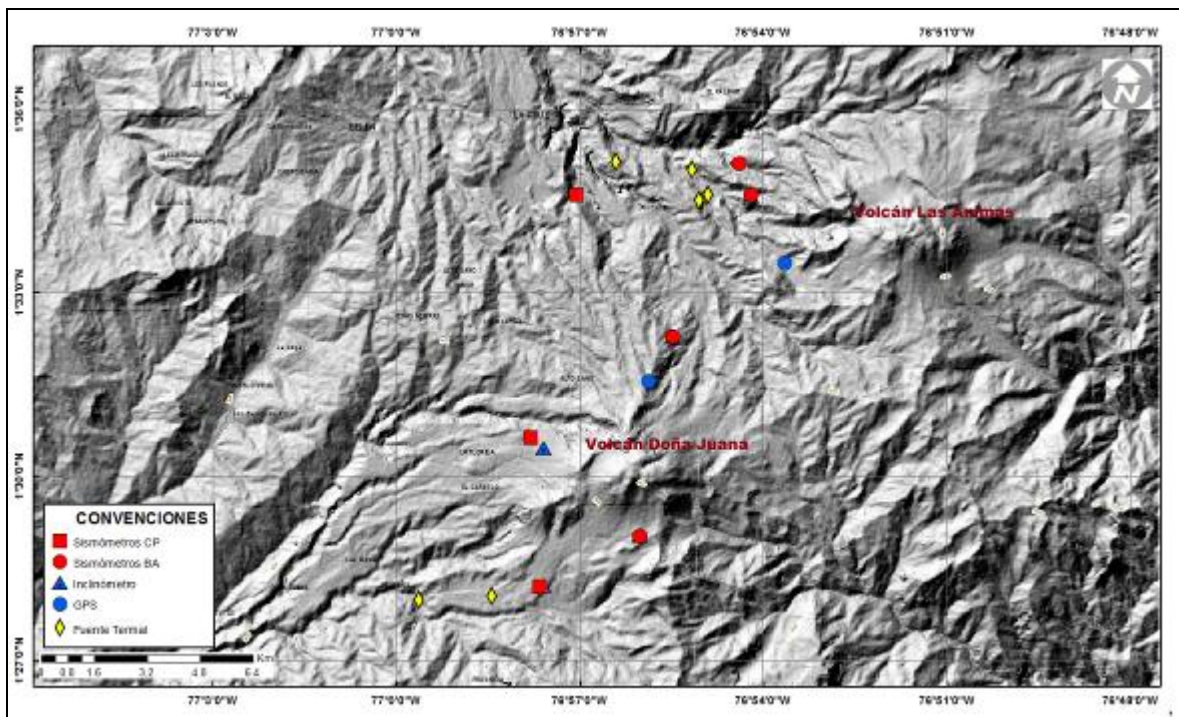


Figura 65. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en julio de 2016.

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

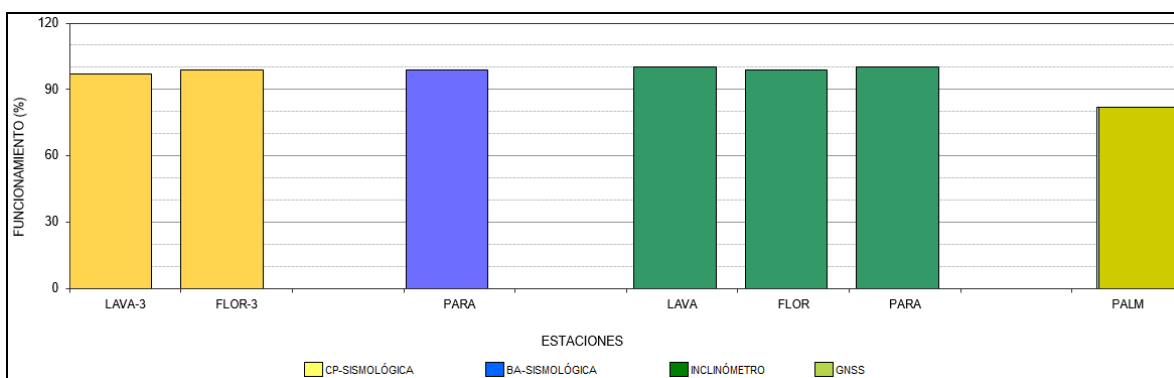


Figura 66. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de julio de 2016.

4.2.2. Sismología

Para el periodo evaluado se tuvo registro de tres sismos, que por la forma de onda y sus características espectrales se clasificaron como VT, asociados con fractura de material rocoso. Uno de los sismos se ubicó hacia el sector occidental de Doña Juana a una distancia epicentral de 5 km, y los otros dos se localizaron hacia el sur del volcán a una distancia de 16,5 km. Los eventos se localizaron hipocentralmente a profundidades entre los 7 y 13 km. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 0,7 en la escala de Richter (Figura 67).

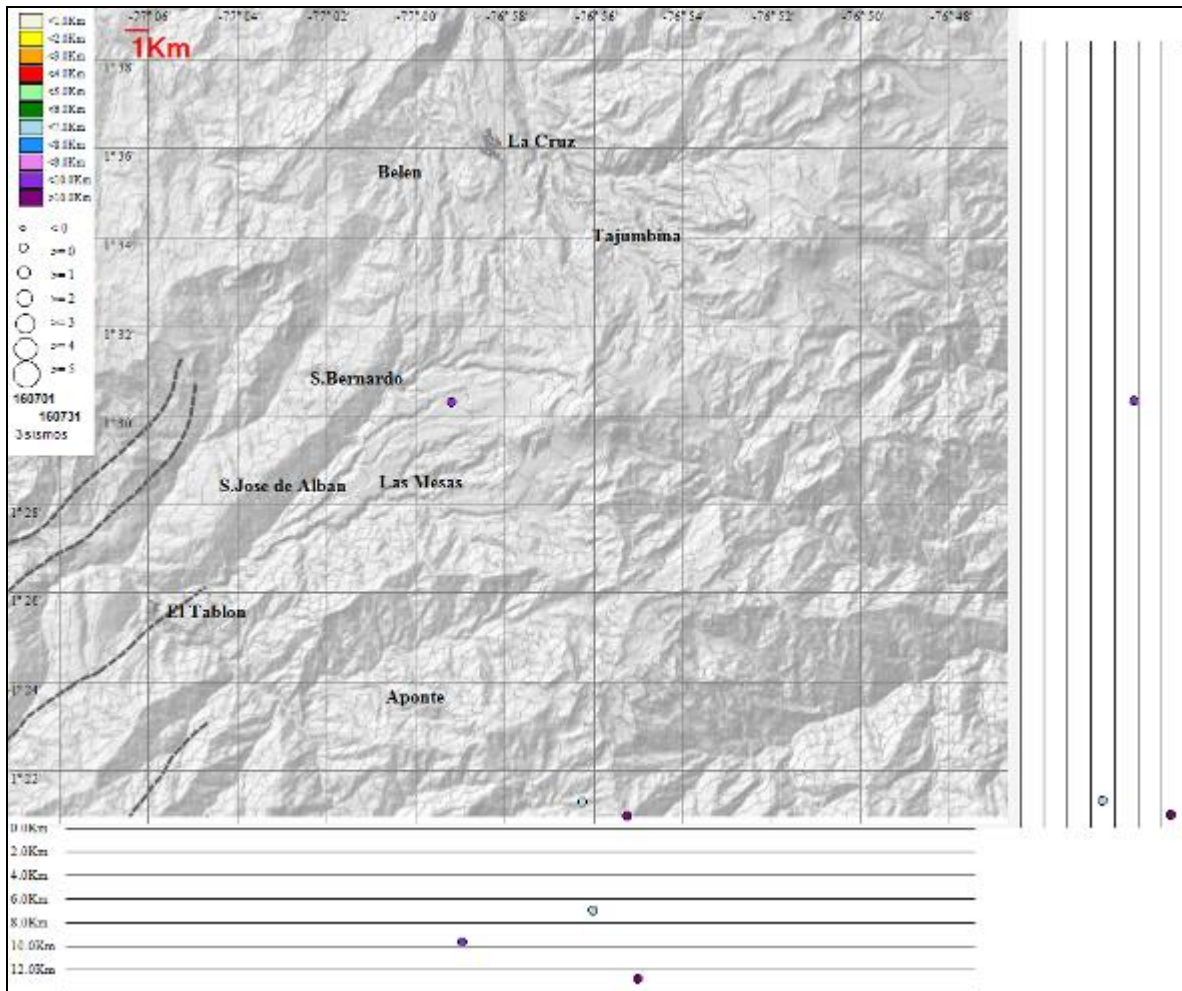


Figura 67. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.2.3. Deformación

Desde el 1 de febrero se observa un comportamiento ascendente en las componentes de inclinación de la estación Páramo, registrando 24 μ rad la Norte y 150 μ rad en la Este (Figura 68).

Para el periodo evaluado se observa estabilidad en el registro de los inclinómetros electrónicos Florida y Lavas (Figuras 69 y 70).

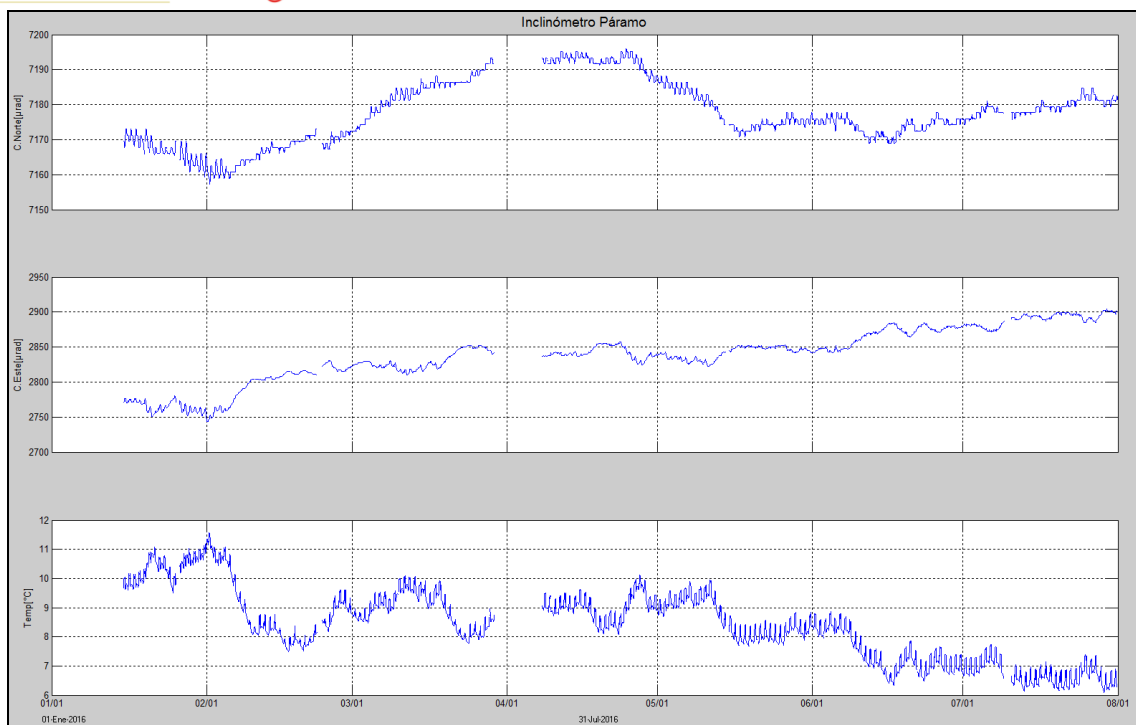


Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2016 y el 31 de julio de 2016.

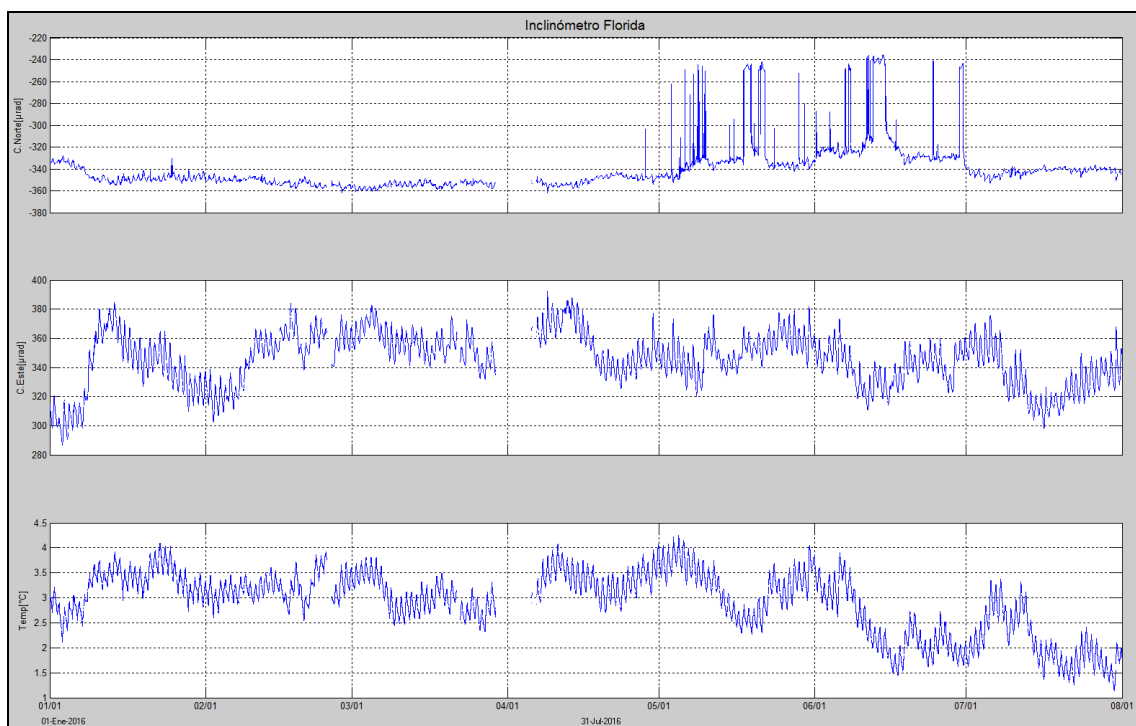


Figura 69. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

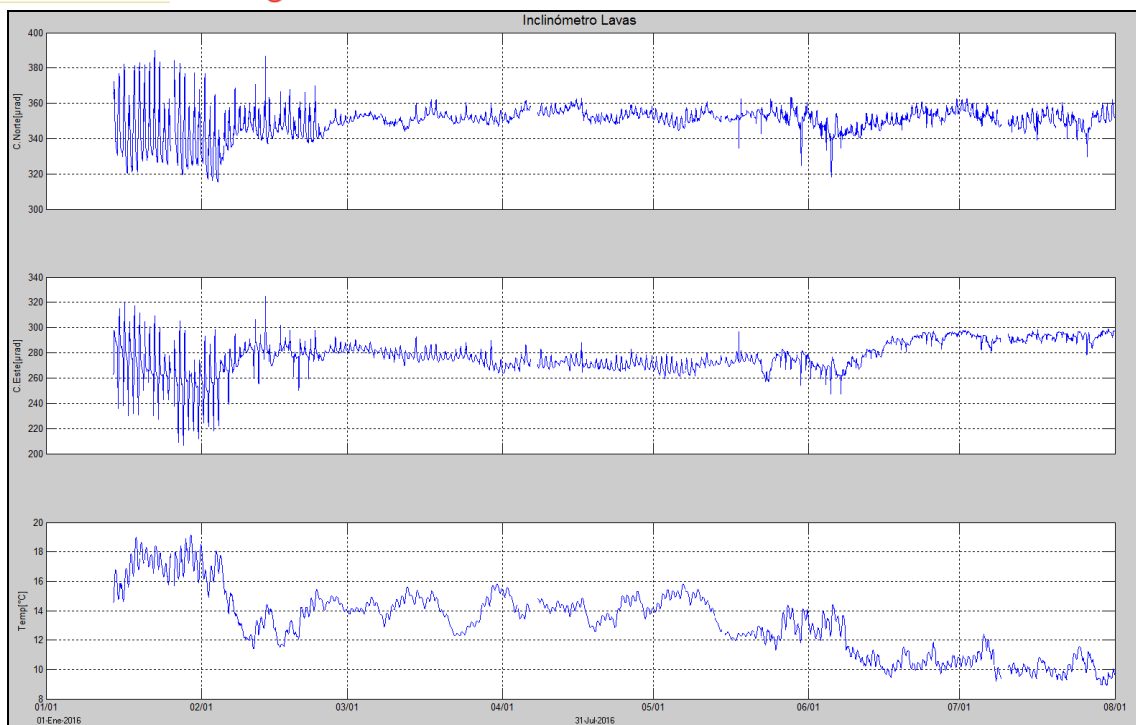


Figura 70. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

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 julio de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.6. Conclusión

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de julio de 2016, permiten mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

La Figura 71 muestra la distribución 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 21 están sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación climatológica cerca a la estación 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 72).

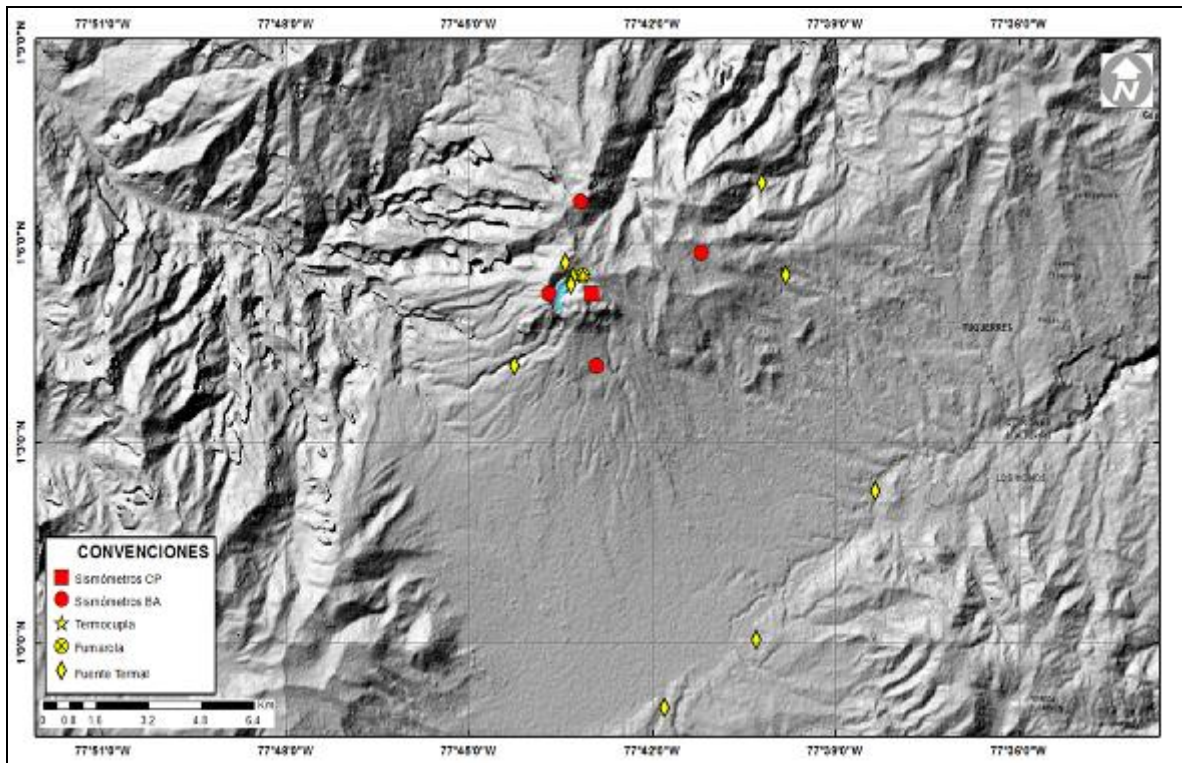


Figura 71. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.

Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante julio de 2016.

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

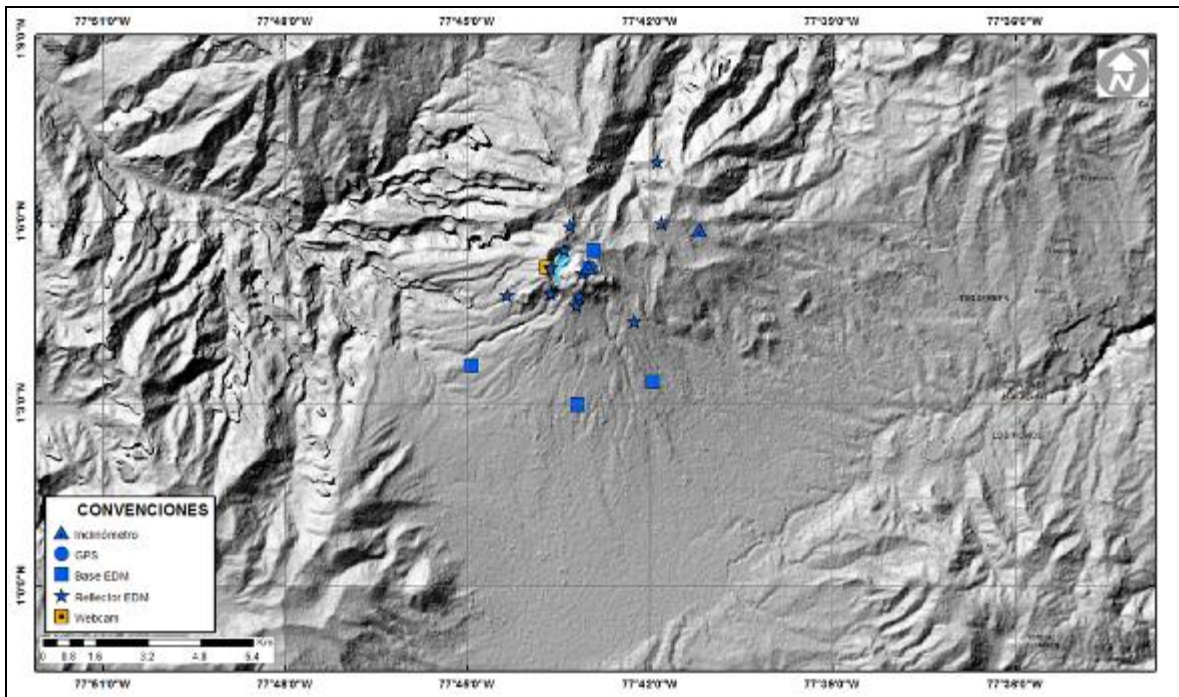


Figura 72. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de operación del 92,2% para este mes (Figura 73).

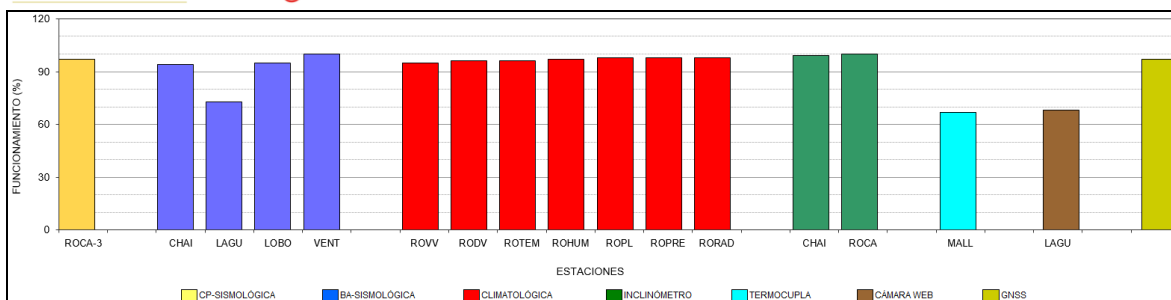


Figura 73. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de julio de 2016.

4.3.2. Sismología

Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica del volcán en julio de 2016 aumentó en comparación a la registrada en junio de 2016, pasando de 4 a 17 eventos tipo VT (Figura 74, Tabla 22). De estos eventos se localizaron 14, los cuales se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, con distancias epicentrales menores a 12 km respecto al centro de la Laguna cratérica y profundidades de hasta 17,5 km respecto a la cima (4070 msnm). La magnitud local de los eventos estuvo por debajo de 1,1 en la escala de Richter (Figura 75).

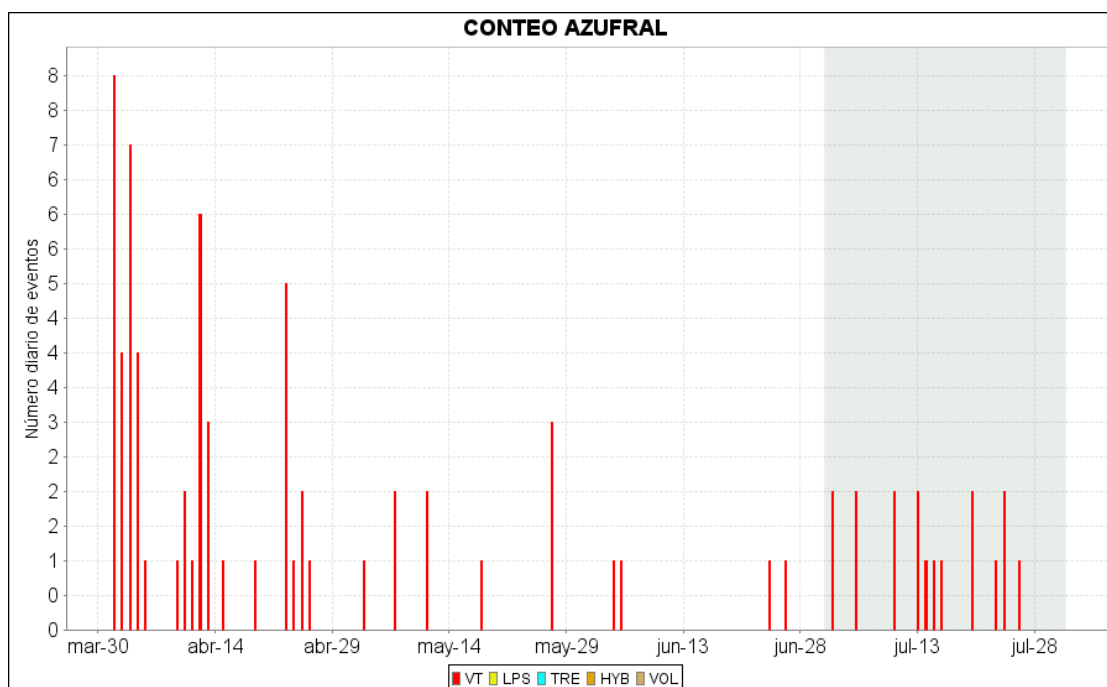


Figura 74. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016.

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2016. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-16 a 30-abr-16	48	0	0	0	48
01-may-16 a 31-may-16	9	0	0	0	9
01-jun-16 a 30-jun-16	4	0	0	0	4
01-jul-16 a 31-jul-16	17	0	0	0	17

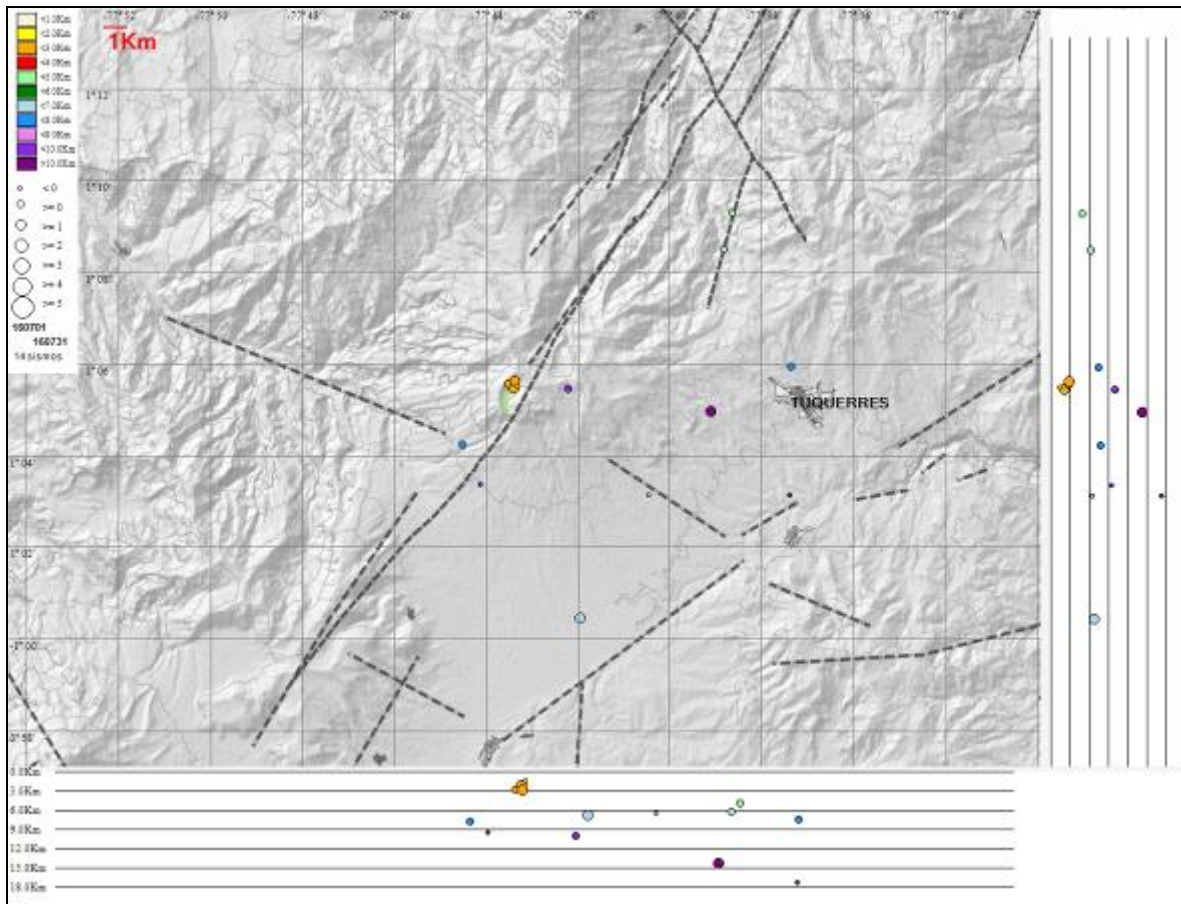


Figura 75. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de julio de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3. Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

Respecto a los procesos deformativos en superficie del edificio volcánico de Azufral, se observa un comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Chaitán (Figura 76), acumulando 36 μrad desde el 17 de junio de 2016, de igual forma para esta fecha se reporta una tendencia descendente en la componente Norte de la estación La Roca (Figura 77), registrando alrededor de 10 μrad , continua la tendencia descendente en la componente Este, variación de 163 μrad desde el 14 de enero de 2016.

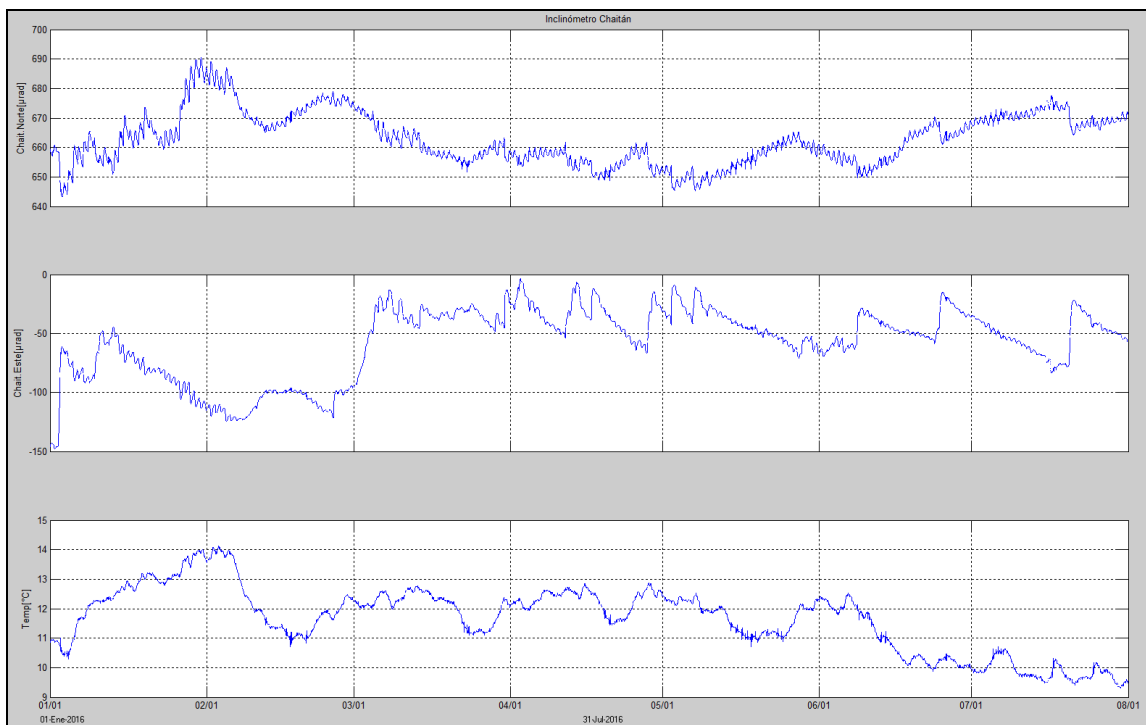


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

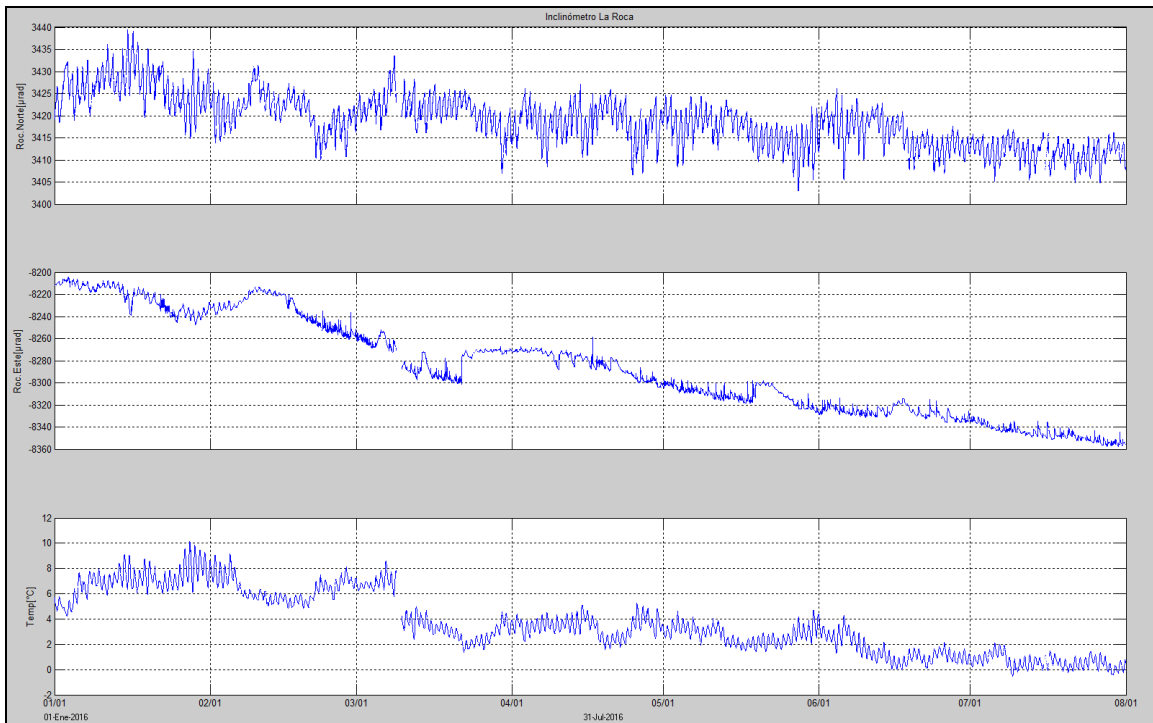


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de julio de 2016.

4.3.3.2. Estaciones 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 78, 79 y 80 se muestra comportamiento de las direcciones Norte, Este y altura del GNSS La Roca, El Lobo y Laguna instalados en Azufral.

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

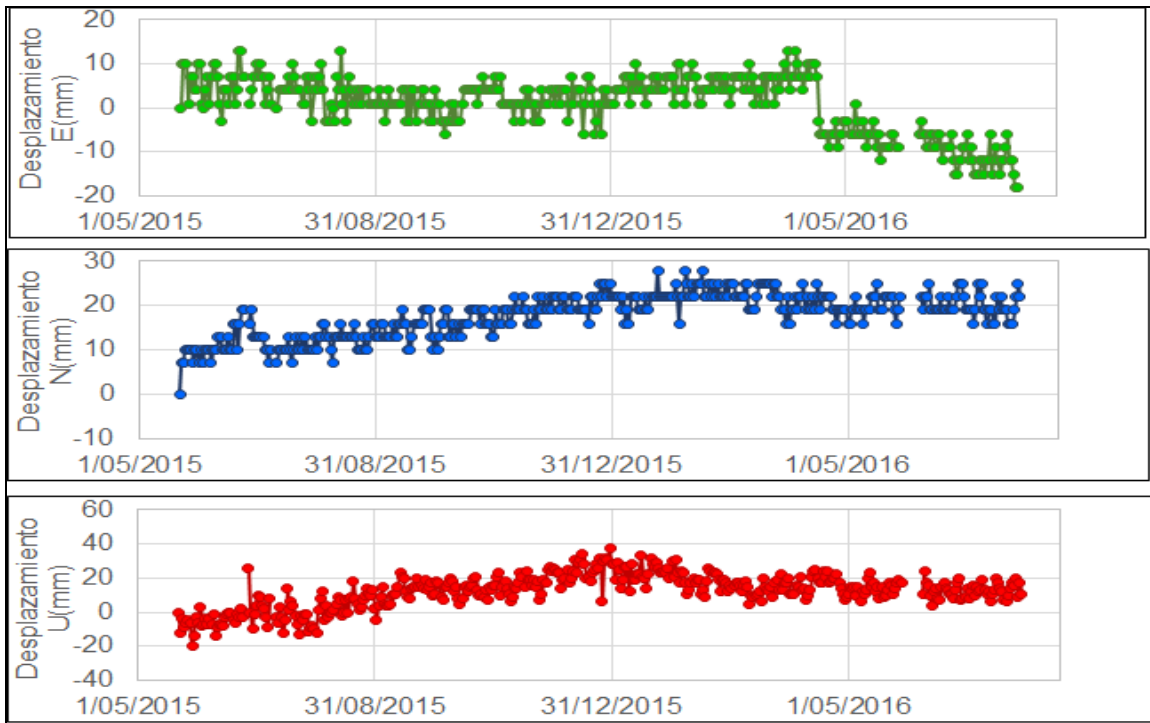


Figura 78. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 22 de mayo de 2015 y el 29 de julio de 2016.

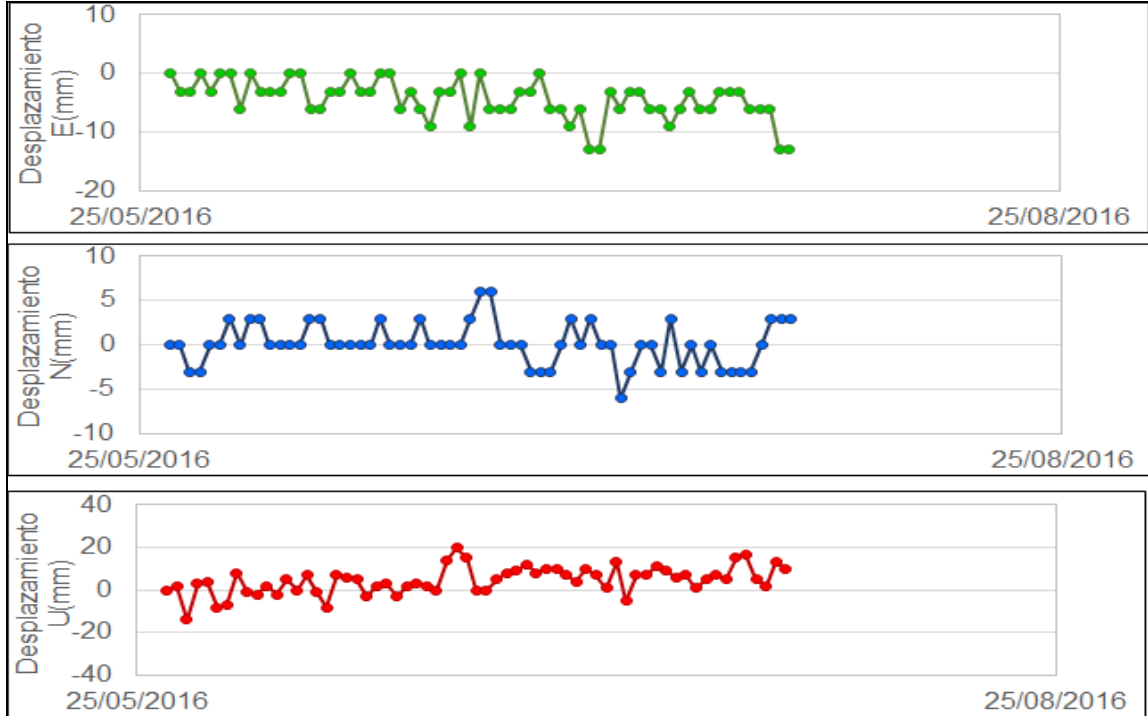


Figura 79. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Lobo instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 28 de mayo de 2016 y el 29 de julio de 2016.

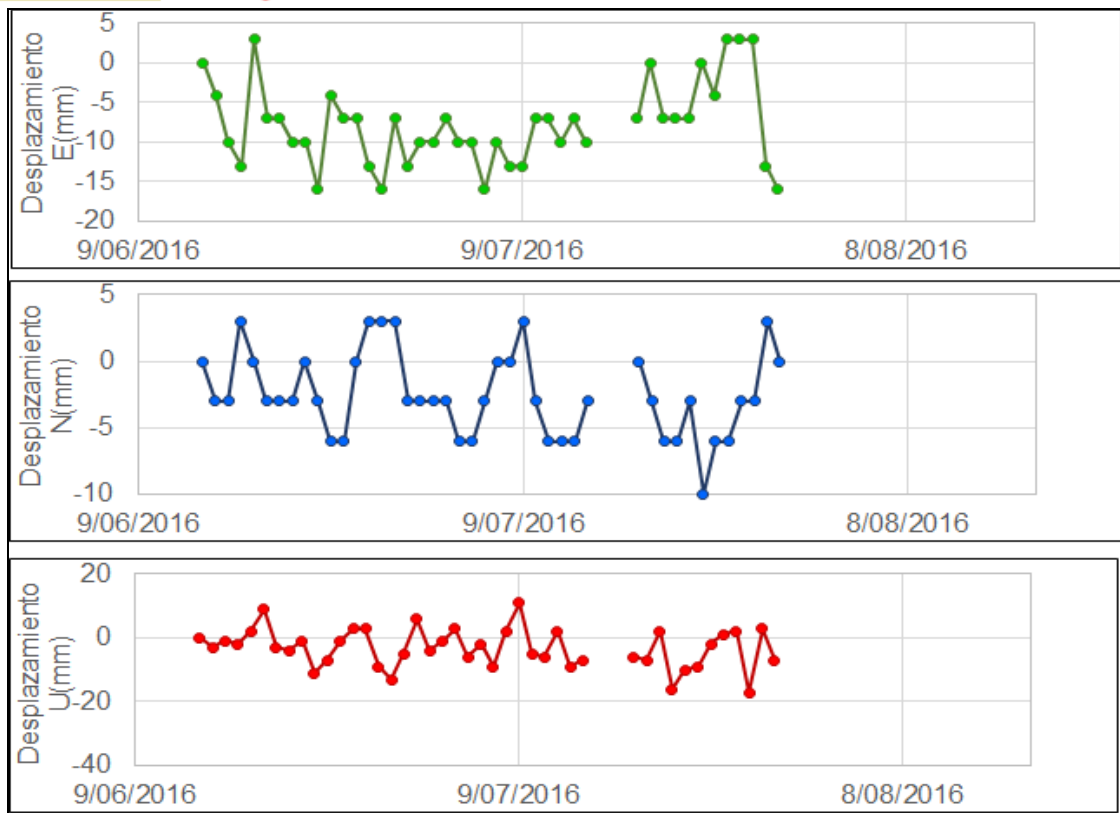


Figura 80. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Laguna instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 14 de junio de 2016 y el 29 de julio de 2016.

4.3.3.3. Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.

En julio de 2016 no se realizaron medidas de EDM.

4.3.4. Electromagnetismo

La estación de monitoreo electromagnético, instalada en el sector oriental del volcán Azufral, a finales del mes de mayo de 2016, tuvo un corto periodo de registro para el mes de julio, ya que debido a condiciones de tormentas eléctricas en la zona, el sistema tuvo algunas averías y salió temporalmente de registro. El funcionamiento de la estación fue algo menos de 15 días, durante los cuales mostro en el sensor magnético un comportamiento relacionado más con los cambios de la actividad magnética externa, asociada con la actividad solar, hecho que se puede corroborar al comparar los registros del campo magnético total de la estación Lobo (Figura 81), con los registros del campo magnético total de la estación de Kourou (Figura 82), perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del Instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa). El rango de variación del campo magnético total, en la estación Lobo fue de alrededor de 100 nT, con un valor promedio del campo de alrededor de 23.435 nT.

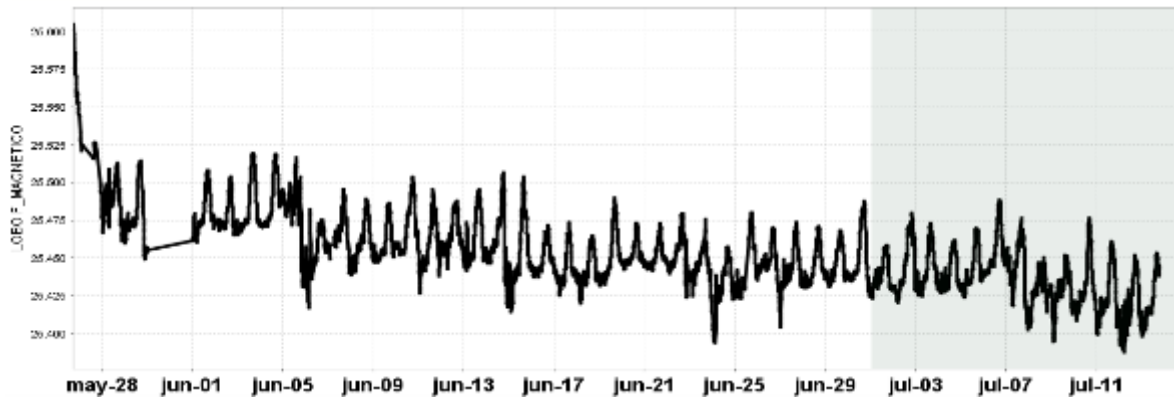


Figura 81. Intensidad del Campo Magnético Total, de la estación de monitoreo, en la zona de influencia del volcán Azufral, Lobo, para el periodo comprendido entre mayo y julio de 2016.

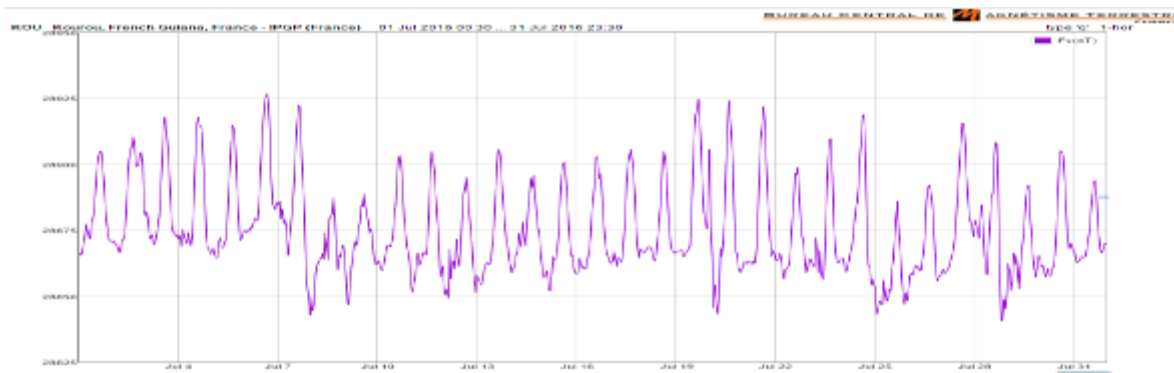


Figura 82. Intensidad del campo magnético Terrestre total F, registrado en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para el mes de julio de 2016. La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

El campo eléctrico horizontal de los sensores eléctricos de la estación Lobo, mostró un comportamiento más estable, en comparación con el mes anterior, y una tendencia ligeramente ascendente, con un rango de variación de 40 mV, que se considera como bajo, para una zona volcánica activa, y un valor promedio de campo de 233 mV (Figura 83).

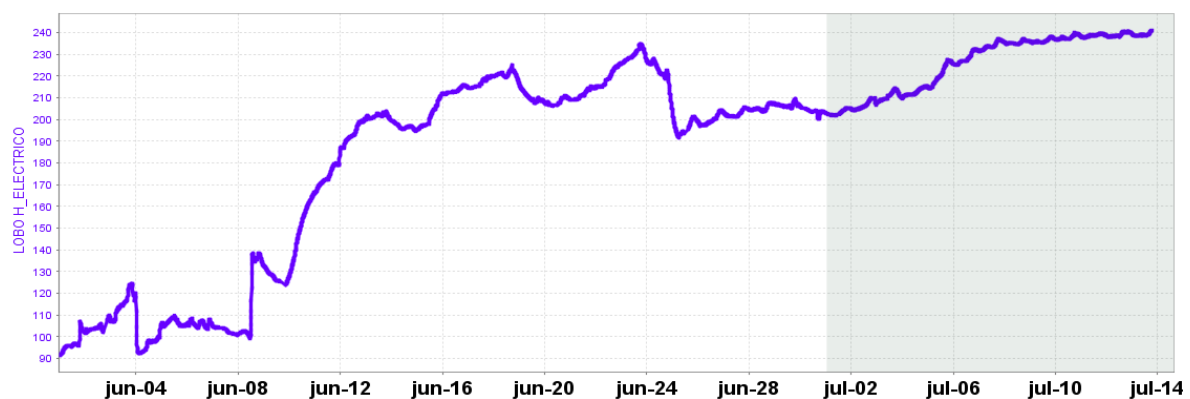


Figura 83. Variación la componente horizontal del campo eléctrico, en la estación Lobo, pertenecientes a la red de monitoreo del volcán Galeras, para periodo comprendido entre mayo y julio de 2016. La escala de medición del campo eléctrico está en mV.

4.3.5. Geoquímica

4.3.5.1. Muestreo de aguas en fuentes termales en el volcán Azufral

El volcán Azufral cuenta con una red actual de monitoreo de 10 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Salado de Malaver (A), FT La Cabaña (B), FT Quebrada Blanca (C), FT San Ramón (D), FT Arrayán Salado (E), FT Tutachag (F), FT Laguna Verde N°1 (G), FT Laguna Verde N°2 (H), Laguna Verde N°3 (I), Laguna Verde N°4 (J) (Figura 71, Tabla 23).

Para el mes de julio no fue posible realizar muestreo de parámetros fisicoquímicos en las FT LV N°2 y LV N°3 debido a la mezcla con el agua de la Laguna Verde, por lo tanto los datos no serían mensurables, ni representativos.

Tabla 23. Ubicación geográfica fuentes termales del área de influencia del volcán Azufral.

FUENTE TEMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
SALADO DE MALAVER		1.03776°	77.63923°	2901
LA CABAÑA		1.00083°	77.67163°	3047
QUEBRADA BLANCA		1.06936°	77.73779	3165

SAN RAMÓN		0.98480°	77.69732°	3033
ARRAYÁN SALADO		1.09198°	77.66354°	3108
FUENTE TEMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
TUTACHAG		1.09198°	77.66354°	3259
LAGUNA VERDE 1		1.09139°	77.72163°	3782
LAGUNA VERDE 2		1.09008°	77.72233°	3789

LAGUNA VERDE 3		1.08949°	77.72227°	3789
LAGUNA VERDE 4		1.09157°	77.72290°	3788

En la figura 84 se muestra el valor del potencial de hidrógeno (pH) correspondiente al mes de julio para las FT de la zona de influencia del volcán Azufral. 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.

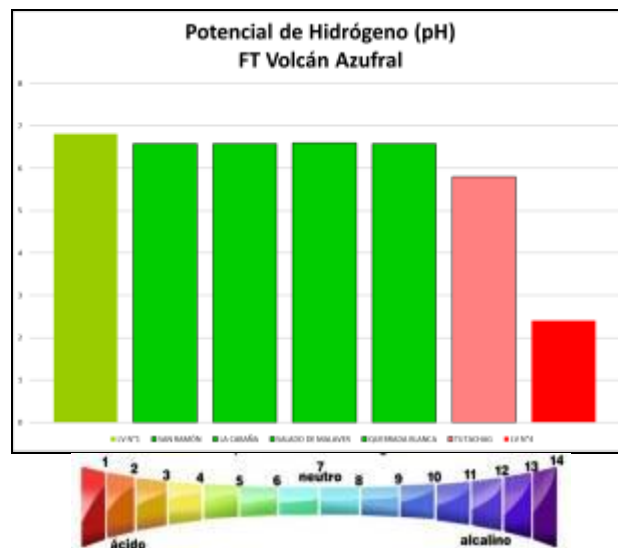


Figura 84. Potencial de hidrógeno de las FT Volcán Azufral julio 2016.

Las fuentes termales LV N°1 y LV N°4 del volcán Azufral presentan durante el mes de mayo potenciales de Hidrógeno (pH) de 2.4 (ácida) y 6.8 (Neutra).

En las figuras 85 y 86 se puede observar las variaciones de temperatura, conductividad eléctrica, pH y alcalinidad en el tiempo respecto a meses anteriores, las mediciones corresponden a las FT de la zona de influencia del volcán Azufral registradas en trabajo de campo durante el mes de julio.

Para el caso de la temperatura (Figura 85) se observa para la fuente termal LV N°4 un importante incremento para el mes de mayo de 2016, éste asociado a la salida de material (azufre elemental) ocurrido en el mismo sector donde se encuentra ubicada ("La Playita" noroeste de la Laguna Verde del volcán Azufral), sin embargo para el mes de julio el valor de temperatura desciende alrededor de 20°C. La fuente termal Quebrada Blanca ha presentado incremento de temperatura, desde su registro en marzo de 2012 (43.6°C) hasta julio de 2016 (50.4°C). La fuente termal Salado de Malaver presenta un incremento de temperatura a partir de mayo de 2014 (26.8°C) a la fecha (30.1°C). La fuente termal Arrayán Salado registra una temperatura que ha variado con el tiempo y que retorna a los rangos normales de temperatura de esta termal.

La conductividad eléctrica (Figura 86) continúa incrementando en la fuente termal Salado de Malaver, para esta ocasión se sigue observando disminución del nivel de agua de la termal, al parecer por proceso de evaporación y bajas precipitaciones en la zona, lo que podría seguir causando la concentración de las sales en solución y por ende el aumento acelerado de la conductividad eléctrica. También es posible evidenciar incrementos de la conductividad en las fuentes termales Arrayán Salado y San Ramón. Los demás manantiales mantienen un comportamiento estable.

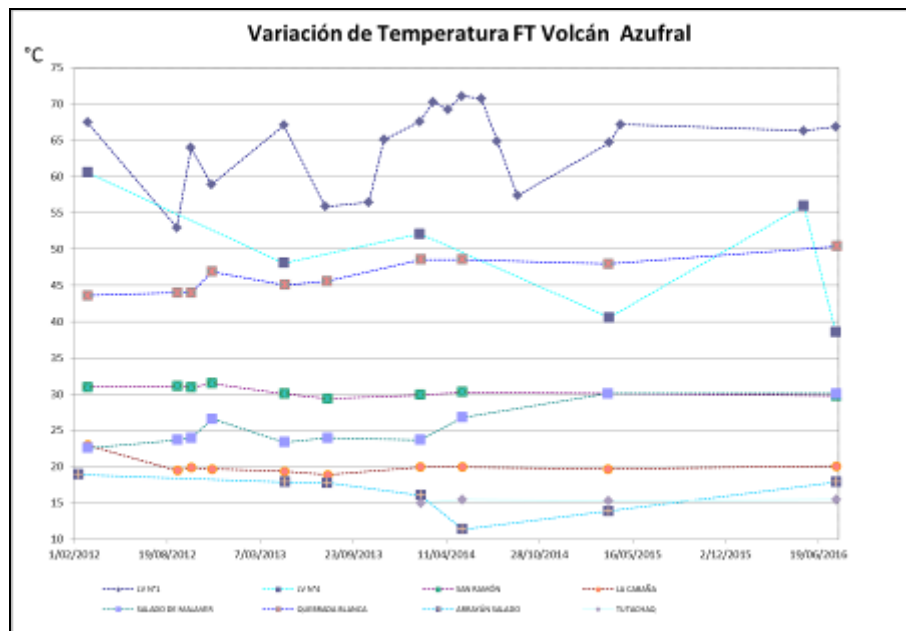


Figura 85. Variación de temperatura de las FT de Volcán Azufral – julio 2016.

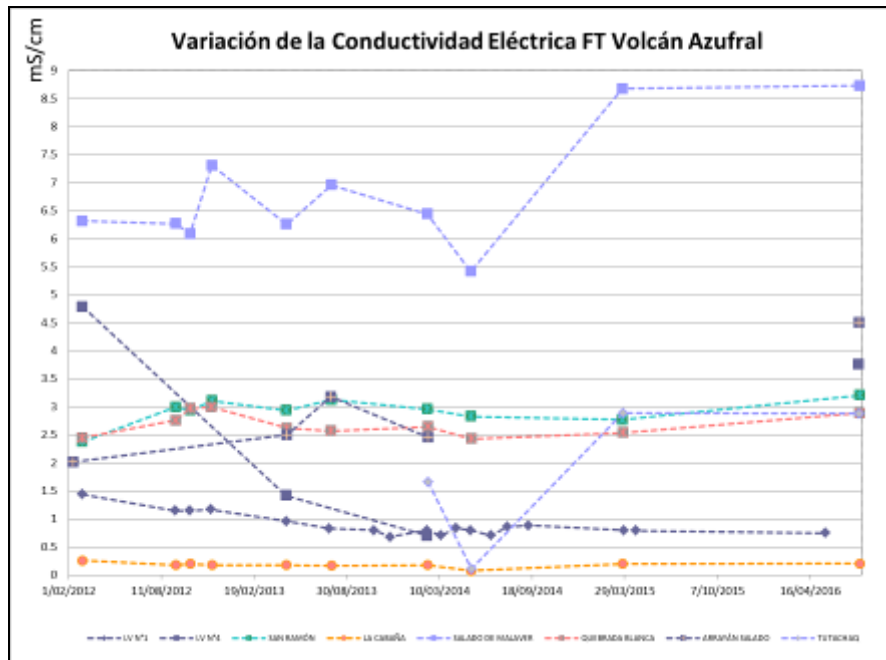


Figura 86. Variación de la conductividad eléctrica en las FT de Volcán Azufra – julio 2016.

Los manantiales de Azufra aquí registrados se clasifican como termales (tabla 24), de acuerdo a su temperatura:

Tabla 24. Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.

TEMPERATURA	CLASIFICACIÓN
20-35°C	Aguas hipotermas
35-45°C	Aguas mesotermas
45-100°C	Aguas hipotermas
100-150°C	Aguas supertermales

- Fuente termal LV N°1**

Temperatura superficial: 66.9°C (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 87), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. No fue posible realizar medida de conductividad eléctrica.

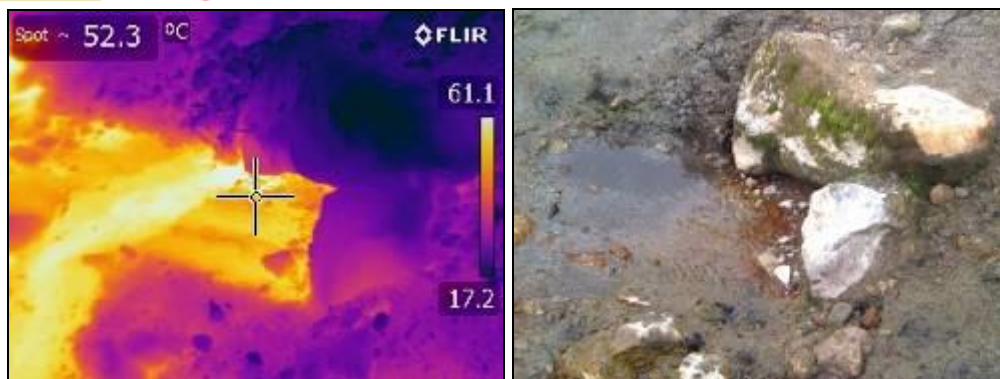


Figura 87. Imagen térmica FT LV N° 1-Volcán Azufral – Julio 2016 2015.

- **Fuente termal LV N°4**

Temperatura superficial: 38.6°C (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 3.75 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

- **Fuente termal San Ramón**

Temperatura superficial: 29.8°C. (Temperatura registrada en julio de 2016 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 88), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 3.20 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

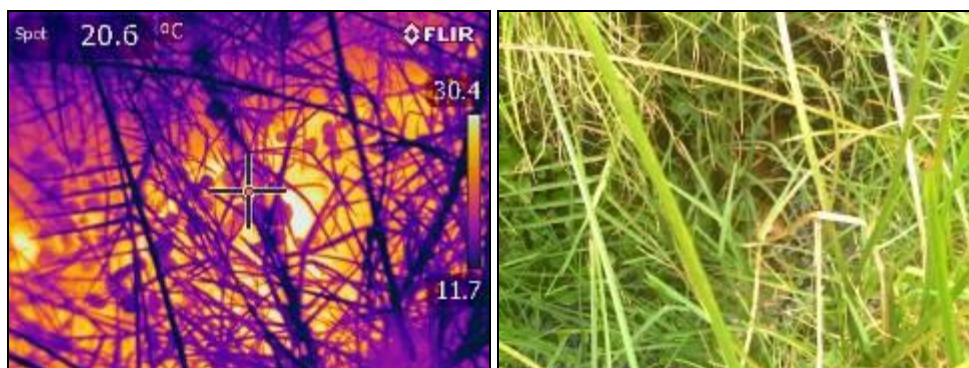


Figura 88. Imagen térmica FT LV San Ramón-Volcán Azufral – Julio 2016.

- **Fuente termal La Cabaña**

Temperatura superficial: 20.1°C. (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra por debajo de los 20°C (Figura 89), puede ser clasificada termal porque su temperatura varía en 5°C con respecto a la temperatura media ambiente. Presenta también una conductividad eléctrica de 0.2 mS/cm (25°C), que refleja prácticamente muy pocas sales solubles en el medio.

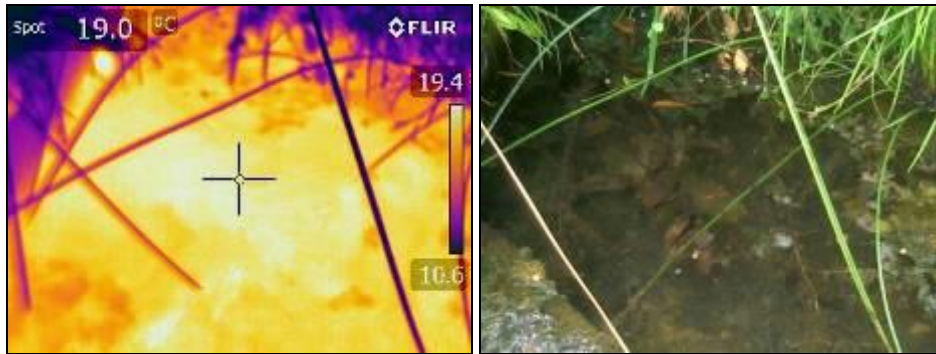


Figura 89. Imagen térmica FT La Cabaña-Volcán Azufral – Julio 2016.

- **Fuente Termal Salado de Malaver**

Temperatura superficial: 30.1°C. (Temperatura registrada en julio de 2016 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 90), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta también una alta conductividad eléctrica de 8.73 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

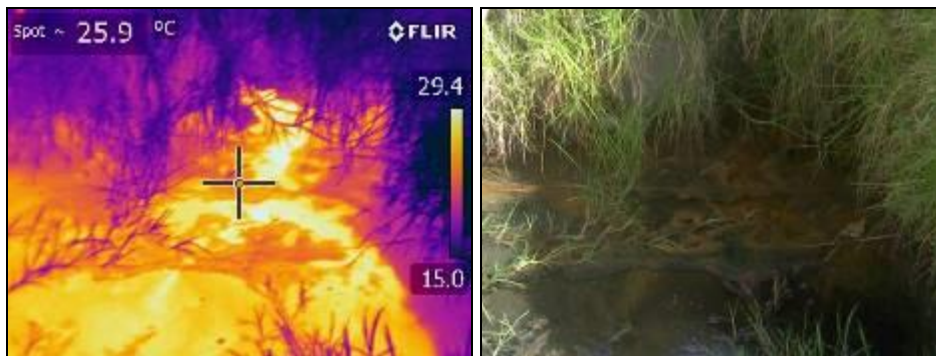


Figura 90. Imagen térmica FT Salado de Malaver-Volcán Azufral - Julio 2016.

- **Fuente Termal Quebrada Blanca**

Temperatura superficial: 50.4°C. (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 45°C y 100°C (Figura 91), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipertermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,89 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

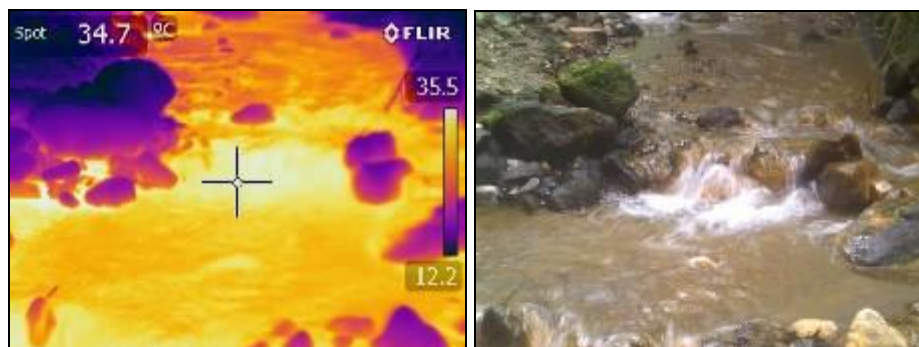


Figura 91. Imagen térmica FT Quebrada Blanca-Volcán Azufral – Julio 2016.

• Fuente Termal Arrayán Salado

Temperatura superficial: 17.9°C. (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra por debajo de los 20°C, puede ser clasificada como termal porque su temperatura varía en 5°C con respecto a la temperatura media ambiente. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 4.5 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

Fuente Termal Tutachag

Temperatura superficial: 15.5°C (Temperatura registrada en julio de 2016 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra por debajo de los 20°C (Figura 92), puede ser clasificada como termal porque su temperatura varía en 5°C con respecto a la temperatura media ambiente. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,88 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

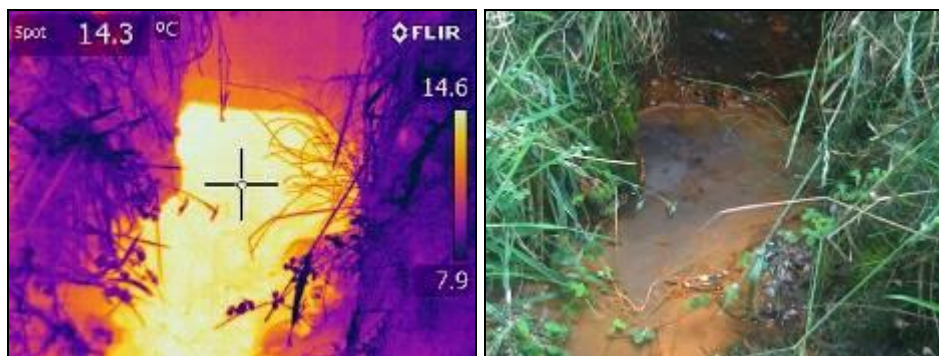


Figura 92. Imagen térmica FT Tutachag-Volcán Azufural - Julio 2016.

En las figuras 93 y 94 se presenta la variación del pH para la FT termales que fue posible su muestreo para lo cual no se observan cambios importantes en comparación con meses anteriores pero si estabilidad en el sistema. La alcalinidad presenta estabilidad en comparación con meses anteriores, con excepción de la fuente termal Salado de Malaver, el cual vuelve a incrementar su valor a partir de febrero de 2014 hasta la fecha.

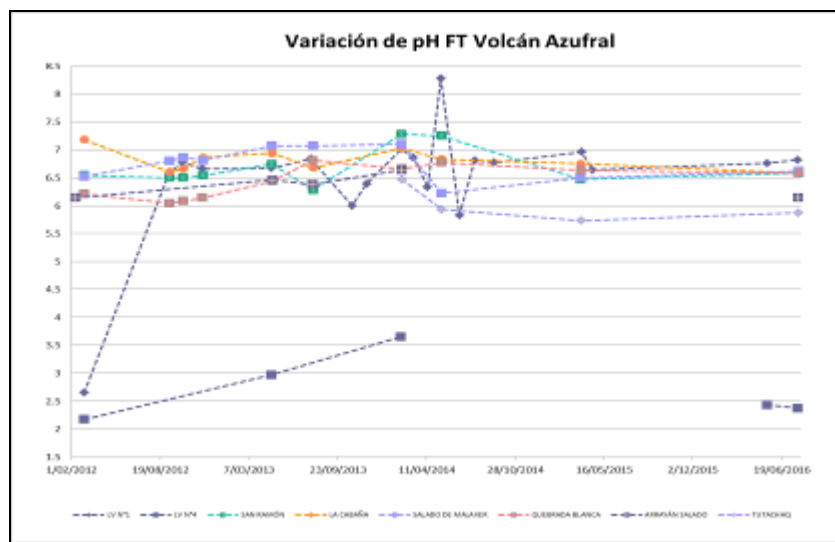


Figura 93. Variación del pH en las FT de Volcán Azufural – julio 2016

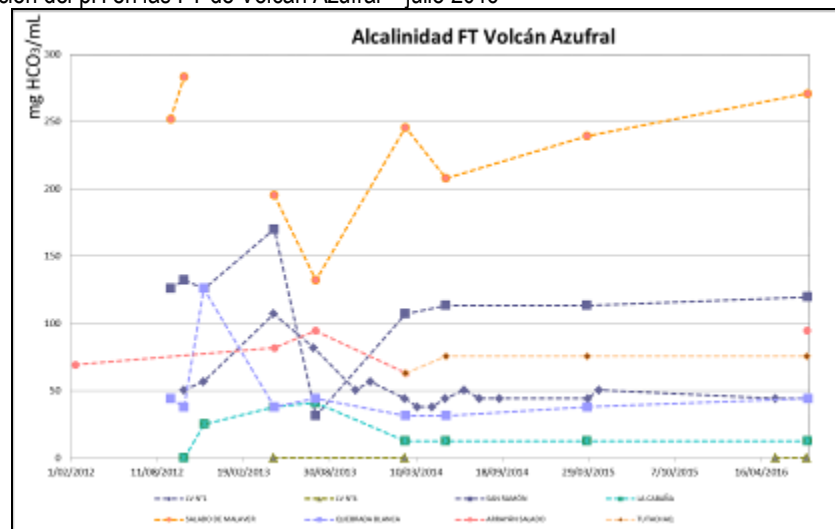


Figura 94. Variación en la concentración de bicarbonato en las FT de Volcán Azufural - julio 2016.

4.3.5.2 Registro de temperatura – Estación térmica Mallama Volcán Azufural.

Los datos sobre la variación de temperatura en el campo fumarólico “Domo Mallama” del volcán Azufural, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio (Figura 68, tabla 21), estos se registran diariamente con una tasa de muestreo de 10 minutos. La estación fue adecuada y

reinstalada en el mes de mayo de 2016, no se cuenta con registro en algunos días del mes de mayo, actualmente se encuentra en buen funcionamiento.

En la figura 95 se registran las variaciones que corresponden a variaciones día-noche. Durante el mes de junio se registra un valor máximo de 90.4°C (Tabla 25), no se observan 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.

En la figura 95 se encuentra la gráfica de la variación de temperatura con respecto al tiempo registrado por la estación térmica Mallama, desde el mes de mayo de 2016 hasta el 31 de julio de 2016.

Tabla 25. Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral– julio 2016.

TEMPERATURA	[°C]
Promedio	89.2
Máximo	90.4
Mínimo	88.1

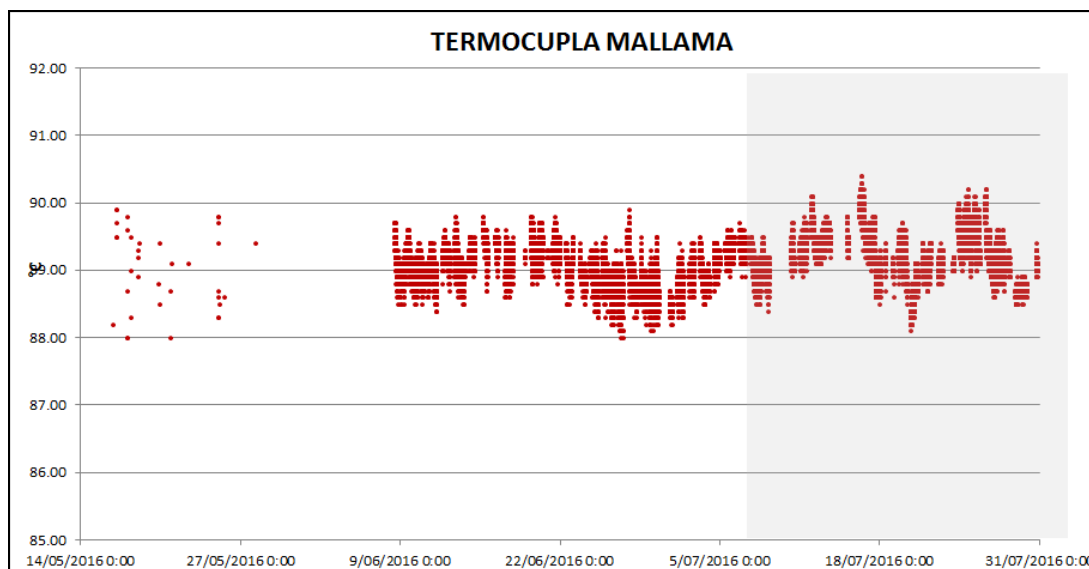


Figura 95. Temperatura Domo Mallama-Estación térmica perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral-año 2016.

4.3.5.3. Muestreo de gases de origen volcánico.

Se realizó el muestreo de gases de origen volcánico en el sector del campo fumarólico “Domo Mallama”, se presentan a continuación los datos de la medición de temperatura realizada en varias fumarolas (Figura 96, tabla 26).



Figura 96. Muestreo de temperatura en fumarolas-Domo Mallama, volcán Azufral.

Tabla 26. Datos de temperatura fumarolas-Domo Mallama julio 2015

TEMPERATURA [°C]
79.0
85.8
83.7
84.7
80.8
83.9
83.8
84.9
83.3
84.7
83.6
86.2
79.4
79.1
83.3

4.3.6. Actividad Superficial

Condiciones de clima favorables durante los días 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 15, 22, 23, 24, 25 y 26 de julio, permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura y en poca cantidad provenientes principalmente del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde (Figura 97).



Figura 97. Imagen registrada por la cámara web ubicada en el sector sur de la Laguna Verde del volcán Azufral el 15 de julio de 2016 a las 7:58 a.m.

4.3.6. Conclusión

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante julio de 2016 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.