

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	Jul/2015
Título		Informe Mensual de Actividad del volcán Galeras y los volcanes Cumbal, Doña Juana, Azufral, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Julio de 2015.
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 2015.
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 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.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	<p>Descriptor primarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> -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	<ul style="list-style-type: none"> - 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\WIGLANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2015\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, Chilles y Cerro Negro para acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato. Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato DOC y PDF
Opción de transferencia digital		

Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2015.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	John Makario Londoño, 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 2015**

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, agosto de 2015

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	9
	INTRODUCCION	11
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS – JULIO DE 2015	12
1.1.	RED DE VIGILANCIA	12
1.2.	SISMOLOGÍA	17
1.3.	DEFORMACIÓN	22
1.3.1.	Estaciones de Inclinometría Electrónica	22
1.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras	27
1.3.3.	Estaciones GNSS permanentes	27
1.4.	ELECTROMAGNETISMO	31
1.5.	GEOQUÍMICA	33
1.5.1.	Muestreo de gases de origen volcánico en Volcán Galeras	33
1.5.1.1.	Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO ₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS	33
1.5.1.2.	Flujo de gas Radón 222 – (Rn222) telemétrico	35
1.5.2.	Muestreo de aguas en fuentes termales.	37
1.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS	42
1.7.	CONCLUSIONES	44
2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – JULIO DE 2015	45
2.1.	RED DE VIGILANCIA	45
2.2.	SISMOLOGÍA	46
2.3.	DEFORMACIÓN	49
2.4.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	51
2.5.	CONCLUSIONES	53
3.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – JULIO DE 2015	54
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	54
3.2.	RED DE VIGILANCIA	54
3.3.	SISMOLOGÍA	57
3.4.	DEFORMACIÓN	60
3.5.	GEOQUÍMICA	62
3.5.1.	Muestreo de aguas en fuentes termales del volcán Chiles	62
3.5.2.	Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande	62
3.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	63
3.7.	CONCLUSIÓN	63
4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – JULIO DE 2015	64
4.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN LAS ANIMAS	65
4.1.1.	Ubicación Geográfica	65
4.1.2.	Red de Vigilancia	65
4.1.3.	Sismología	66
4.1.4.	Deformación	66
4.1.5.	Actividad Superficial	68
4.1.6.	Conclusión	68
4.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA	69
4.2.1.	Red de vigilancia	69
4.2.2.	Sismología	70
4.2.3.	Deformación	71

4.2.4.	Actividad Superficial	73
4.2.5.	Conclusión	73
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN AZUFRAL	74
4.3.1.	Red de vigilancia	74
4.3.2.	Sismología	76
4.3.3.	Deformación	77
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	77
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias E.D.M.	78
4.3.4.	Geoquímica	79
4.3.5.	Actividad Superficial	79
4.3.6.	Conclusión	79

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 2015.	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 2015.	14
Figura 3.	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alkalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2015.	15
Figura 4.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en julio de 2015.	16
Figura 5.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de abril y julio de 2015.	18
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 2015. La región sombreada corresponde al mes de Julio.	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).	19
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 2015.	20
Figura 9.	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para julio de 2015 (barras de la derecha) respecto a junio de 2015 (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 2015.	21
Figura 11.	Sismogramas y espectro del evento tipo Tornillo registrado el 16 de julio a las 2:40 p.m.	21
Figura 12.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).	22
Figura 13.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	23
Figura 14.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	24
Figura 15.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	24
Figura 16.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	25
Figura 17.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	25
Figura 18.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	26
Figura 19.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	26
Figura 20.	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	28
Figura 21.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 2 de abril de 2014 y el 10 de julio de 2015.	28

Figura 22.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 10 de agosto de 2013 y el 10 de julio de 2015.	29
Figura 23.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de mayo de 2014 y el 10 de julio de 2015.	29
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 8 de marzo de 2015 y el 10 de julio de 2015.	30
Figura 25.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 10 de agosto de 2013 y el 10 de julio de 2015.	30
Figura 26.	Variaciones del campo magnético, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 25 de junio y el 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja).	31
Figura 27.	Variaciones del campo magnético, en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 1 de junio y el 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja).	31
Figura 28.	Variaciones del campo magnético, en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, entre el 1 de junio al 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja) y campo total (negra).	32
Figura 29.	Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, entre el 24 de junio y el 31 de julio de 2015.	32
Figura 30.	Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, entre el 16 y el 31 de julio de 2015.	33
Figura 31.	Flujo de emisión de SO ₂ registrado entre abril y julio de 2015 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	34
Figura 32.	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂), velocidad y dirección del viento - mes de julio 2015.	34
Figura 33.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	35
Figura 34.	Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Lavas - mes de julio 2015.	36
Figura 35.	Concentración radón en suelo volcán Galeras - estación telemétrica Parques - mes de julio 2015.	36
Figura 36.	Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.	37
Figura 37.	Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Galeras en mayo 2015. Los colores 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 el pH.	39
Figura 38.	Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles entre agosto de 2012 y julio de 2015.	39
Figura 39.	Imagen térmica FT Río Pasto julio 2015.	40
Figura 40.	Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras entre agosto de 2012 y julio de 2015.	41
Figura 41.	Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Galeras hasta julio de 2015.	42
Figura 42.	Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta julio de 2015.	42
Figura 43.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 13 de julio de 2015 a las 6:42 p.m.	43
Figura 44.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras web ubicadas en Barranco (Arriba Izquierda) Bruma (Arriba Derecha) y desde Consacá (Abajo) el 16 de julio en horas de la tarde.	43
Figura 45.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en Barranco el 17 de julio a las 6:22 p.m.	44
Figura 46.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras web ubicadas en Barranco y Bruma el 26 de julio a las 4:41 p.m. y a las 6:52 p.m. respectivamente.	44
Figura 47.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo	45

	volcánico de Cumbal durante el mes de julio de 2015.	
Figura 48.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en julio de 2015.	46
Figura 49.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y julio de 2015. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.	47
Figura 50.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.	47
Figura 51.	Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 20 de julio de 2015 a las 11:29 p.m., el evento tuvo una duración de 42 segundos en la estación sísmica Limones.	48
Figura 52.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	49
Figura 53.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	50
Figura 54.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el Complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	50
Figura 55.	Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	51
Figura 56.	Registro fotográfico de las emisiones de gases observadas el 3 de julio de 2015 a las 6:18 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	52
Figura 57.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 24 de julio a las 5:58 p.m., desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	52
Figura 58.	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	54
Figura 59.	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	55
Figura 60.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante julio de 2015.	56
Figura 61.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de julio de 2015.	57
Figura 62.	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 2015.	58
Figura 63.	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 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	59
Figura 64.	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 2015.	59
Figura 65.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	60
Figura 66.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	61
Figura 67.	Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	61

Figura 68.	Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – julio 2015.	62
Figura 69.	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.	64
Figura 70.	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	65
Figura 71.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de julio de 2015. En el mapa se distinguen también los volcanes Doña Juana y Petacas. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.	66
Figura 72.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante julio de 2015.	66
Figura 73.	Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	67
Figura 74.	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	67
Figura 75.	Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	69
Figura 76.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de julio de 2015.	70
Figura 77.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.	71
Figura 78.	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 2015 y el 31 de julio de 2015.	72
Figura 79.	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 de 2015 y el 31 de julio de 2015.	72
Figura 80.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de julio de 2015.	74
Figura 81.	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 2015.	75
Figura 82.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de julio de 2015.	76
Figura 83.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.	76
Figura 84.	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 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	77
Figura 85.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.	78
Figura 86.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Roca instalado en Azufral, para el periodo comprendido entre el mes de mayo de 2015 y el 7 de julio de 2015.	78
Figura 87.	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el día 20 de julio a la 1:43 p.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.	79

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en julio de 2015.	14
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2015.	15
Tabla 3.	Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2015.	15
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en mayo de 2015.	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 (Línea Galeras).	16
Tabla 7.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 y 30 de julio de 2015, 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 el 31 de julio de 2015, resaltando en color verde el mes evaluado.	19
Tabla 9.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de julio de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	34
Tabla 10.	Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de julio 2015.	36
Tabla 11.	Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras - mes de julio 2015.	36
Tabla 12.	Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.	38
Tabla 13.	Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras muestreadas en Julio 2015.	38
Tabla 14.	Clasificación de aguas termales de acuerdo a la temperatura.	40
Tabla 15.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante julio de 2015.	46
Tabla 16.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015(resaltado en color verde).	46
Tabla 17.	Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	55
Tabla 18.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	56
Tabla 19.	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 2015.	57
Tabla 20.	Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – julio 2015.	62
Tabla 21.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en julio de 2015.	65
Tabla 22.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en julio 2015.	70
Tabla 23.	Número de eventos volcánicos por tipo registrados en el volcán Doña Juana entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.	70
Tabla 24.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante julio de 2015.	75
Tabla 25.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.	76



RESUMEN

Durante el mes de julio de 2015, la actividad sísmica como la energía liberada por los eventos registrados en el volcán Galeras presentó un descenso en comparación a los valores registrados en junio de 2015. Los sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (LPS) seguidos por aquellos a fracturamiento de roca (VT) fueron los que aportaron el mayor número. Estos últimos eventos fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB), la mayoría se ubicaron en inmediaciones del Cráter, a menos de 4 km de distancia y con profundidades menores a 10 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 2,2 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, tres de ellos, ubicados hacia el costado occidental continúan mostrando cambios simultáneos desde el mes de septiembre de 2014, correspondientes a tendencias ascendentes en una de las componentes de inclinación.

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 15 días 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 menores a los 200 m sobre sus centros de emisión.

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 con movimiento de fluidos de fuente transitoria (LPS) en el interior de la estructura volcánica. Comparando la actividad sísmica del periodo evaluado con la del mes anterior, se observa un descenso del 14,5% en los niveles de ocurrencia.

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 7 sismos, los cuales se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 15 km de distancia respecto al centro del complejo volcánico y profundidades de hasta 15 km. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,5 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, disminuyó en un 56,7% respecto a la registrada en junio de 2015. De esta sismicidad fue posible localizar 137 eventos, ubicados en su mayoría a menos de 8 km de distancia al suroccidente del volcán Chiles, con profundidades de hasta 7 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,7 en la escala de Richter.

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

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro durante julio de 2015 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 1 y 7 eventos tipo VT respectivamente, los cuales fueron de bajo nivel energético.

En el volcán Las Ánimas no se tuvo registro de actividad sísmica.

Condiciones de clima favorables durante la mitad del mes, permitieron evidenciar a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán Azufral, emisiones de gas de color blanco de baja altura, provenientes principalmente de uno de los domos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

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 2015, 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, Las Ánimas mediante el monitoreo en forma continua 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 2015

1.1. RED DE VIGILANCIA

En julio de 2015 la red de vigilancia del volcán Galeras estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: cinco de corto periodo (cuatro triaxiales y una de componente vertical) y nueve 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, otro 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 2015, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman la red de monitoreo volcánico de Galeras; además, se realizaron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 90%, 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.

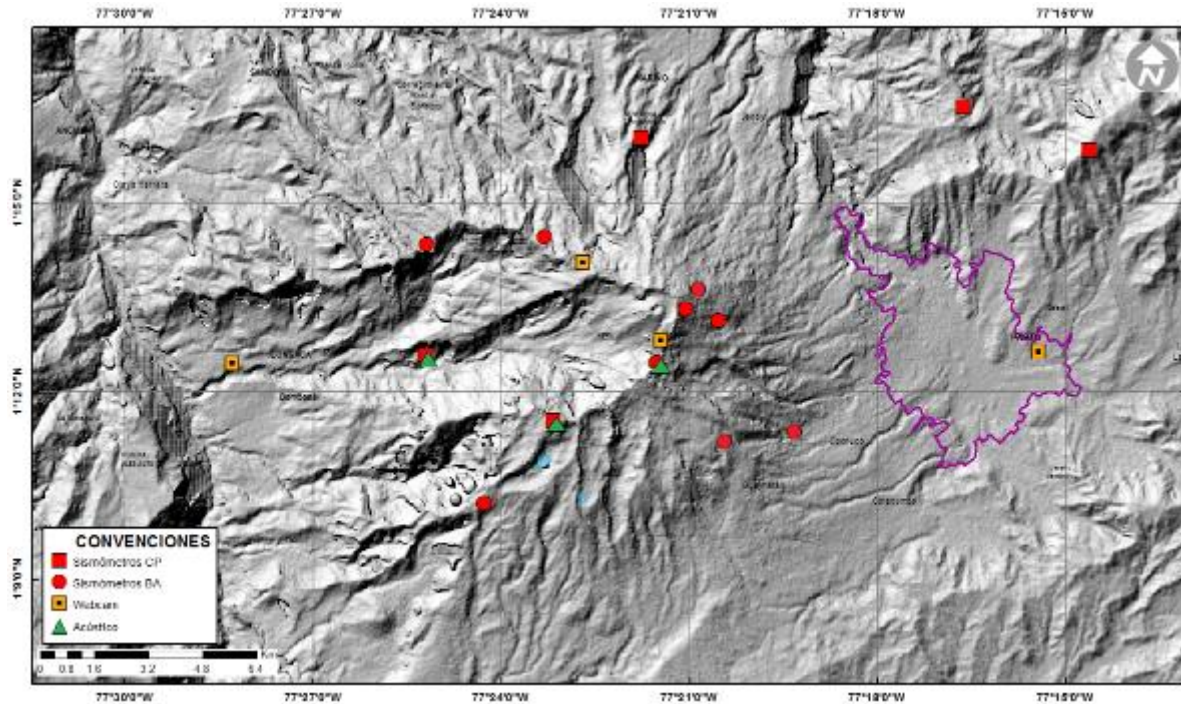


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2015.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en julio de 2015.

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

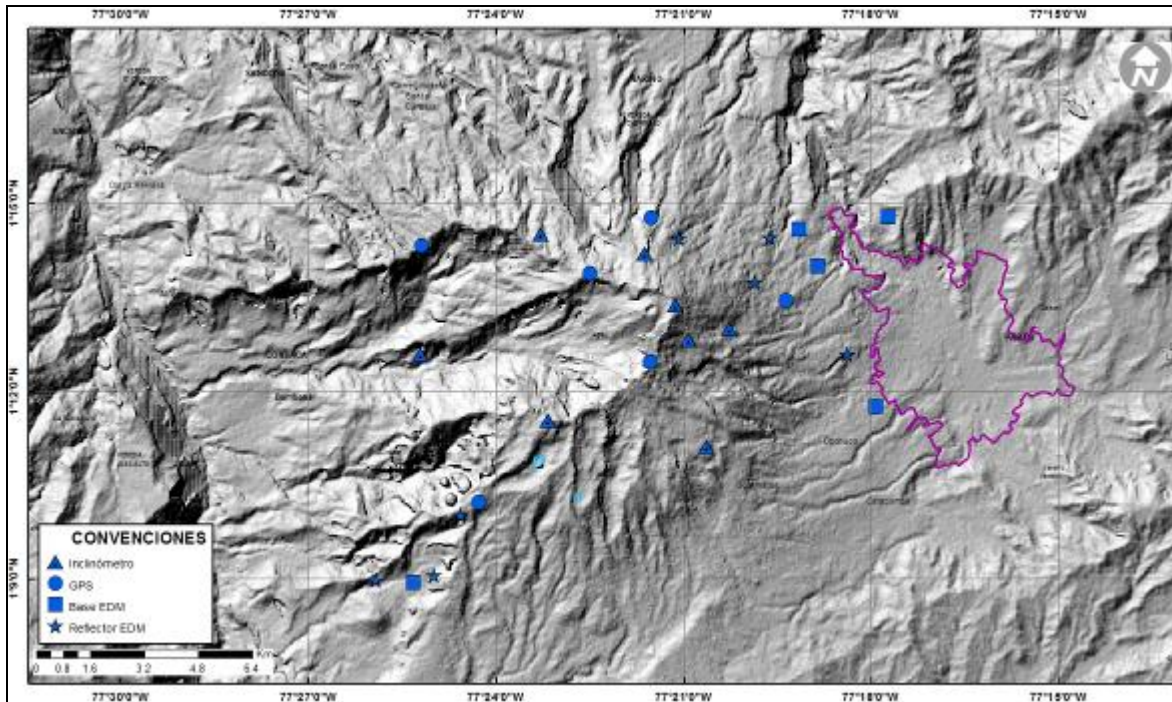


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2015.

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en julio de 2015.

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 2015.

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

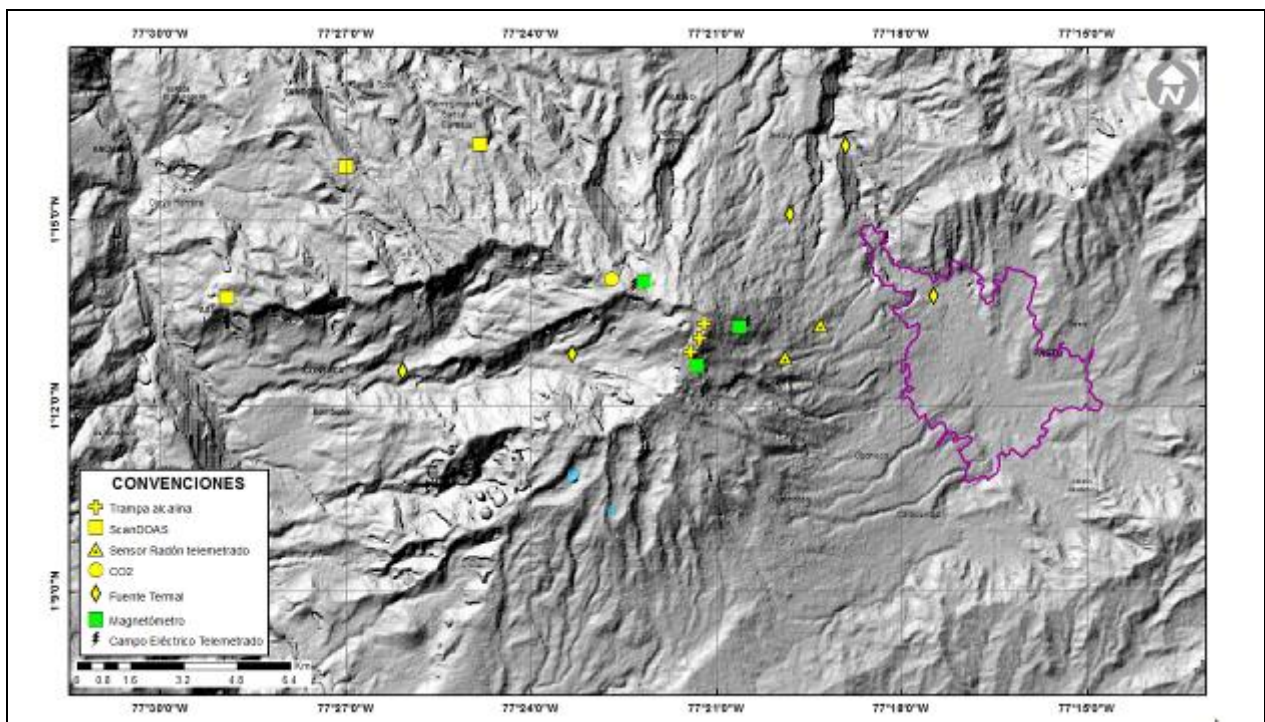


Figura 3. Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alkalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en julio de 2015.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en mayo de 2015.

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 (Línea Galeras).

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

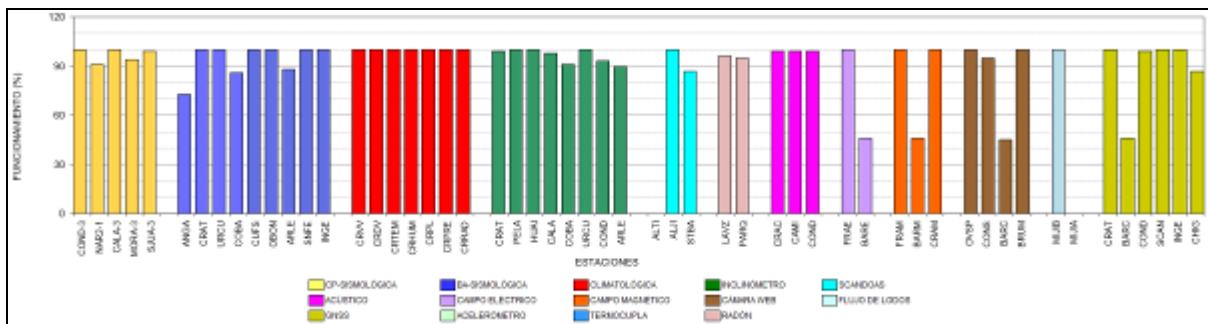


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en julio de 2015.

1.2. SISMOLOGIA

En el mes de julio de 2015, la actividad sísmica de Galeras disminuyó en un 8%, pasando de 589 a 494 eventos. La sismicidad se caracterizó por el predominio de eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Eventos Tipo LP), con un 45,9% del número total de sismos registrados, seguidos en porcentaje de ocurrencia por eventos asociados a fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica (sismos tipo VT) con un 40 %. Los eventos asociados a fracturamiento de material cortical con el consiguiente movimiento de fluidos (sismos tipo HYB) aportaron con un 14,1 %. No se tuvo registro de sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente en los conductos o grietas del volcán (tremor volcánico, TRE). La Figura 5 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

En comparación con el mes anterior se evidencia que el número de eventos LP fue mayor en 6.6 veces, los sismos VT disminuyeron en un 40,5 % y los HYB disminuyeron en un 57,7% (Tabla 7, Figuras 6 y 7).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 y 30 de julio de 2015, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						Duración TREMOR (min)
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL	NO CLASIFICABLES	
01-abr-15 a 30-abr-15	35	14	4	23	76	1647	6
01-may-15 a 31-may-15	114	43	0	212	369	891	6
01-jun-15 a 30-jun-15	195	20	3	97	315	589	7
01-jul-15 a 31-jul-15	116	133	0	41	290	494	0

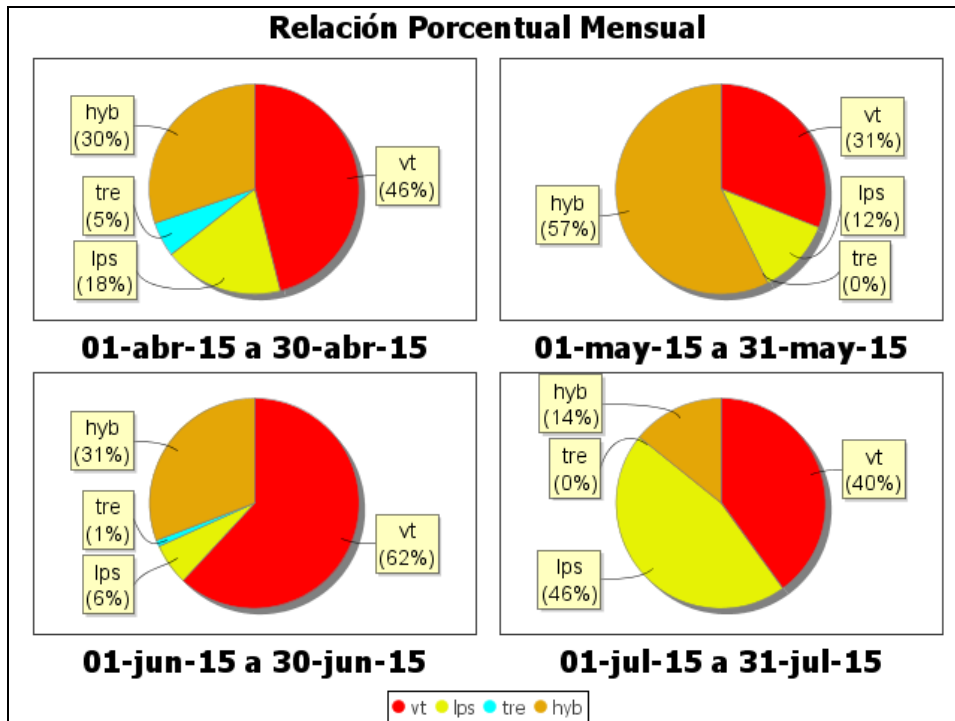


Figura 5. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de abril y julio de 2015.

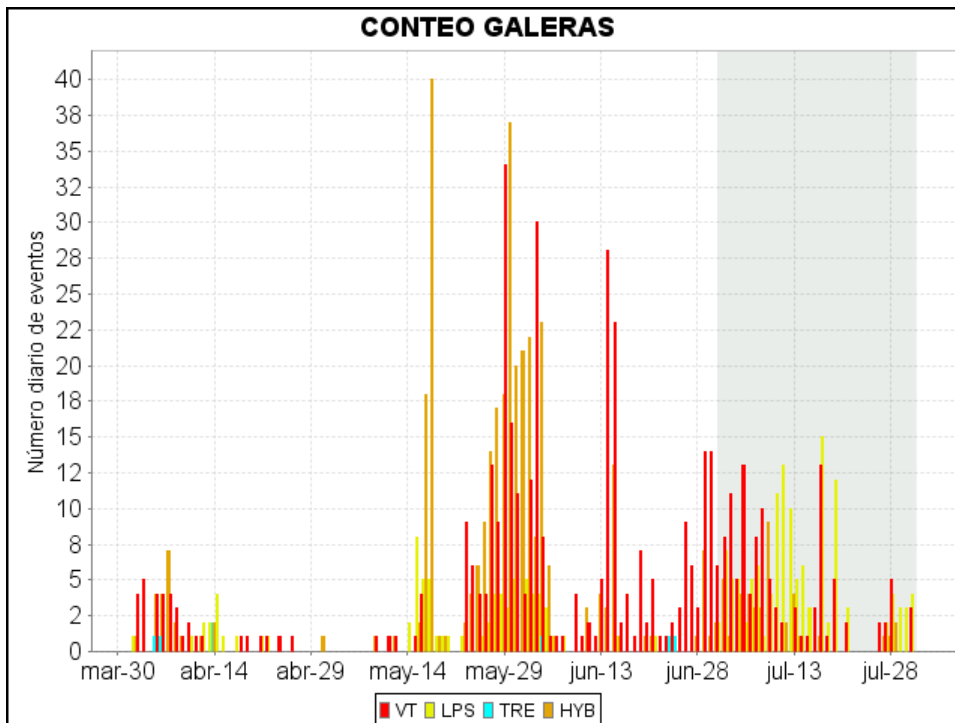


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015. La región sombreada corresponde al mes de Julio.

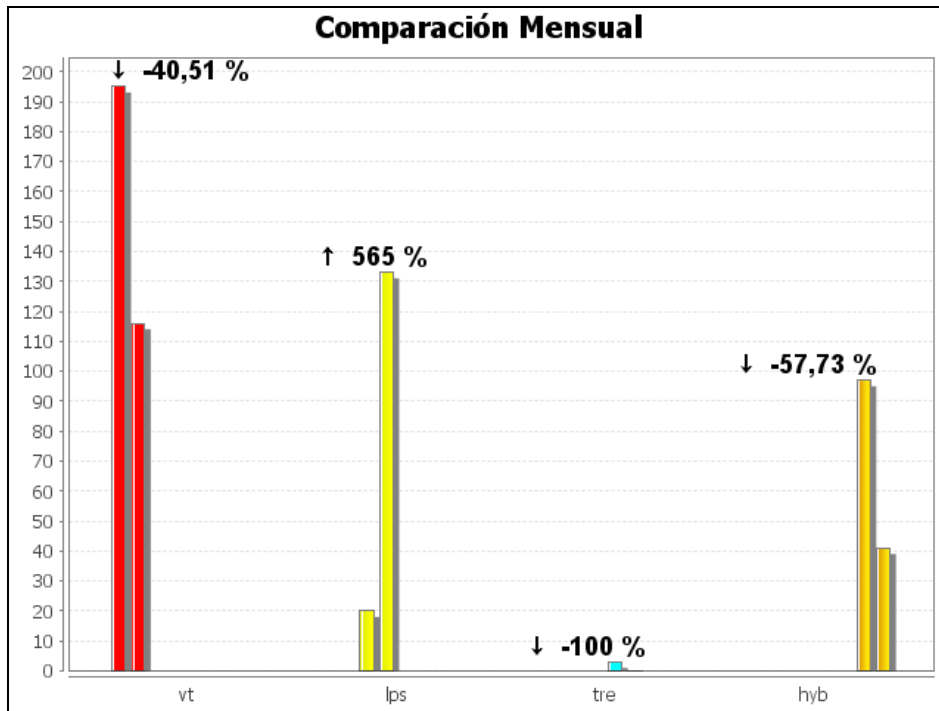


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).

Para el periodo evaluado, el valor total de la energía sísmica liberada disminuyó en un 99,5% en comparación a lo registrado en junio de 2015, pasando de $5,59 \times 10^{15}$ ergios a $2,31 \times 10^{13}$ ergios. Los eventos que aportaron la mayor energía fueron los sismos VT con un 90,1%, seguidos por los eventos tipo LPS con un 6,8%, mientras que los eventos tipo HYB aportaron con el 3,1% (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 el 31 de julio de 2015, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-15 a 30-abr-15	3.34E+15	8.47E+11	8.79E+09	1.40E+11	3.34E+15
01-may-15 a 31-may-15	6.58E+13	8.16E+12	0.00E+00	2.17E+13	9.57E+13
01-jun-15 a 30-jun-15	5.51E+15	1.50E+13	5.11E+12	5.68E+13	5.59E+15
01-jul-15 a 31-jul-15	2.08E+13	1.57E+12	0.00E+00	7.08E+11	2.31E+13

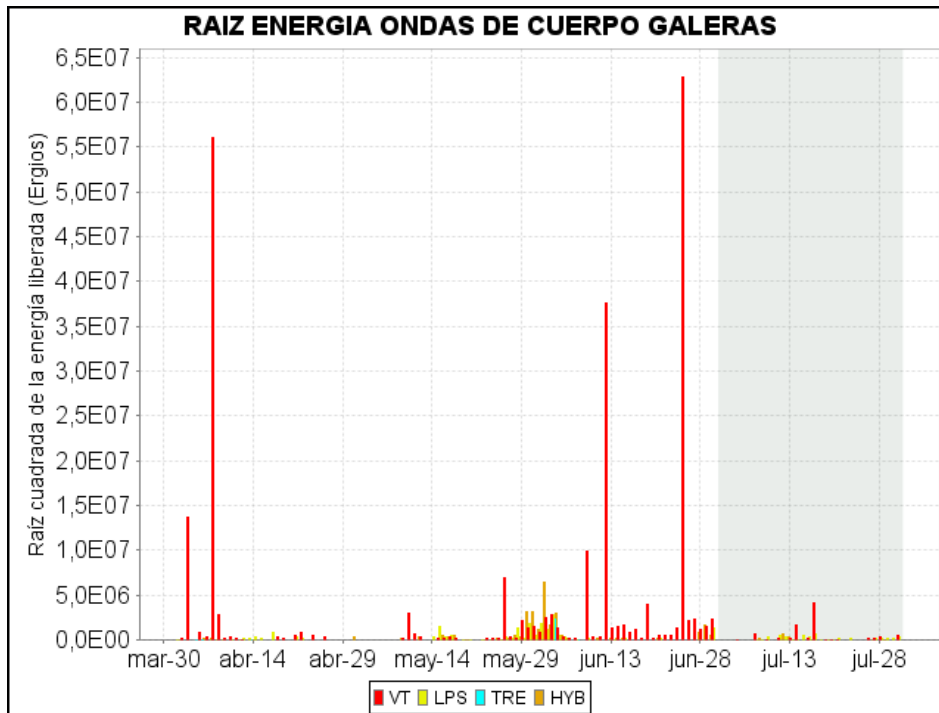


Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

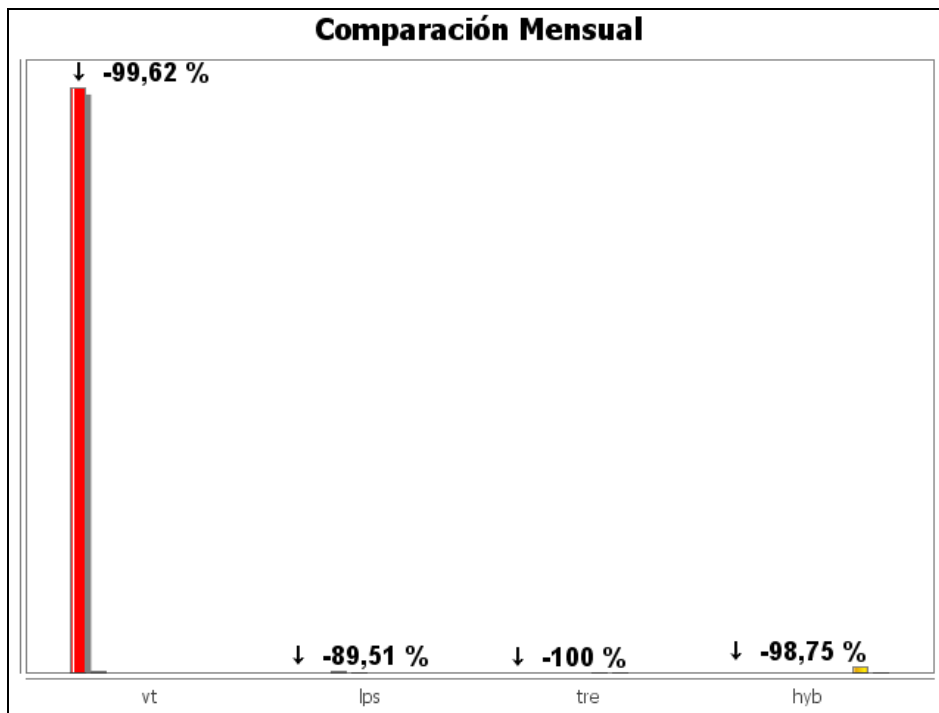


Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para julio de 2015 (barras de la derecha) respecto a junio de 2015 (barras de la izquierda).

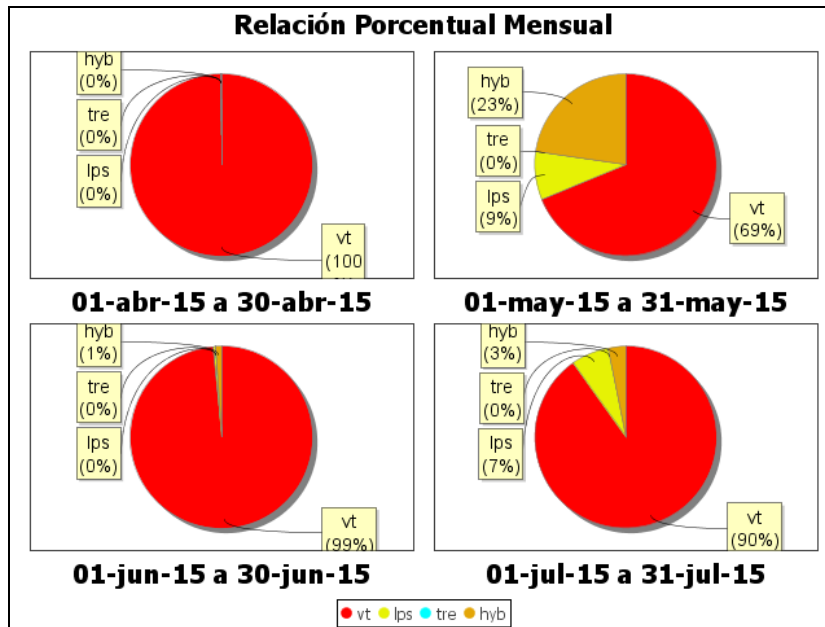


Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde abril a julio de 2015.

para el periodo evaluado se resalta la ocurrencia de 4 eventos tipo Tornillo registrados los días 8, 16, 21 y 27 de julio, los cuales presentaron frecuencias dominantes de 3,9, 3,5, 3,5 y 3,4 Hz. Las figura 11 muestra gráficamente el registro sísmico con su respectivo espectro de frecuencias para el evento registrado el 16 de julio de 2015.

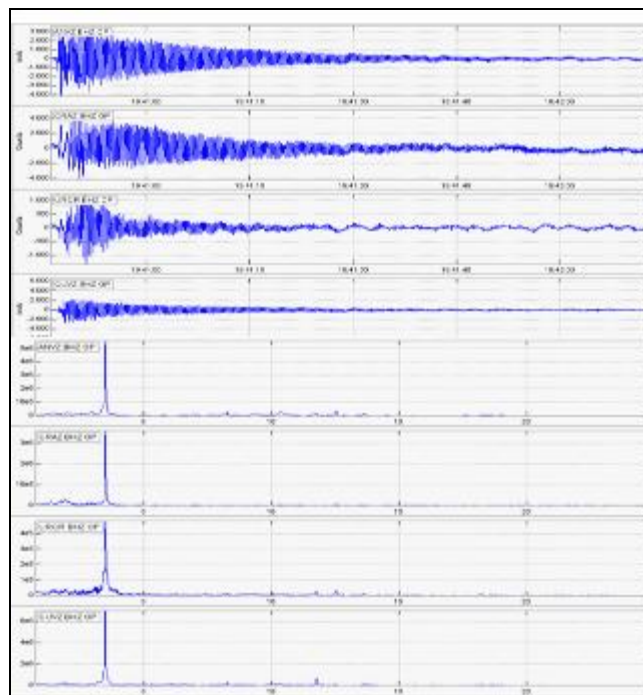


Figura 11. Sismogramas y espectro del evento tipo Tornillo registrado el 16 de julio a las 2:40 p.m.

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 64 sismos, 59 de ellos tipo VT y 5 HYB, la mayoría de eventos se ubicaron en inmediaciones del cráter de Galeras, a menos de 4 km de distancia y con profundidades menores a 10 km respecto a la cima volcánica. Algunos eventos se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 16 km de distancia, con profundidades de hasta 14 km respecto a la cima. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 2,2 en la escala de Richter (Figura 12).

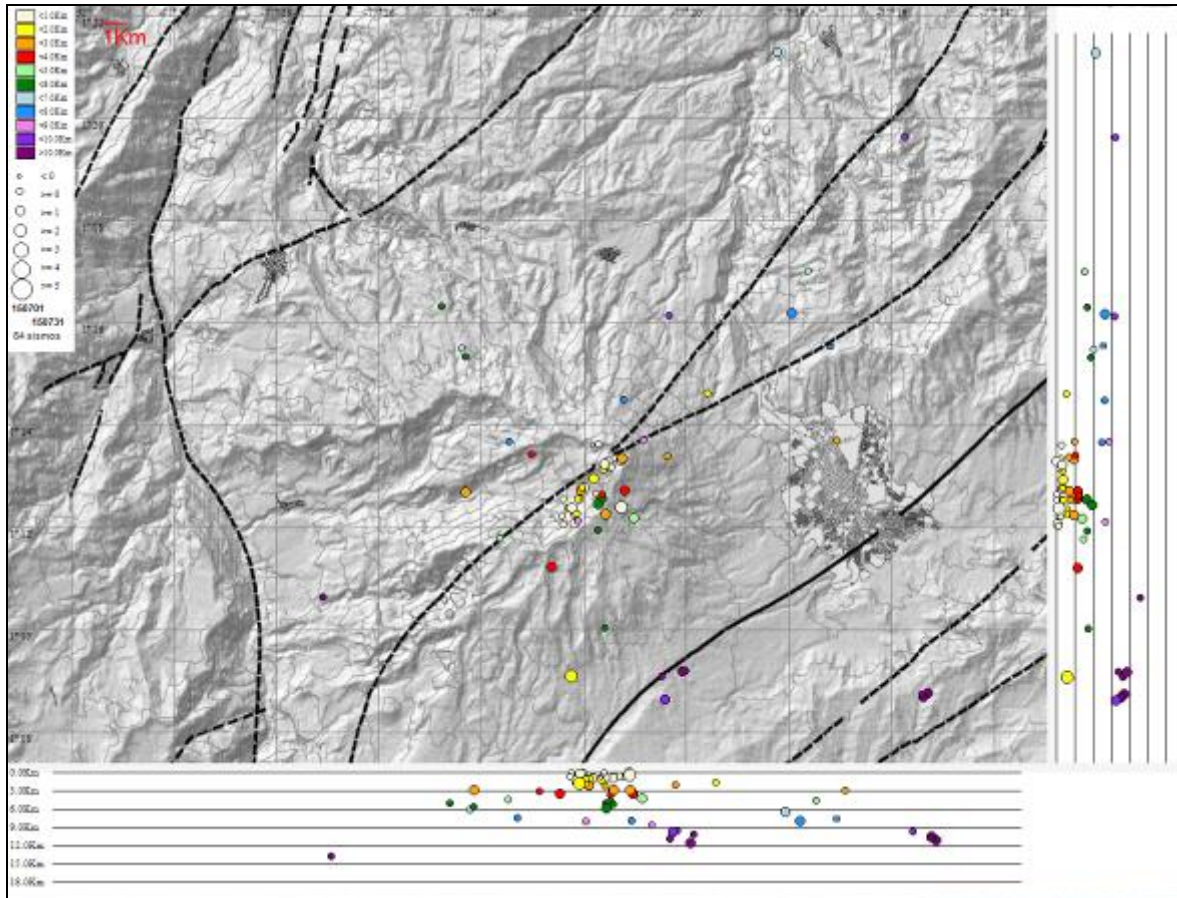


Figura 12. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).

1.3. DEFORMACIÓN

1.3.1. Estaciones de Inclínometría Electrónica

Durante el mes de julio de 2015 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cóndor y Arlés cuya localización se puede apreciar en las Figura 2.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se observa un comportamiento descendente en la componente Tangencial de Huairatola, acumulando desde el 13 de mayo, 20 μrad , en la componente de inclinación Radial se presenta una tendencia ascendente cuya variación es de 25 μrad (Figura 13). Continúa el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Norte de Calabozo, resaltando que el sensor el 7 de julio se niveló, la variación se viene presentando desde el pasado mes de octubre de 2012, con 330 μrad , mientras que su componente Este muestra variaciones asociadas con el sensor de temperatura (Figura 14). En el inclinómetro Arlés se observa una tendencia ascendente en la componente Este, cuya variación desde el 15 de febrero de 2015 es de 53 μrad , en la componente Norte se distingue un comportamiento descendente entre el 3 de abril y el 6 de julio, acumulando cerca de 25 μrad (Figura 15). Con respecto a las variaciones observadas en el inclinómetro Peladitos, es posible asociarlas a los cambios simultáneos observados en el sensor de temperatura (Figura 16).

En cuanto al comportamiento de los inclinómetros electrónicos Urcunina, Cobanegra y Cóndor, se observa estabilidad en el registro de sus dos componentes (Figuras 17, 18 y 19).

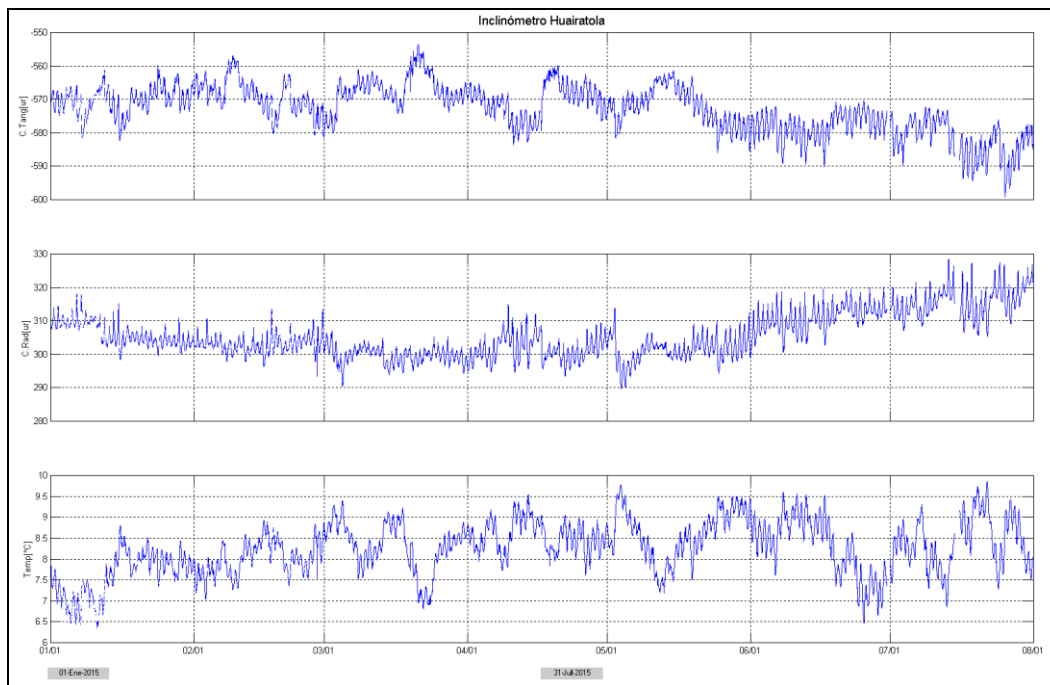


Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

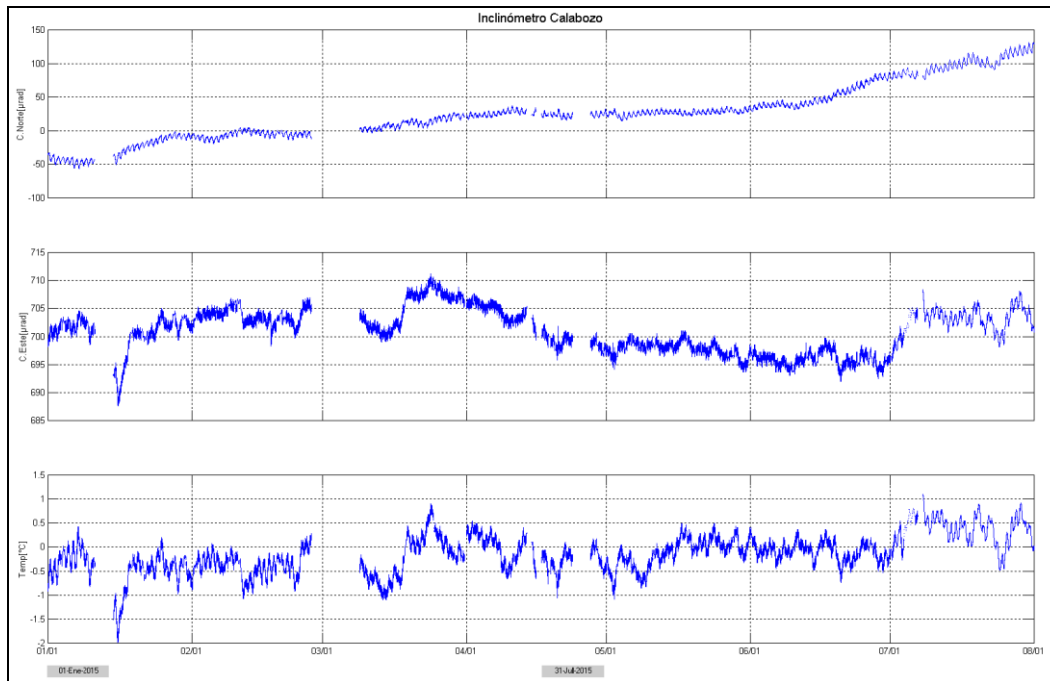


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

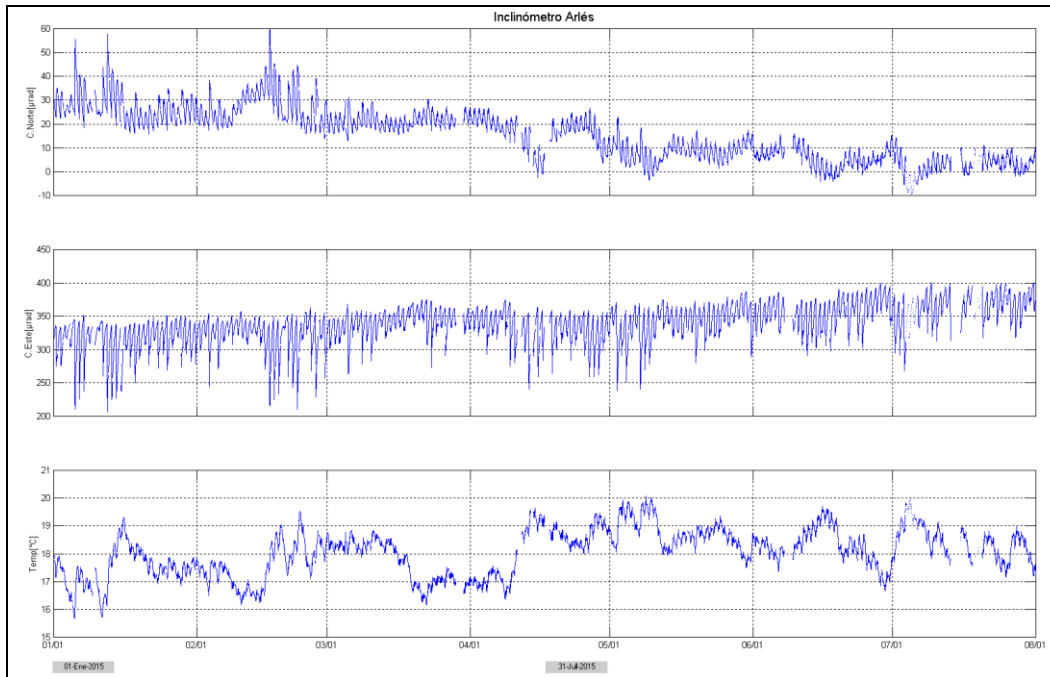


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

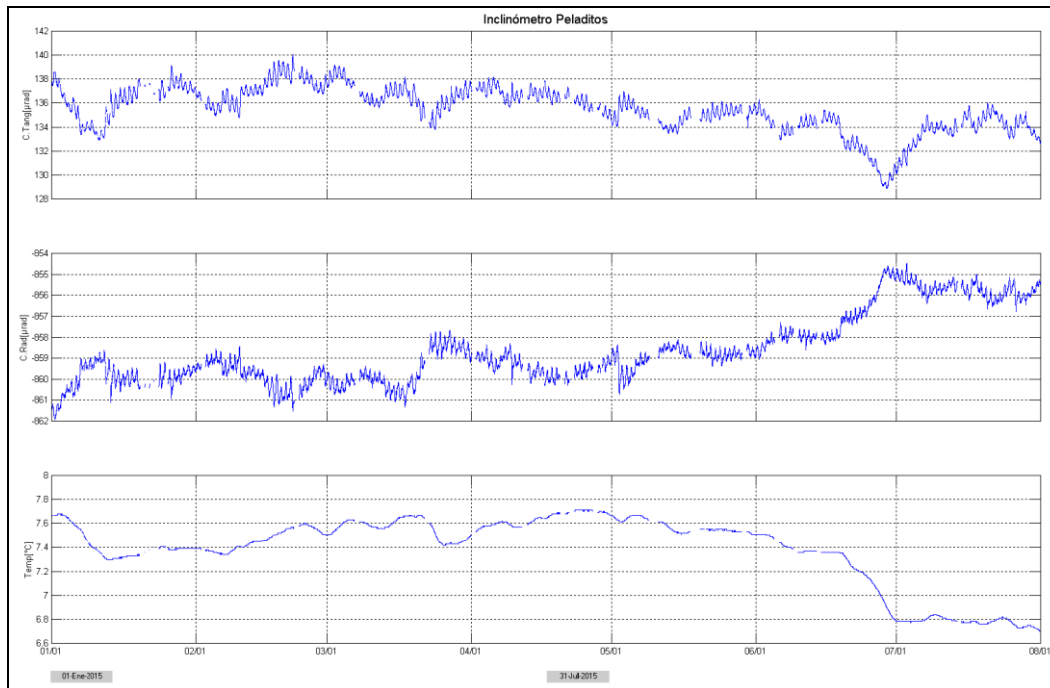


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

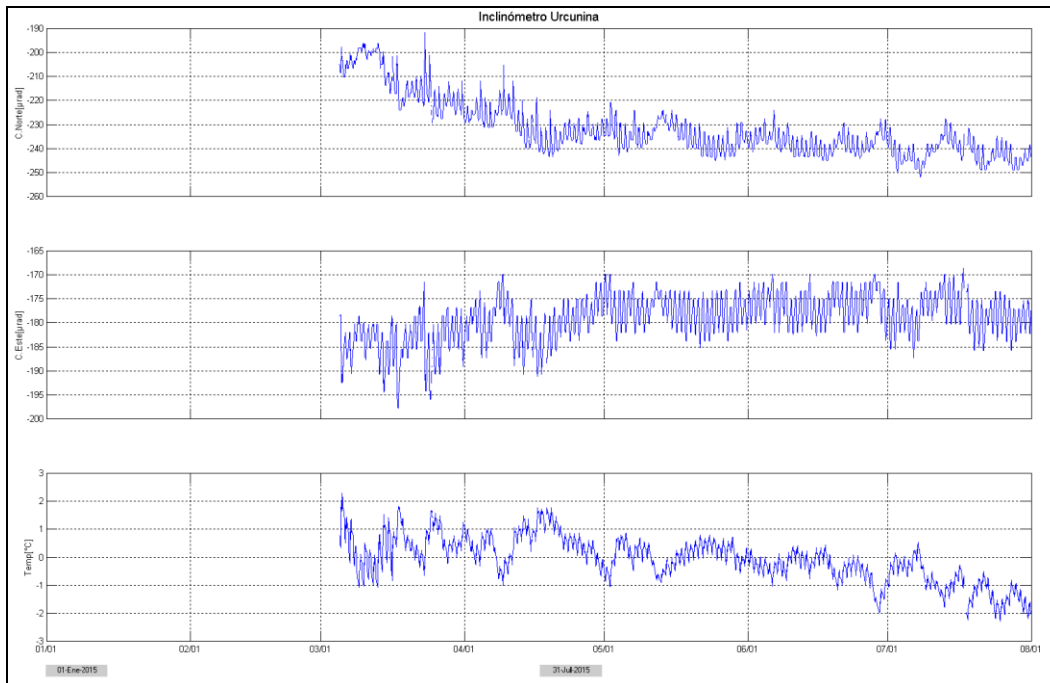


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

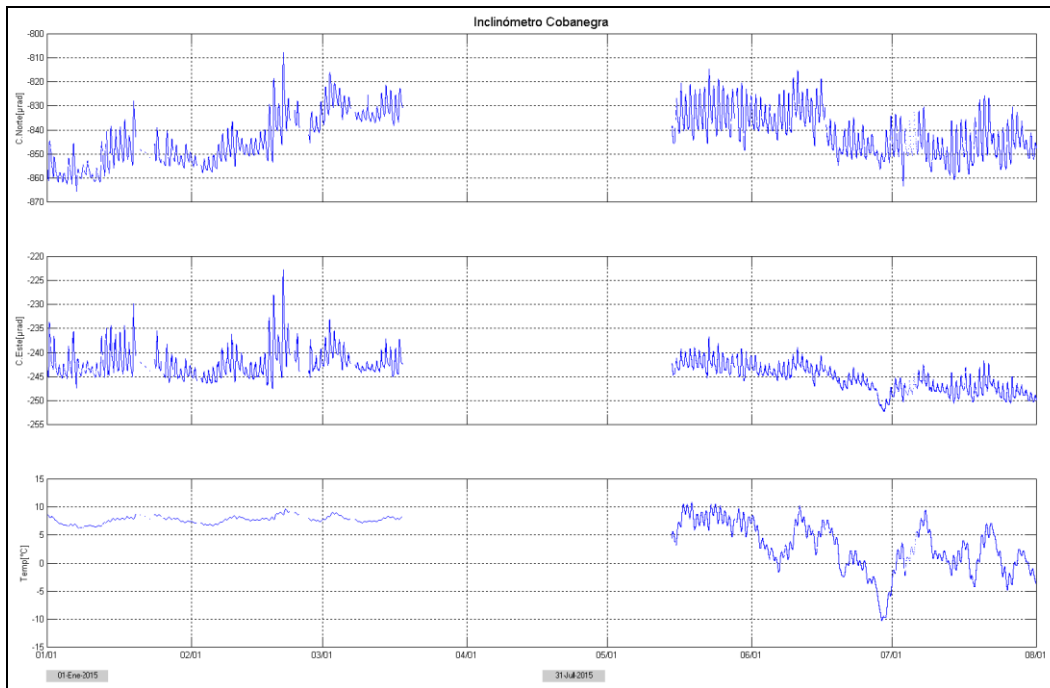


Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

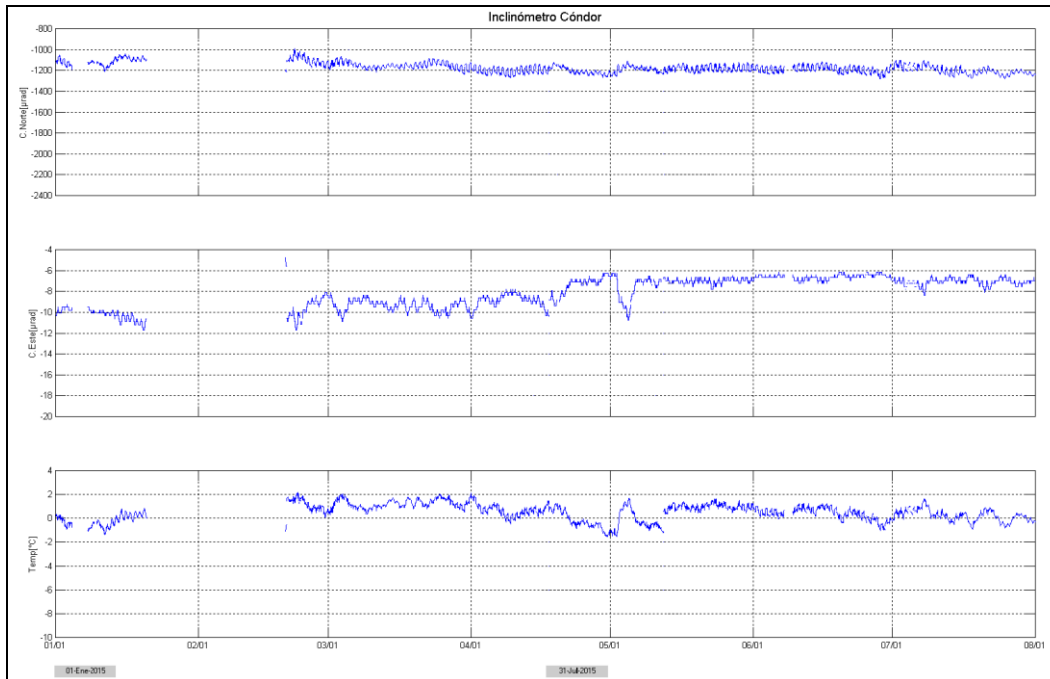


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

1.3.2. Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras

En este periodo no se realizaron medidas de EDM en la zona del volcán Galeras.

1.3.3. Estaciones GNSS permanentes

En julio de 2015 se contó con 6 estaciones receptoras GNSS permanentes. Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando una estación de referencia, la estación QUIL 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. En la Figura 20 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL.

Algunas de las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y que se requiere de un tiempo cercano de 2.5 años a partir de su instalación para la estabilidad del monumento y el equipo. Las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, San Cayetano, en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente, y Cándor se reinstaló el 21 de febrero de 2015, luego de que una tormenta eléctrica sacó de funcionamiento el equipo, fue necesario realizar cambio tanto de antena, como de receptor.

Con relación al procesamiento diferencial, se muestra hasta el 10 de julio, debido a que el sistema tarda cerca de tres semanas en actualizar las efemérides, correcciones que se deben realizar a las coordenadas. Con respecto a las variaciones en la posición de las estaciones GNSS, se observa estabilidad en el registro Norte y Este de Chiguaco, Cráter, El Ingenio y San Cayetano (Figuras 21, 22, 23 y 24). De igual forma en Cándor no se observan cambios importantes en el periodo evaluado (Figura 25). La estación de Barranco salió de funcionamiento luego de la tormenta eléctrica del 17 de abril de 2015 y se restableció a finales de julio, por lo cual es muy poco tiempo de registro y no se muestra en el presente informe.



Figura 20. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

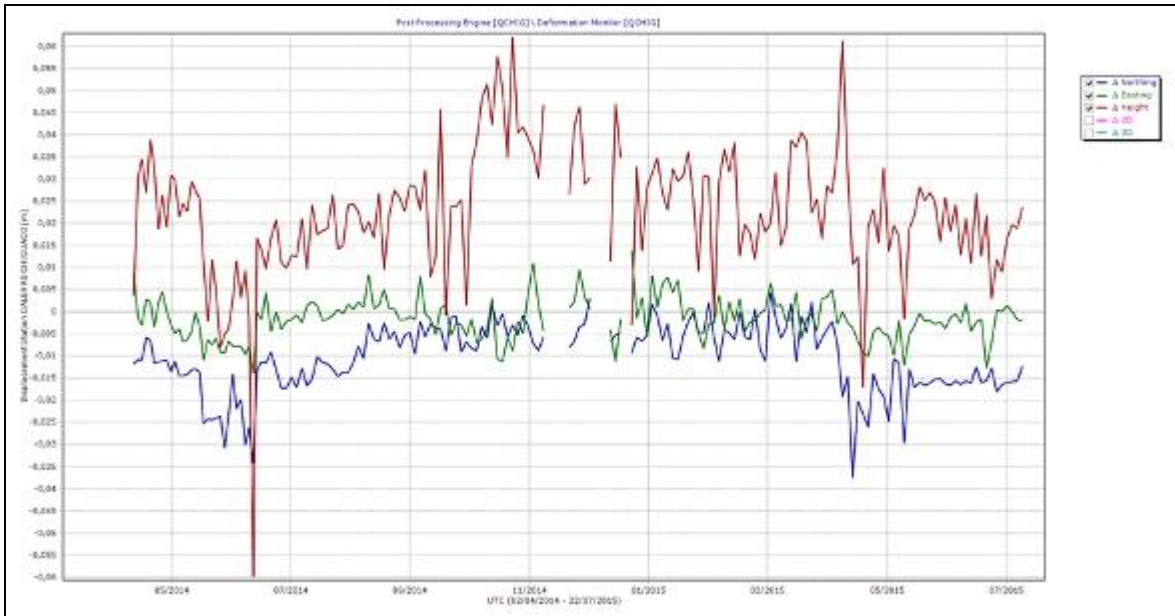


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 2 de abril de 2014 y el 10 de julio de 2015.

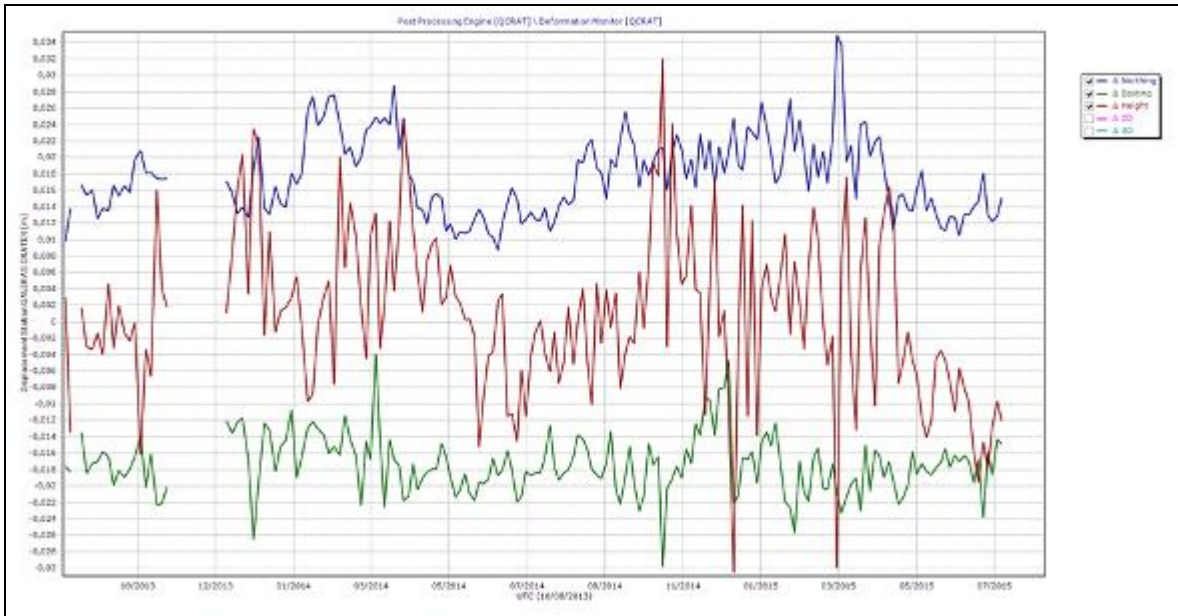


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 10 de agosto de 2013 y el 10 de julio de 2015.

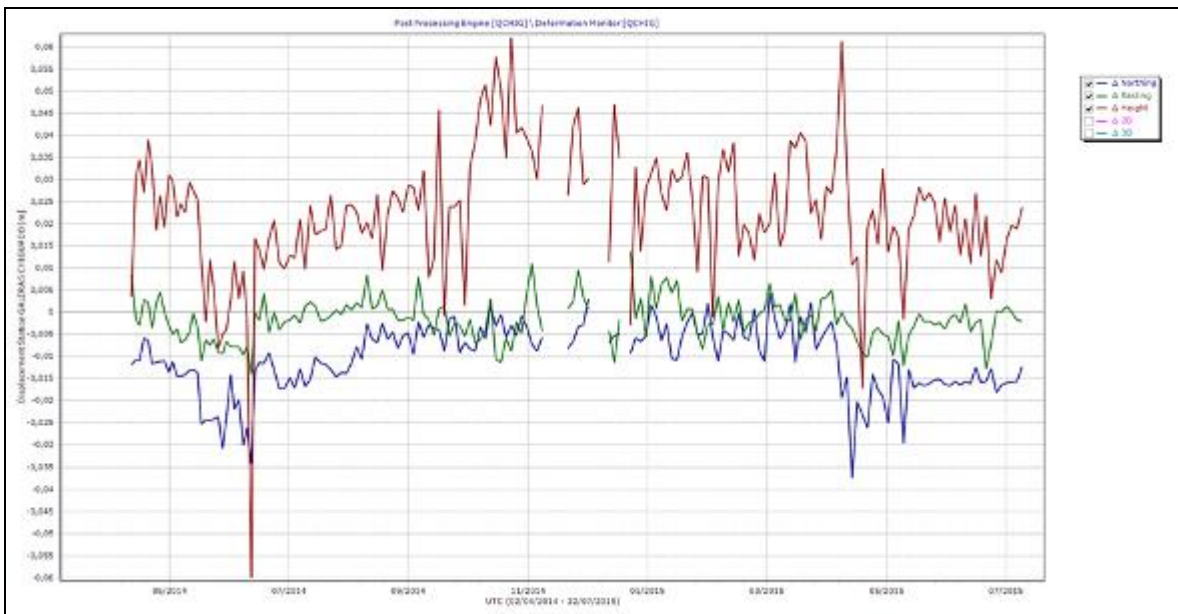


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de mayo de 2014 y el 10 de julio de 2015.

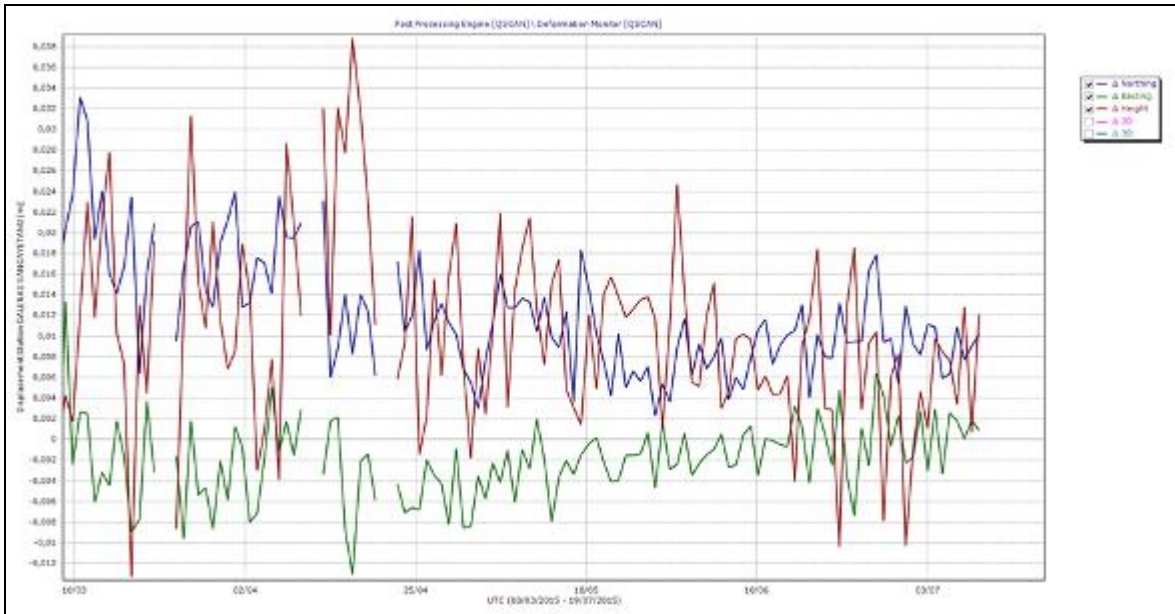


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de marzo de 2015 y el 10 de julio de 2015.

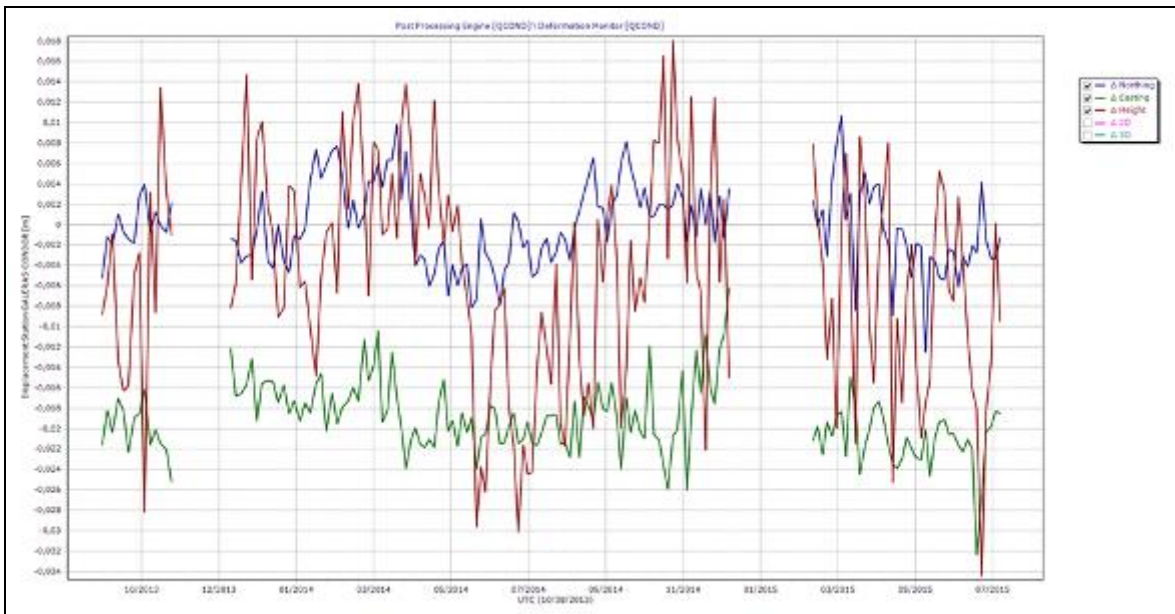


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 10 de agosto de 2013 y el 10 de julio de 2015.

1.4. ELECTROMAGNETISMO.

Durante el mes de julio de 2015, la red de monitoreo de campos electromagnéticos estuvo constituida por dos estaciones de campo magnético, Frailejón y Cráter y dos estaciones para medición de las variaciones de los campos eléctricos Frailejón y Barranco.

Las variaciones de campo magnético observadas en las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras no muestran cambios importantes, asociados a procesos de origen volcánico. En la estación de Frailejón, el campo total tuvo un valor promedio de 28.615 nT (Figura 26) y en la estación de Cráter, el campo magnético promedio fue de 33.434 nT (Figura 27), que están dentro del rango del campo magnético de la zona de estudio (entre 30.000 y 35.000 nT). Las variaciones observadas en estas estaciones están relacionadas con las variaciones día-noche del campo magnético terrestre y las más resaltables, observadas los días 22 de junio, 5 de julio y 23 de julio, se asocian con variaciones del campo externo, que se hacen evidentes en la estación de referencia Kourou, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (Figura 28).

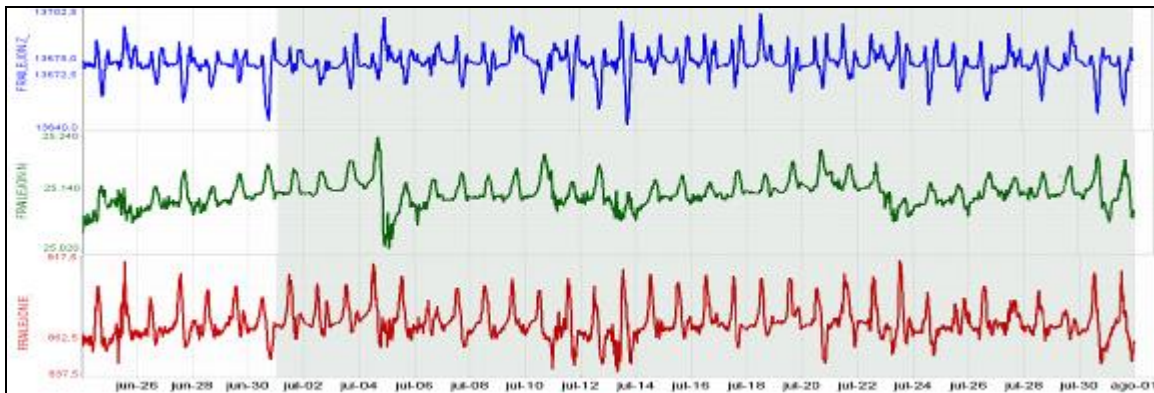


Figura 26. Variaciones del campo magnético, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 25 de junio y el 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja).

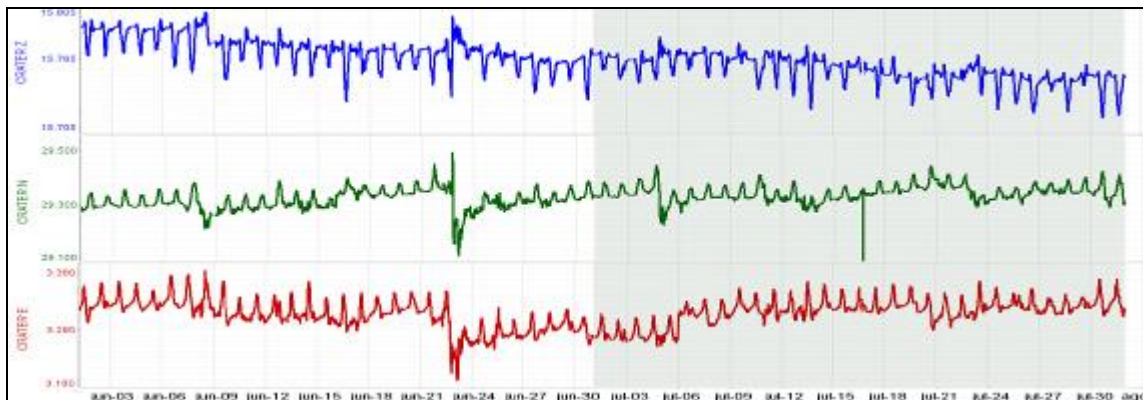


Figura 27. Variaciones del campo magnético, en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 1 de junio y el 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja).

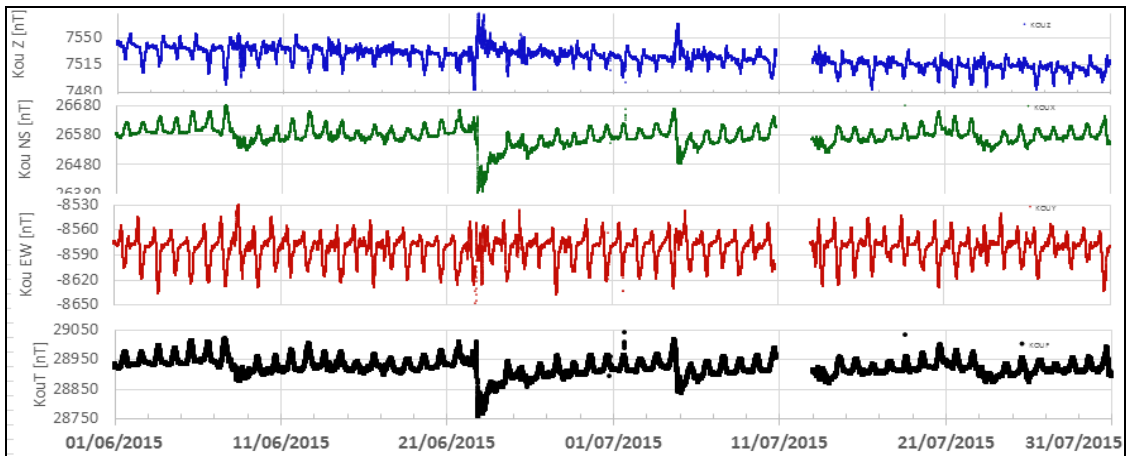


Figura 28. Variaciones del campo magnético, en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, entre el 1 de junio al 31 de julio de 2015. Componente Z (azul), NS (verde) y EW (roja) y campo total (negra).

En cuanto a los Campos eléctricos, las variaciones fueron bajas y se asociaron principalmente a variaciones día noche y muy posiblemente a efectos de lluvias en la zona de estudio. La componente NS de la estación de Frailejón tuvo una variación de 5.8 mV/m durante el mes, y su valor promedio fue de -86 mV/m (Figura 4). La componente EW tuvo una variación de 4.5 mV durante el mes de julio, y su valor promedio fue de -177.5 mV/m (Figura 29). En la estación Barranco, la componente NS tuvo una variación de 16 mV/m para el mes y su valor promedio fue de -123 mV/m (Figura 5), en tanto que la componente EW mostró la mayor variación, de 47,5 mV/m y su valor promedio fue de 1.5 mV/m (Figura 30); posiblemente esta componente muestra la mayor variación, porque puede estar influenciada por una leve pendiente, que hace filtrar las aguas lluvias en esta dirección, en la zona donde se encuentra la estación.

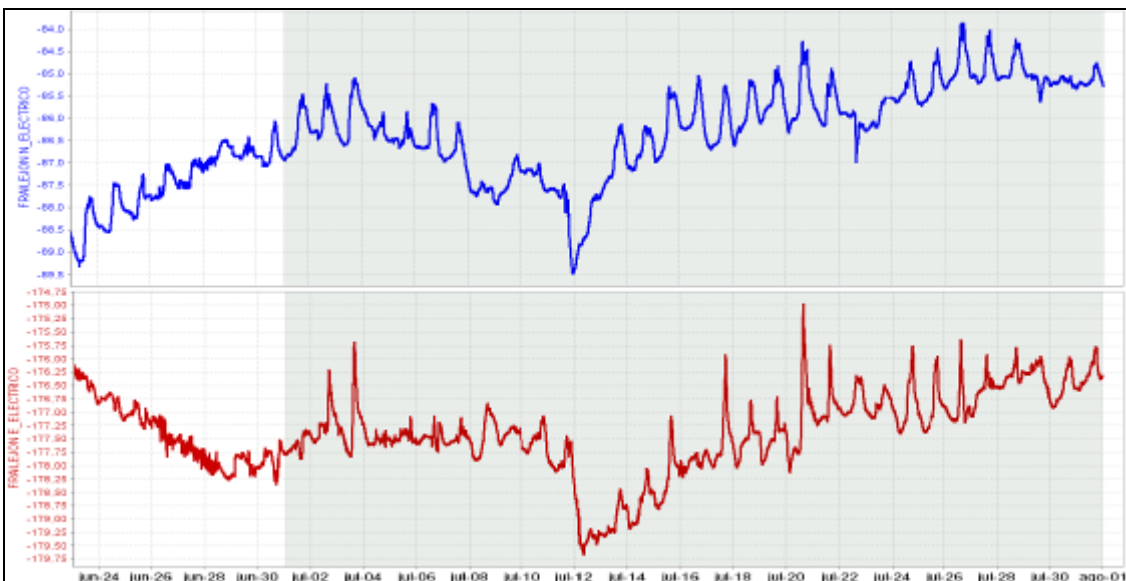


Figura 29. Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, entre el 24 de junio y el 31 de julio de 2015.



Figura 30. Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, entre el 16 y el 31 de julio de 2015.

1.5. GEOQUIMICA.

1.5.1. Muestreo de gases de origen volcánico en Volcán Galeras

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

La intrusión de nuevos cuerpos de magma o ascenso del mismo, afecta el flujo de SO₂ hacia la superficie. Los valores estimados de flujo de Dióxido de azufre (SO₂) de Galeras, corresponden a los escaneos de tres estaciones telemétricas permanentes ScanDOAS, (Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara) localizadas en el cuadrante noroccidental de Galeras (Figura 3). Su funcionamiento parte de detectar la luz Ultravioleta (UV) dispersa, a través de un telescopio acoplado a una fibra óptica de cuarzo que transfiere la luz a un espectrómetro (OceanOptics S2000) y lo compara con un espectro de referencia dentro de una longitud de onda específica entre 280 a 420 nm con una resolución de 0,6 nm, un filtro en el telescopio bloquea la luz visible con longitudes de onda mayores a 360 nm, reduciendo efectivamente la luz difusa (Galle et al., 2002). Cada uno de los espectros obtenidos se traducen en escaneos que permiten conocer la absorbencia de la pluma de SO₂ en tiempo real (Euripides et al., 2012). Para el cálculo de flujo de SO₂ se tiene en cuenta los valores de velocidad del viento medidos por la estación climática instalada en la cima del volcán, los cuales se ajustan a la zona donde se genera la columna. A partir de los escaneos de SO₂, de las estaciones fijas, diariamente se realiza la evaluación de cada uno de ellos y se reporta el valor máximo del día y la estación donde se registró.

Se registran escaneos durante todos los días del mes de julio para las estaciones Alto Jiménez y Santa Bárbara, mientras que para la estación Alto Tinajillas no se tuvo registro de escaneos; se obtienen dos valores de flujo de SO₂ los días 5, 8, 18, 23 y 31 de julio, registrando valores entre 165

Ton/día hasta 523 Ton/día, valores considerados de bajos a moderados para el volcán Galeras (Tabla 9, Figuras 31 y 32).

Tabla 9. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de julio de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario	Estación de registro	Instrumento
05-jul-15	11:52 AM	351.6	14	523	Alto Jimenez	SCANDOAS
08-jul-15	12:03 PM	347.3	5.1	492	Alto Jimenez	SCANDOAS
18-jul-15	10:36 AM	356.5	5.54	165	Alto Jimenez	SCANDOAS
23-jul-15	02:29 PM	350	5.56	448	Alto Jimenez	SCANDOAS
31-jul-15	08:58 AM	340	8.2	211	Alto Jimenez	SCANDOAS

* Flujo de emisión de SO₂ [Toneladas/día]. Bajo: ≤ 500; moderado: > 500 y ≤ 1000; alto: > 1000 y ≤ 3000; muy alto: > 3000.

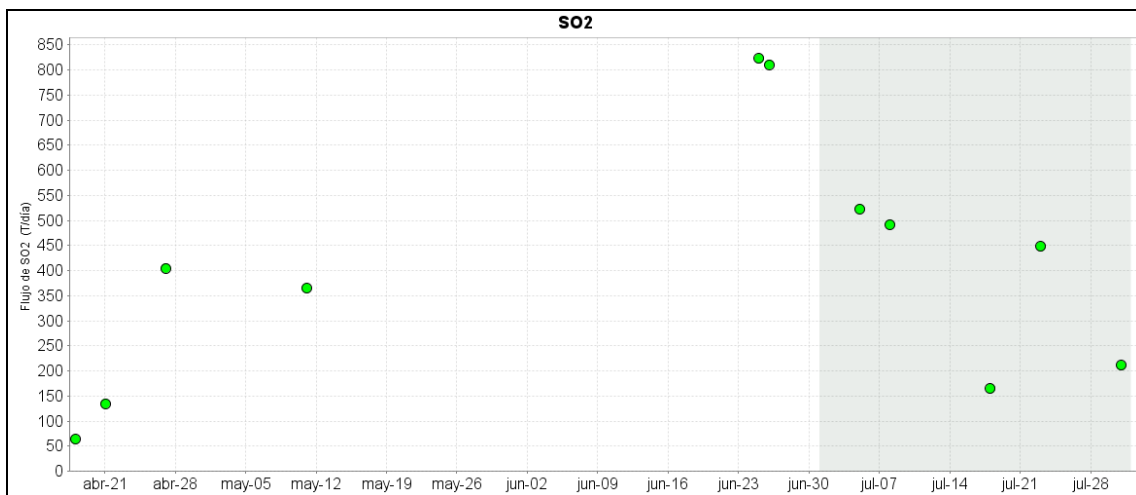


Figura 31. Flujo de emisión de SO₂ registrado entre abril y julio de 2015 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

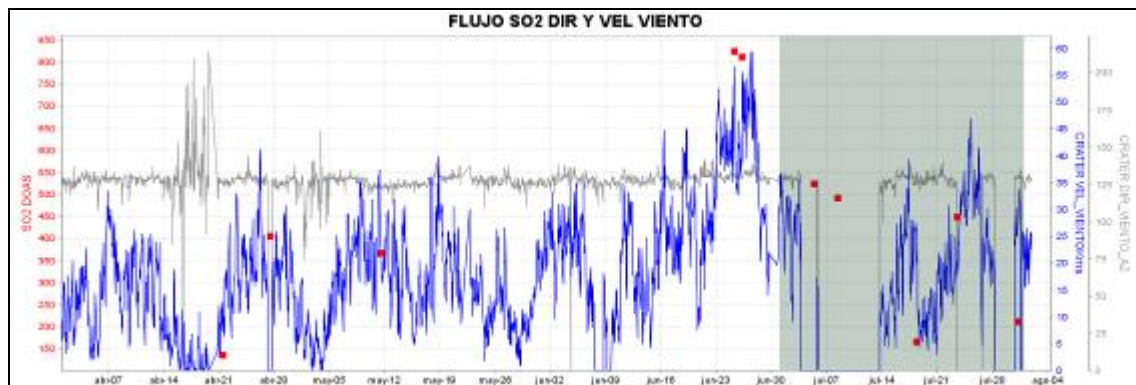


Figura 12. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento - mes de julio 2015.

Para este periodo se presenta un proceso de desgasificación en Galeras, observado en las imágenes de actividad superficial desde las cámaras web instaladas en cercanías del volcán. Se registran variaciones en la velocidad llegando hasta los 8,2 m/s y un promedio en la dirección del viento de 345° Azimut aproximadamente. El mayor flujo de SO_2 registrado para el volcán Galeras, durante el mes de julio de 2015 se presenta el día 5 con un valor de 523 Ton/día, considerado como un valor moderado.

1.5.1.2. Flujo de gas Radón 222 – (Rn_{222}) telemétrico

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 33 se encuentra el mapa de las estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras.

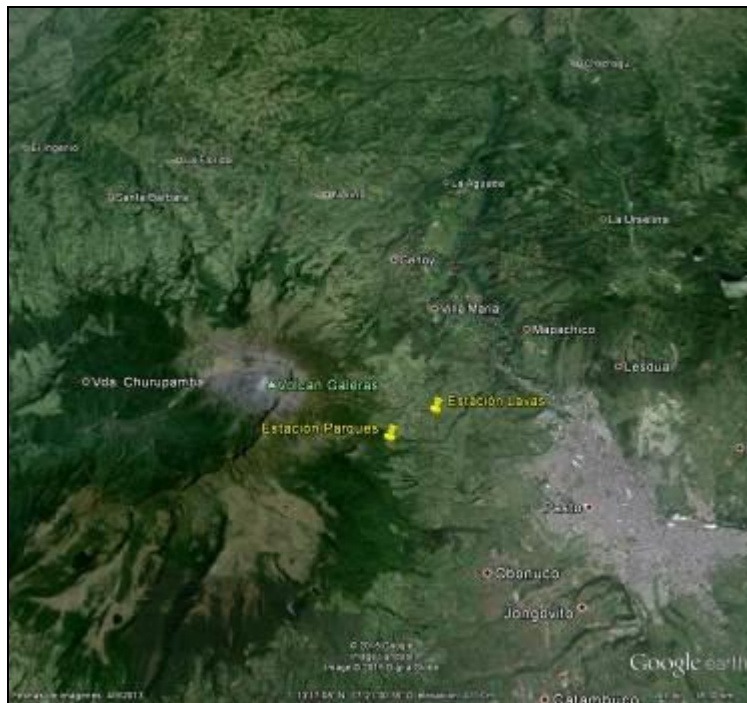


Figura 23. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 34 y 35 se presentan las gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo. Se puede observar en la estación Lavas un comportamiento con variaciones y tendencia hacia la baja concentración, sin embargo hay un incremento a finales del periodo, se presenta una concentración máxima de 80360 Bq/m^3 para este mes (Figura 34, tabla 10), para la estación Parques se continua evidenciando oscilaciones en el comportamiento de la concentración de radón, evidenciándose valores altos al final de este periodo, la estación Parques presenta un máximo de 85283 Bq/m^3 (Figura 35, tabla 11).

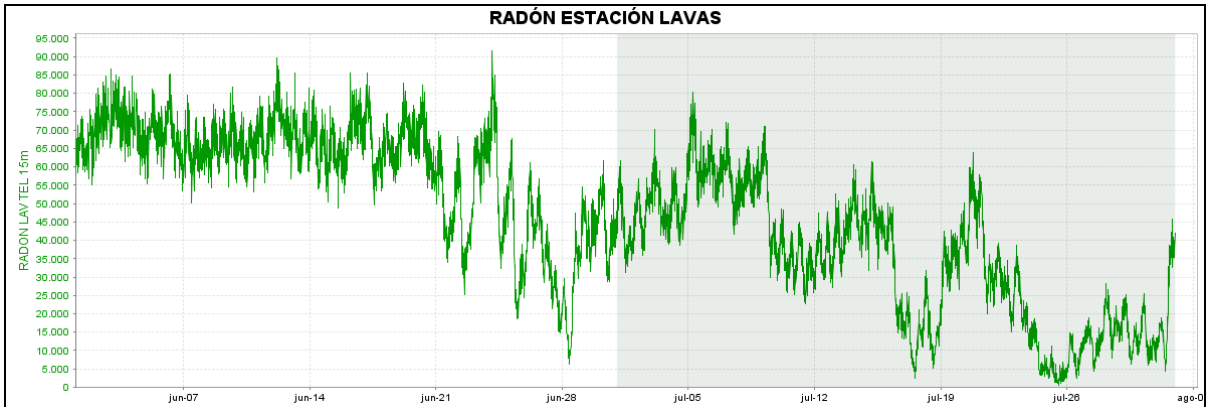


Figura 34. Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Lavas – mes de julio 2015.

Tabla 10. Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de julio 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	37568
Valor máximo	80360
Valor mínimo	1592

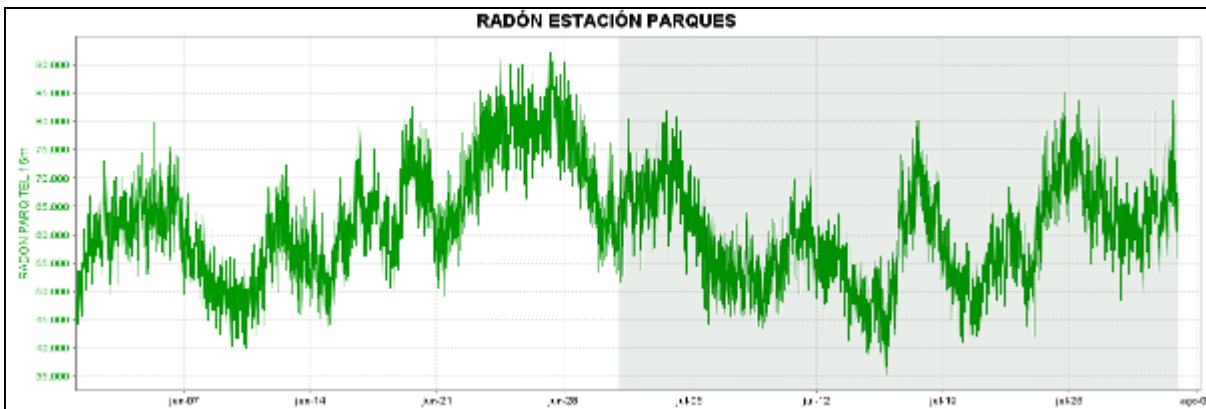


Figura 35. Concentración radón en suelo volcán Galeras - estación telemétrica Parques – mes de julio 2015.

Tabla 11. Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras - mes de julio 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	59754
Valor máximo	85283
Valor mínimo	36052

1.5.2. Muestreo de aguas en fuentes termales

El volcán Galeras cuenta con una red actual de monitoreo de 5 fuentes termales (FT), entre las que se encuentran: FT Río Pasto (A), FT Cehani (B), FT Aguas Agrías (C), FT Agua Blanca (D) y FT Licamancha (E). (Figura 36, tablas 12 y 13). Los parámetros fisicoquímicos y muestras para análisis permitirán su caracterización y comprensión desde el punto de vista geoquímico para este complejo volcánico.

El trabajo de muestreo en campo para la toma de datos y medición de parámetros fisicoquímicos en las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras se realiza con los siguientes equipos:

- Equipo multiparámetro ORION (pH-metro, Conductímetro): permite medir el potencial de hidrógeno, temperatura y conductividad eléctrica en aguas de fuentes termales.

- Termómetro: permite hacer mediciones de temperatura.

- Cámara térmica: realiza el registro fotográfico y medida de la radiación térmica en las fuentes termales.

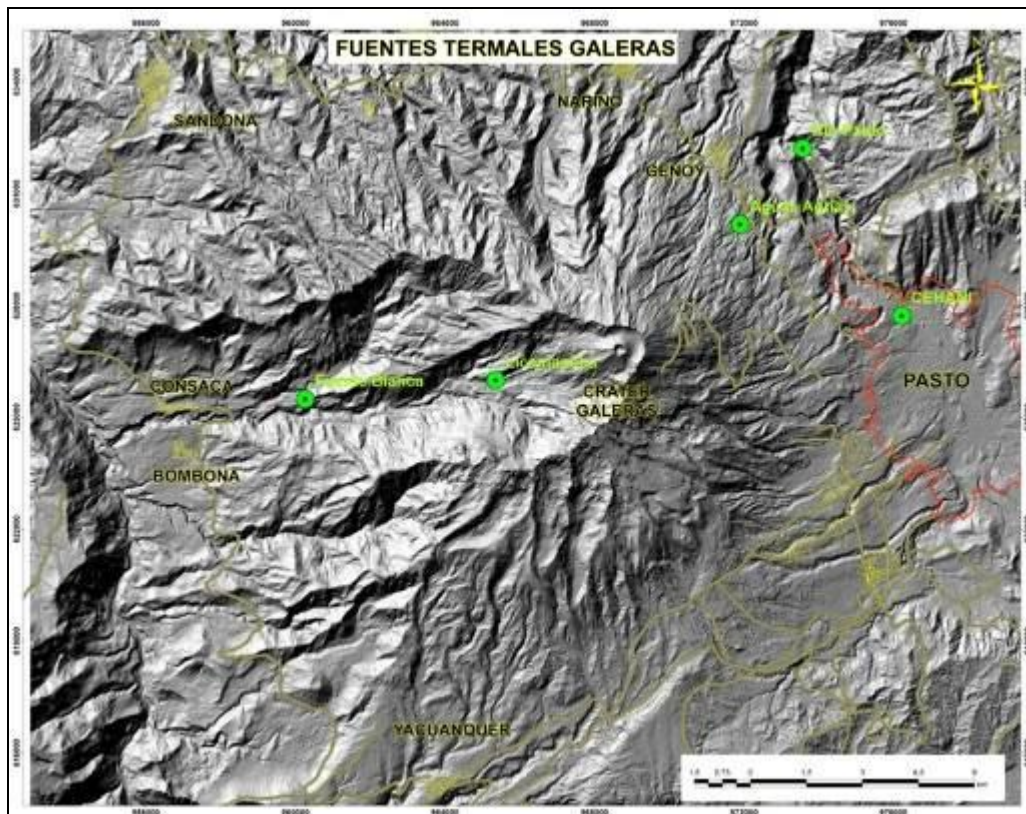


Figura 36. Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.

Tabla 12. Ubicación geográfica fuentes termales volcán Galeras.

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

Tabla 13. Imágenes fotográficas de las fuentes termales de la zona de influencia del volcán Galeras muestreadas en Julio 2015.



En el mes de julio de 2015 se visitaron tres de las fuentes termales que hacen parte de la red de monitoreo de aguas de origen volcánico asociadas al volcán Galeras durante el día 13 de julio, presentando potenciales de Hidrógeno (pH), entre 2,5 (ácido) y 8,3 (alcalino) (Figura 37).

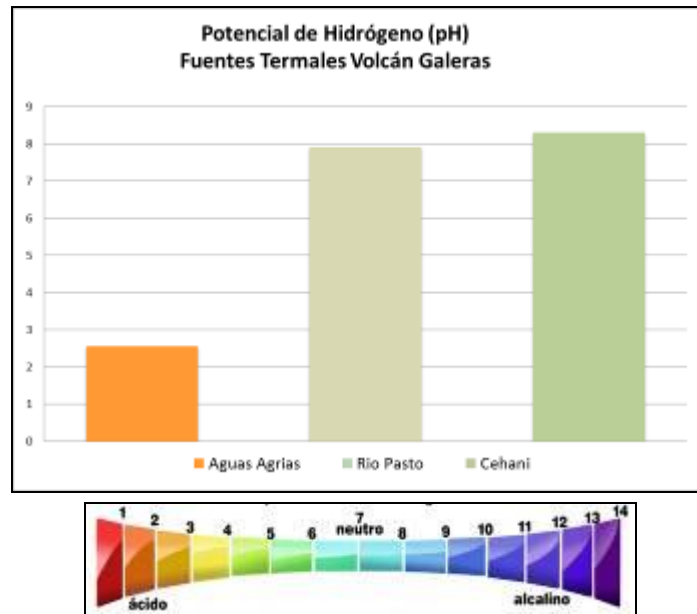


Figura 37. Potencial de hidrógeno de las FT del Volcán Galeras en mayo 2015. Los colores indican el estado de acidez o basicidad del manantial (grado de concentración de iones de hidrógeno en solución), indicando de esta manera una escala de 0 a 14 para el pH.

En la figura 38 se observa el comportamiento del parámetro pH en los diferentes muestreos realizados a través del tiempo de monitoreo de las termales, y se puede evidenciar un incremento en el valor de pH para las FT Río Pasto y Cehani, que podrían estar relacionados a cambios en la actividad del volcán, sin embargo es importante continuar realizando seguimiento a estos valores.

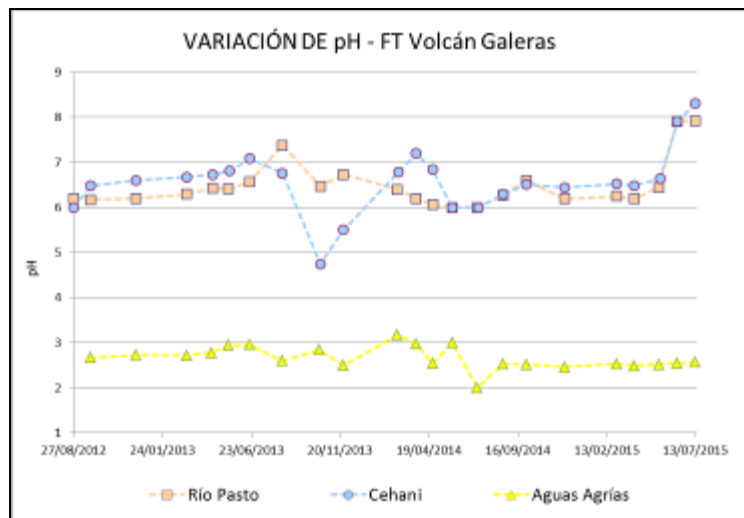


Figura 38. Comportamiento del pH de las FT Volcán Chiles entre agosto de 2012 y julio de 2015.

En la tabla 14 se presenta la clasificación de las aguas termales de acuerdo a la temperatura.

Tabla 14. 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 hipertermas
100-150°C	Aguas supertermas

Por lo anterior los manantiales se pueden caracterizar de la siguiente manera:

- **Fuente termal Río Pasto**

Temperatura superficial: 43,3°C (Temperatura registrada en julio de 2015 con termómetro digital).

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 35°C y 45°C (Figura 39), por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 3,4 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio.

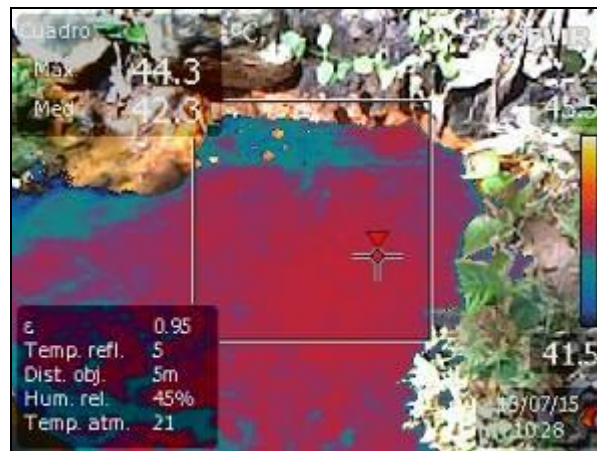


Figura 39. Imagen térmica FT Río Pasto julio 2015.

- **Fuente termal Aguas Agrias**

Temperatura superficial: 28,5°C. (Temperatura registrada en julio de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: La temperatura de la manifestación termal se encuentra entre los 20°C y 30°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como hipotermal. Presenta una mediana conductividad eléctrica de 4,1 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en solución.

- **Fuente termal Cehani**

Temperatura superficial: 37,0°C. (Temperatura registrada en julio de 2015 con termómetro digital)

Tipo de surgencia: manantiales.

Área termal: Las temperaturas de las manifestaciones termales se encuentran entre los 35°C y 45°C, por lo que la misma puede ser clasificada según su temperatura como mesotermal. Presenta también una mediana conductividad eléctrica de 2,6 mS/cm (25°C), que refleja la presencia de sales solubles en el medio. A continuación se presentan los gráficos sobre la variación de datos fisicoquímicos registrados a partir de datos históricos y aquellos registrados en la última visita de campo.

En la figura 40 se puede observar que la variación de la temperatura de las FT pertenecientes a la zona de influencia del volcán Galeras, parecen presentar una estabilidad, y no se registran cambios significativos en el comportamiento de esta variable.

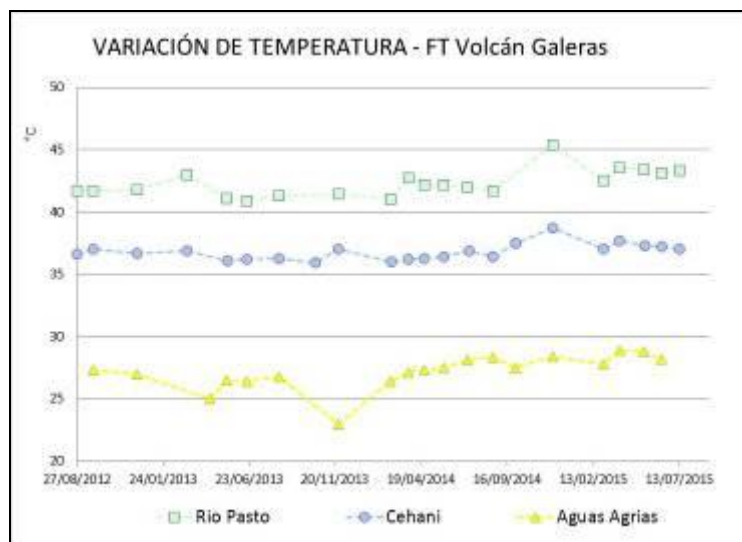


Figura 40. Comportamiento de la temperatura de las FT Volcán Galeras entre agosto de 2012 y julio de 2015.

En la figura 41, se encuentra la gráfica sobre la variación de la conductividad eléctrica en las aguas de las fuentes termales asociadas al volcán Galeras, se observa estabilidad en comparación a meses anteriores, sin embargo para 2015 su comportamiento es diferente en comparación con el año 2014, es importante determinar si esta variación está directamente involucrada con la composición iónica de estas aguas.

La concentración del ion bicarbonato determinado en campo mediante valoración con ácido clorhídrico frente a indicador azul de bromofenol, presenta estabilidad sin variaciones relevantes, en Aguas Agrias no se registra evidencia de la presencia del ion (Figura 42).

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

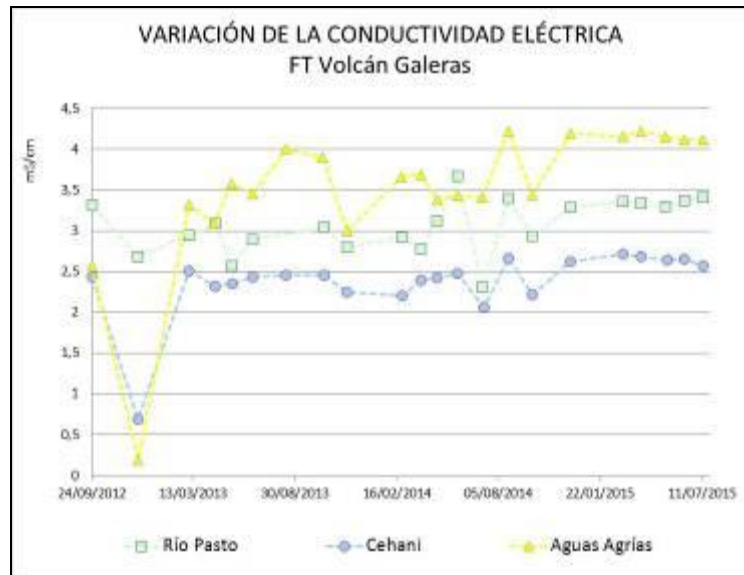


Figura 41. Comportamiento de la Conductividad Eléctrica de las FT Volcán Galeras hasta julio de 2015.

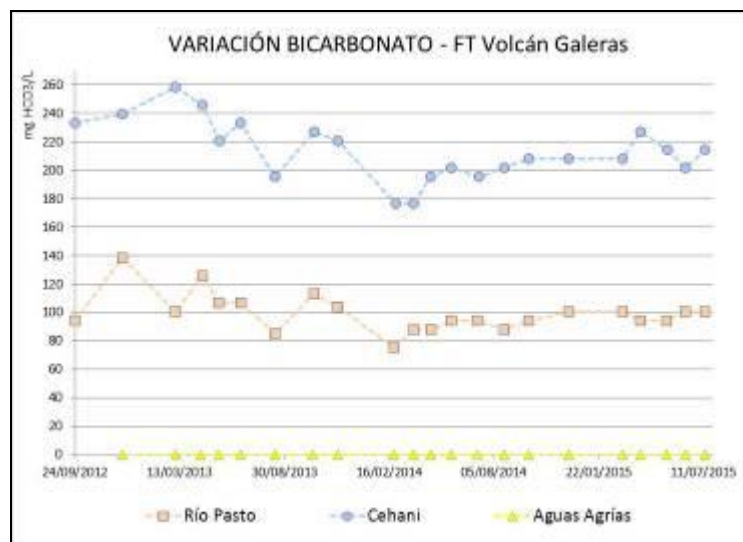


Figura 42. Comportamiento del contenido de Bicarbonato de las FT Volcán Galeras hasta julio de 2015.

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). La cámara ubicada en el sector de Barranco entró en funcionamiento a partir del 16 de julio luego de que estuviera por fuera de funcionamiento tras ser afectada por una tormenta eléctrica. Condiciones de clima favorables permitieron observar emisiones de gases durante los días 3, 6, 8, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 25, 26 y 27 de julio. La altura máxima

alcanzada por las columnas de gas estuvo por debajo de los 200 m sobre la cima volcánica. La dispersión de las columnas de gases, en su mayoría de color blanco 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 y El Paisita.

En las Figuras 43 a 46 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en julio de 2015.



Figura 43. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 13 de julio de 2015 a las 6:42 p.m.



Figura 44. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras web ubicadas en Barranco (Arriba Izquierda) Bruma (Arriba Derecha) y desde Consacá (Abajo) el 16 de julio en horas de la tarde.



Figura 45. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en Barranco el 17 de julio a las 6:22 p.m.



Figura 46. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde las cámaras web ubicadas en Barranco y Bruma el 26 de julio a las 4:41 p.m. y a las 6:52 p.m. respectivamente.

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 movimiento de fluidos de fuente transitoria, seguida por eventos asociados a fracturamiento de material sólido.
- Por medio de la red de cámaras de video del OVSP y gracias a las condiciones climáticas, en la mayor parte del periodo evaluado 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 2015

2.1. RED DE VIGILANCIA

En julio de 2015 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 47, Tabla 15).
- Cuatro inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 47, Tabla 15).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 47).
- Una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial instalada en el municipio de Cumbal (Figura 47).

Para este periodo las estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica y la cámara web tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 59,1% (Figura 48). La estación mesa (Sismómetro, Inclinómetro y Sensor de presión acústica) se encuentra fuera de funcionamiento desde abril después de presentarse una tormenta eléctrica en la zona que al parecer afectó el sistema de protección y transmisión de dicha estación.

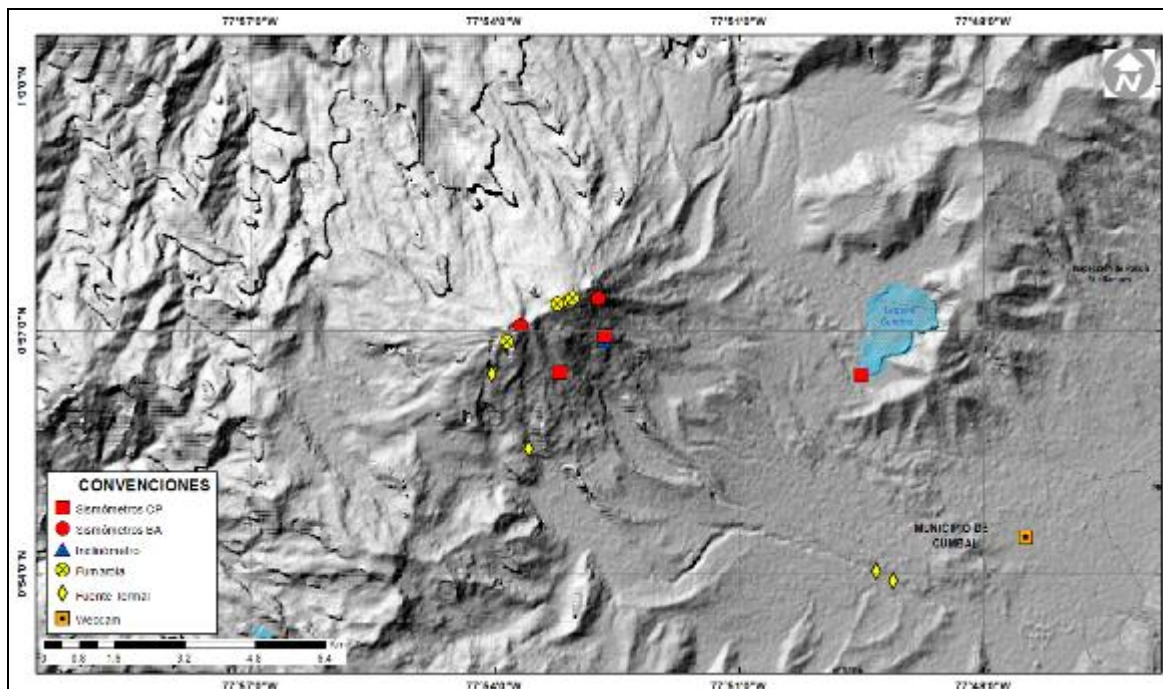


Figura 47. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de julio de 2015.

Tabla 15. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante julio de 2015.

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

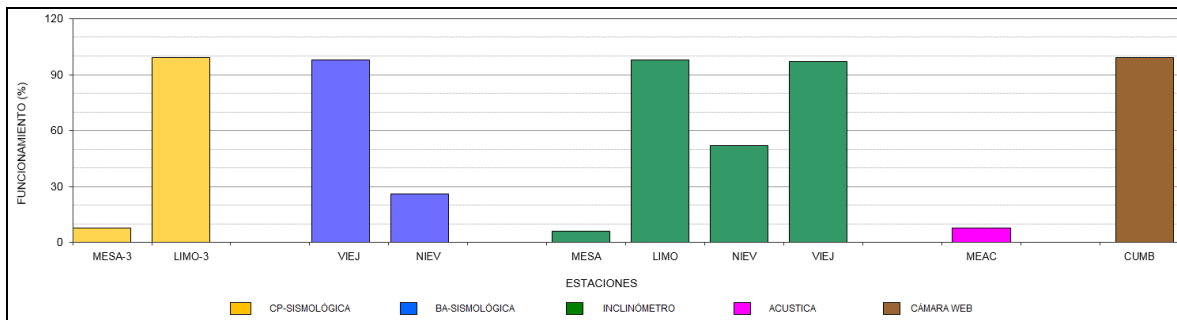


Figura 48. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en julio de 2015.

2.2. SISMOLOGÍA

En el mes de julio de 2015, la ocurrencia sísmica disminuyó en un 14,5% en comparación a junio de 2015, pasando de 958 a 819 eventos. La sismicidad dominante fue de tipo LPS en un porcentaje de 41,3% con el registro de 3 eventos tipo Tornillo – TOR, seguido por los eventos tipo HYB con un 35,8%. Por su parte, los eventos tipo VT y TRE aportaron con el 21% y 2,0% respectivamente (Tabla 16, Figuras 49 y 50).

Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015(resaltado en color verde).

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					TOTAL
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	
01-abr-15 a 30-abr-15	36	254	13	172	6	475
01-may-15 a 31-may-15	295	565	47	1492	11	2399
01-jun-15 a 30-jun-15	172	180	27	579	6	958
01-jul-15 a 31-jul-15	172	338	16	293	7	819

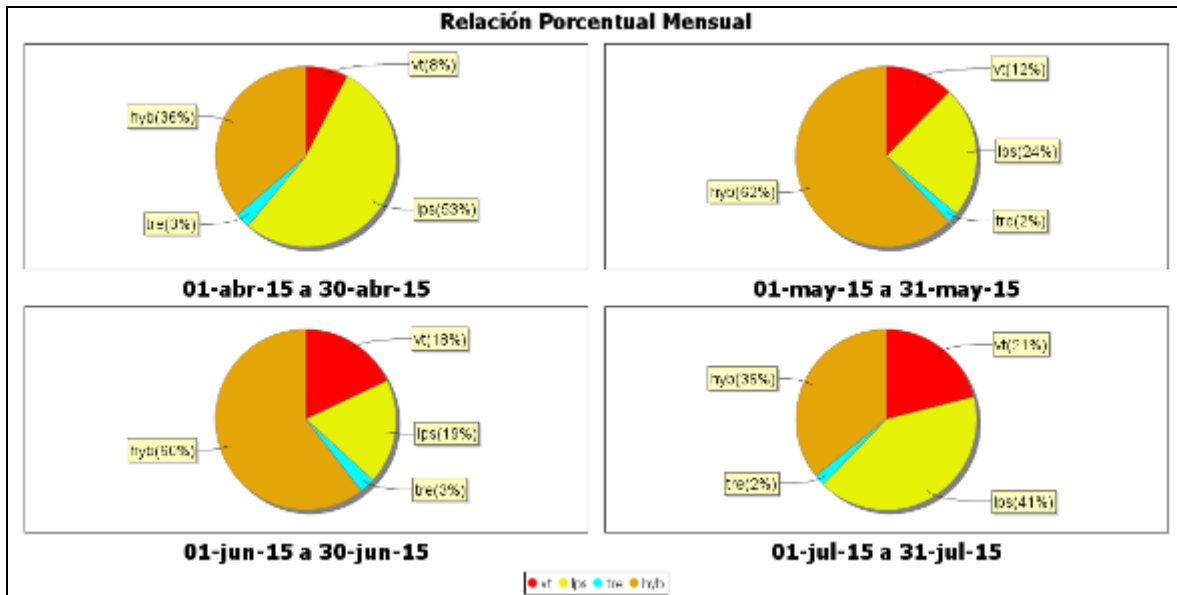


Figura 49. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre abril y julio de 2015. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

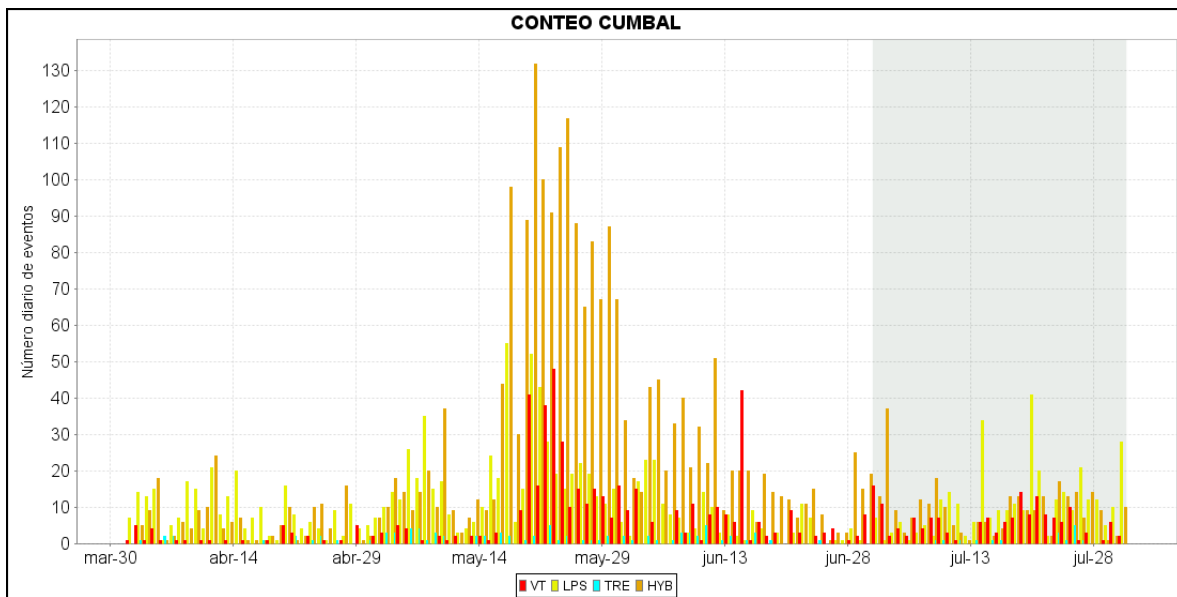


Figura 50. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

A manera de ejemplo, la Figura 51 muestra el registro de un evento asociado con movimiento de fluidos tipo TOR registrado el 20 de julio a las 11:29 p.m. y con frecuencia dominante de 1,16 Hz.

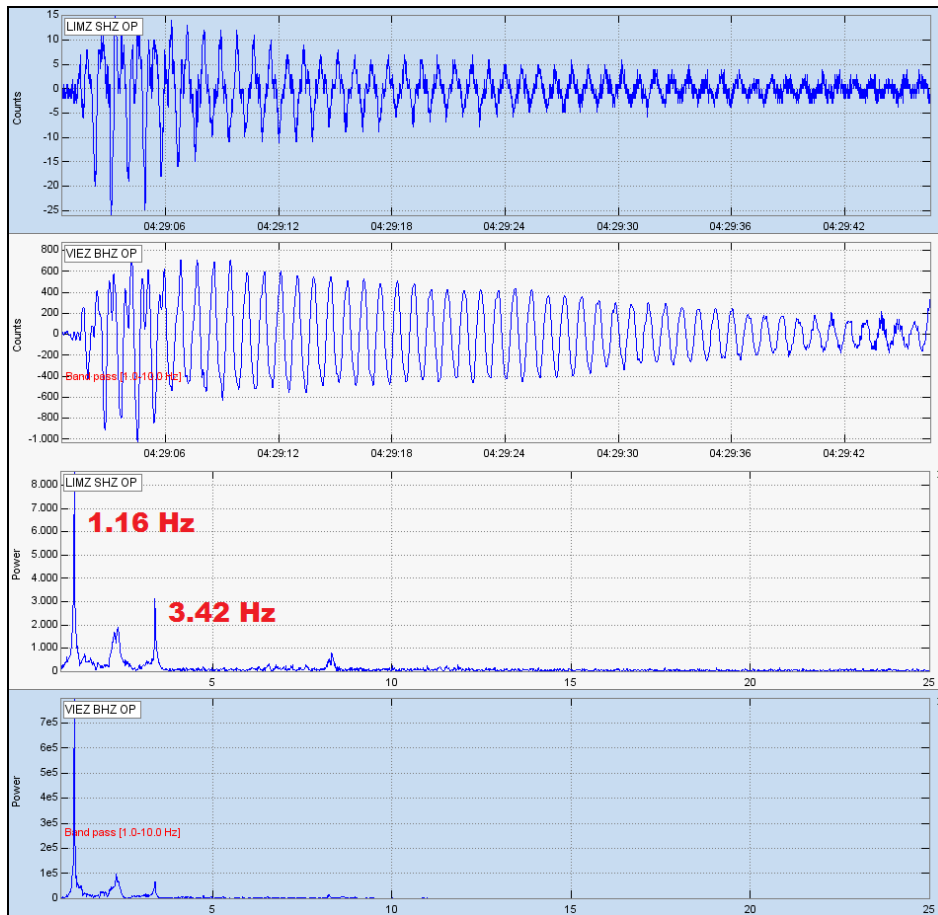


Figura 51. Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 20 de julio de 2015 a las 11:29 p.m., el evento tuvo una duración de 42 segundos en la estación sísmica Limones.

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 7 sismos tipo VT, los eventos se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a distancias entre 3 y 15 km respecto al centro del complejo volcánico y profundidades de hasta 15 km respecto a la cima. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 2,5 en la escala de Richter (Figura 52). Se destaca que la mayoría de eventos asociados a fractura fueron de bajo nivel energético.

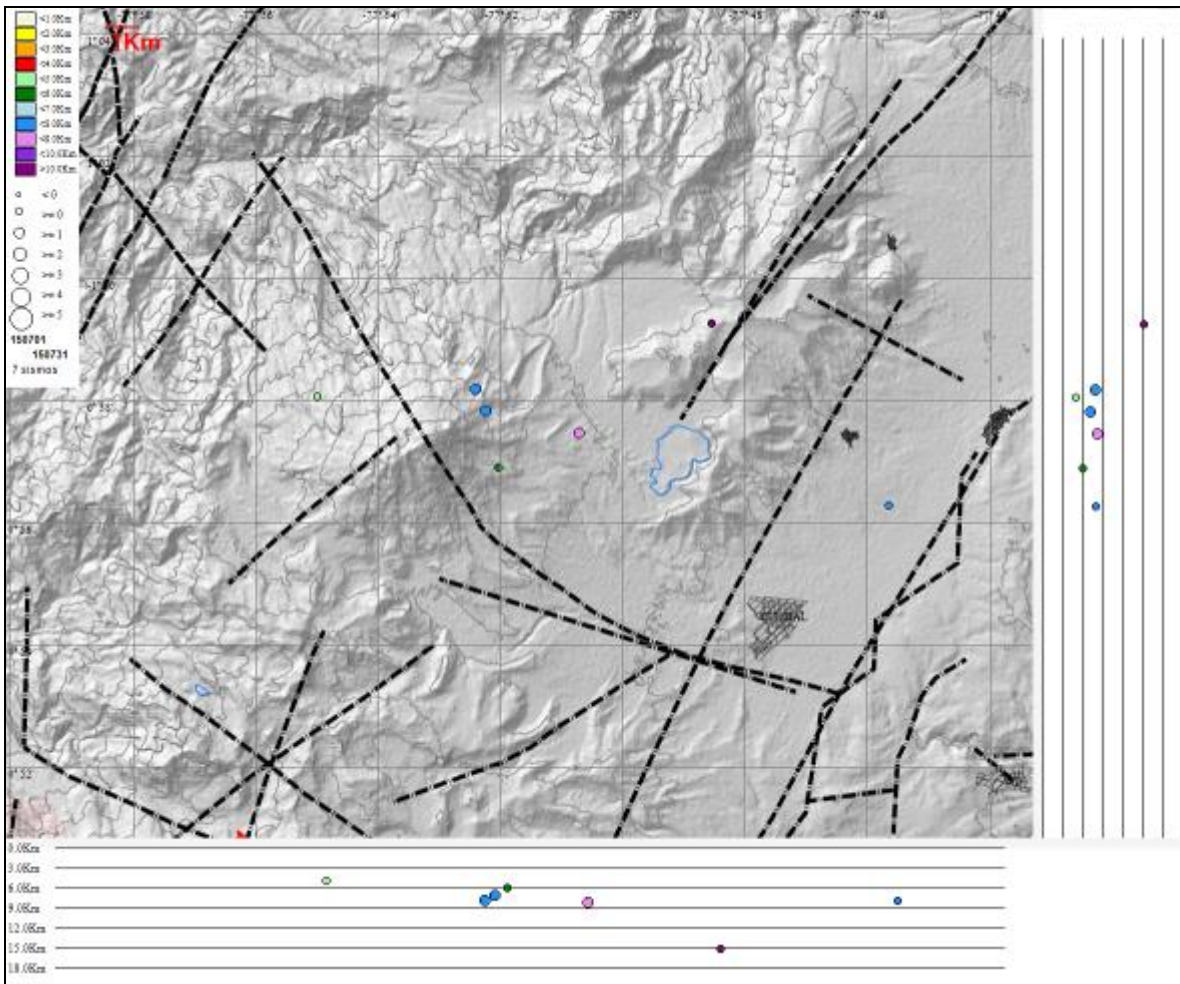


Figura 52. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de julio de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó estabilidad en las componentes de inclinación Norte y Este de los inclinómetros Limones (ubicado a 1,5 km al sureste del cráter La Plazuela del volcán Cumbal, 4232 m.s.n.m.) y Nieve (ubicado a 0,2 km al este del cráter Mundo Nuevo del volcán Cumbal, 4696 m.s.n.m.) (Figuras 53 y 54), en este último se observa a finales del mes de junio un registro anómalo en sus componentes, aún sin determinar la causa.

Se observa un comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte del equipo Punta Vieja (ubicado a 2 km al noreste del cráter La Plazuela del volcán Cumbal, 4519 m.s.n.m.), comportamiento semejante al registrado por el sensor de temperatura, mientras que en su componente Este se presenta estabilidad (Figura 55).

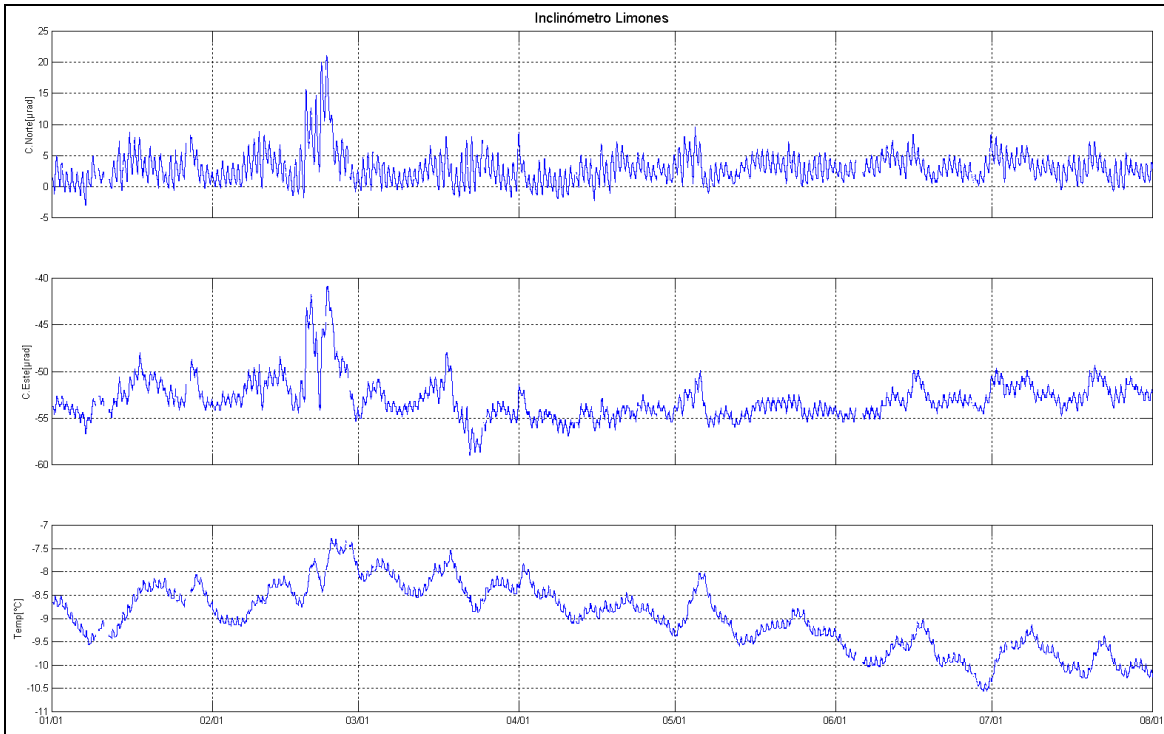


Figura 53. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

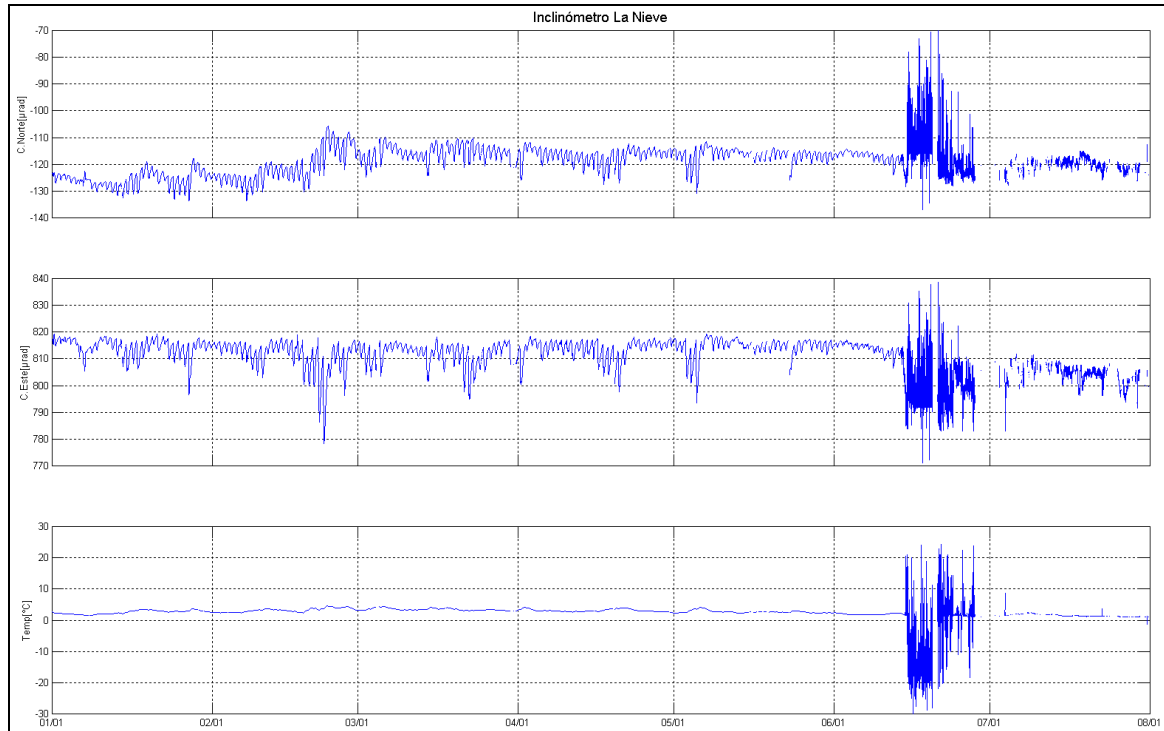


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el Complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

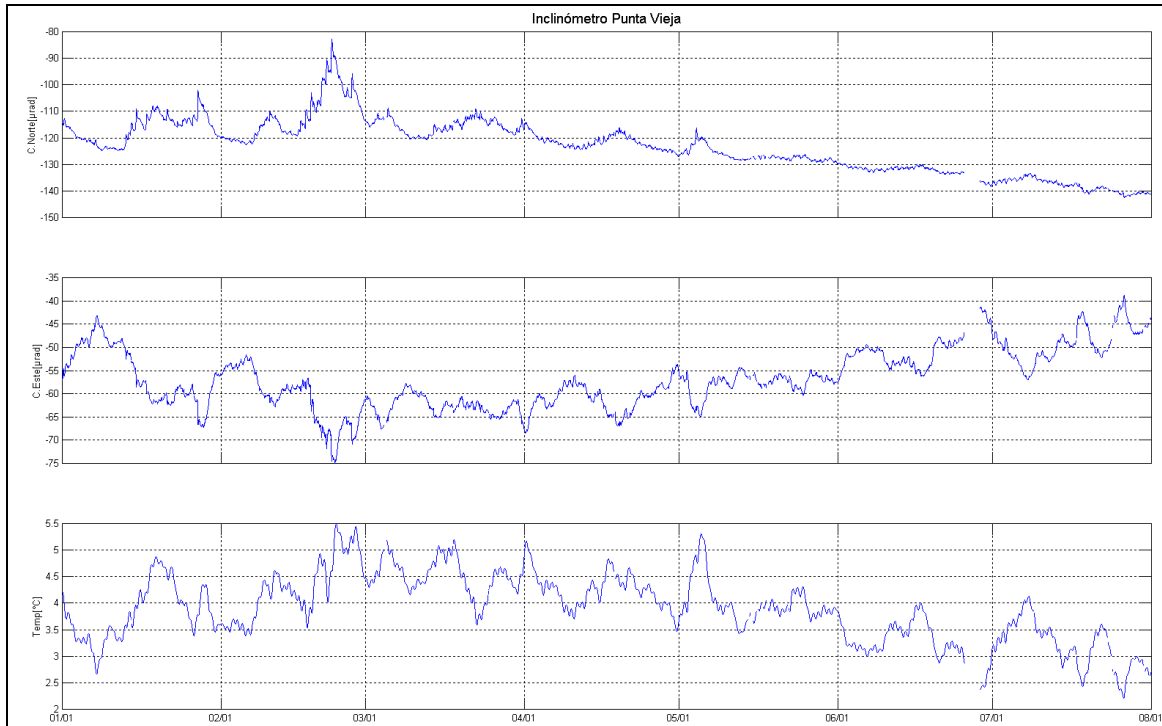


Figura 55. Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

En julio de 2015 la actividad superficial se documentó a partir de las observaciones realizadas a los videos e imágenes de la cámara Web instalada en el municipio de Cumbal. Condiciones de clima favorables durante los días 3, 13, 17 y 24, permitieron observar emisiones de gases de color blanco, provenientes principalmente de los campos fumarólicos El Verde (en Cumbal), Rastrojo y Boca Vieja (en Mundo Nuevo), las cuales fueron de baja altura y se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos (Figuras 56 y 57).



Figura 56. Registro fotográfico de las emisiones de gases observadas el 3 de julio de 2015 a las 6:18 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.



Figura 57. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 24 de julio a las 5:58 p.m., desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.

2.5. 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 2015 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 2015

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 58).

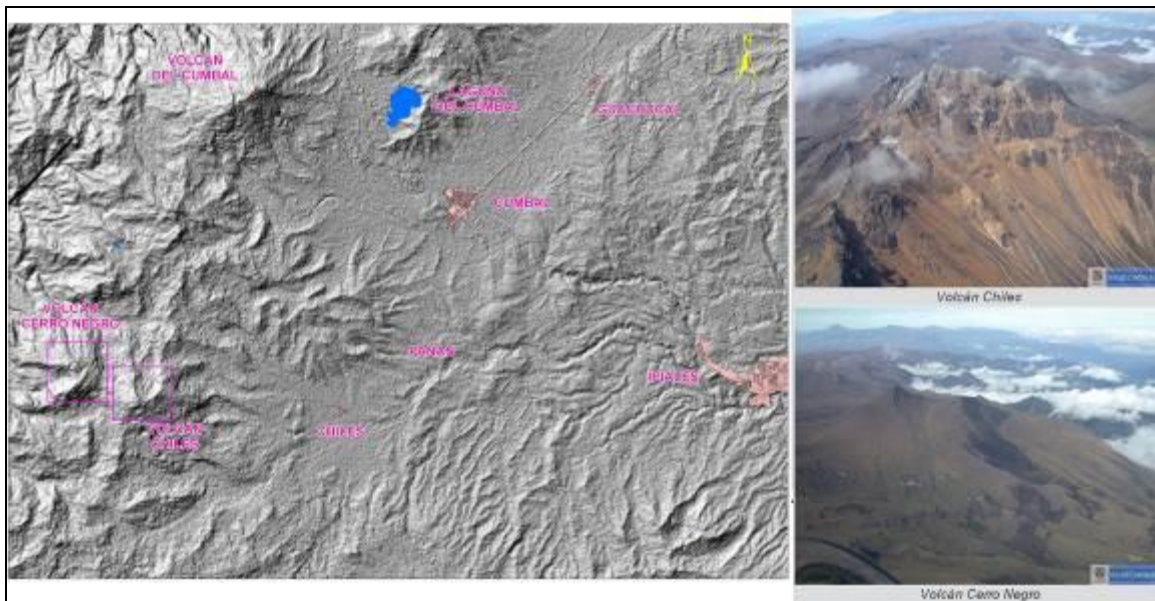


Figura 58. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por siete estaciones sísmicas de banda ancha y tres inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra denominada Termaltes (sismómetro) ubicada muy próxima a la estación térmica, en el sector de Baño Grande, 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, la estación El Morro (sismómetro e inclinómetro, la cual fue objeto de vandalismo el pasado 21 de diciembre de 2014) y la estación Termaltes (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 termaltes y fuentes frías (Figura 59, Tablas 17 y 18).

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 92,2 (Figura 60).

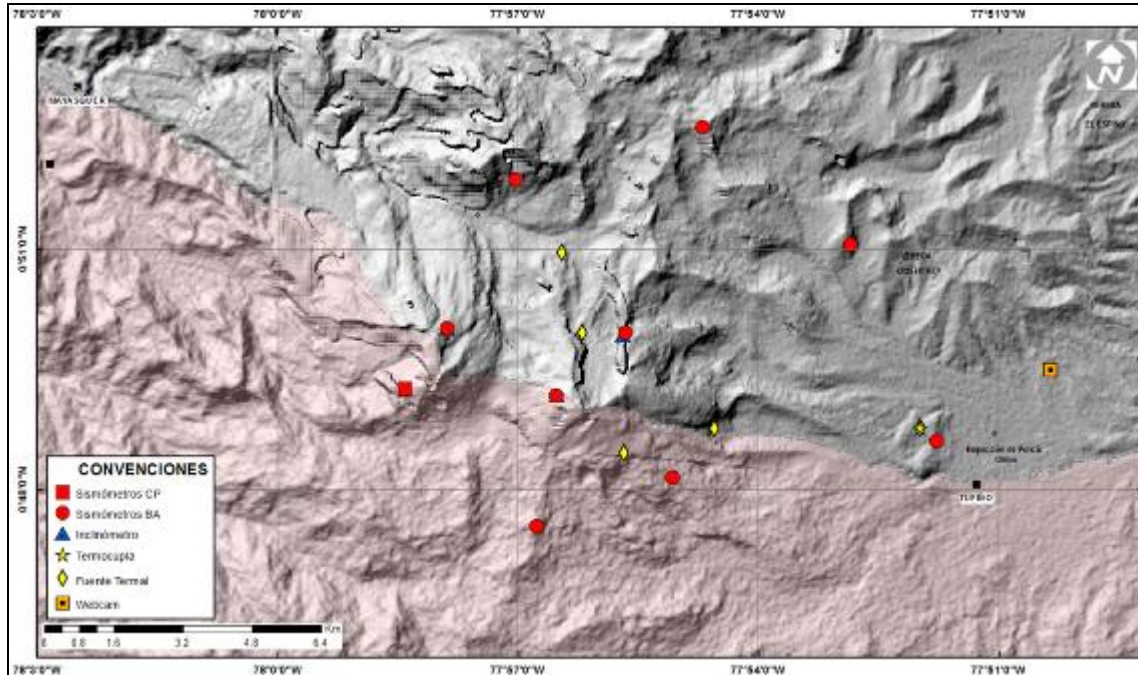







Figura 59. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 17. 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
El Morro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,9	NNE	4068
I. El Morro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,9	NNE	4068
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

Tabla 18. 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

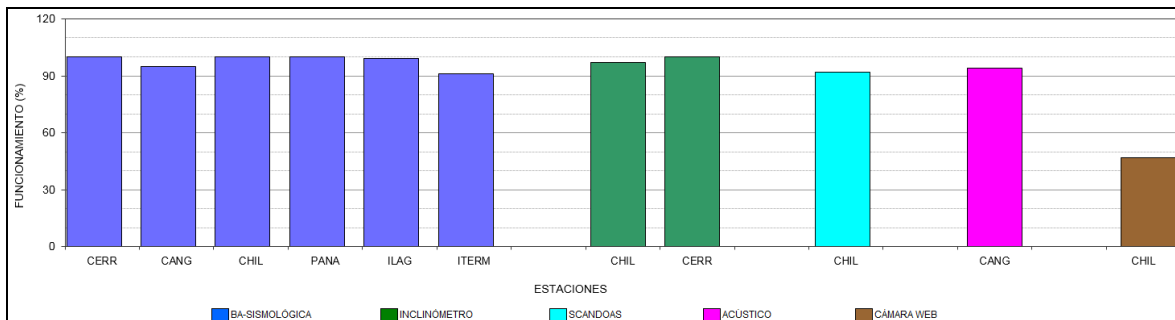


Figura 60. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante julio de 2015.

3.3. SISMOLOGÍA

Respecto a la actividad de complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, en el mes de julio de 2015 la ocurrencia sísmica disminuyó en un 56,7% respecto a la registrada en junio de 2015, pasando de un total de 2181 a 946 sismos tipo VT (Figura 61, Tabla 19). Con la instalación permanente de instrumentación especializada en noviembre 5 de 2013 hasta el 31 de julio de 2015 se han registrado en total 538035 sismos, la gran mayoría registrados entre septiembre 29 de 2014 y 30 de abril de 2015 con 432560 sismos. Se resalta que en los últimos cuatro meses la sismicidad tuvo un descenso muy notorio con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria (Figura 62).

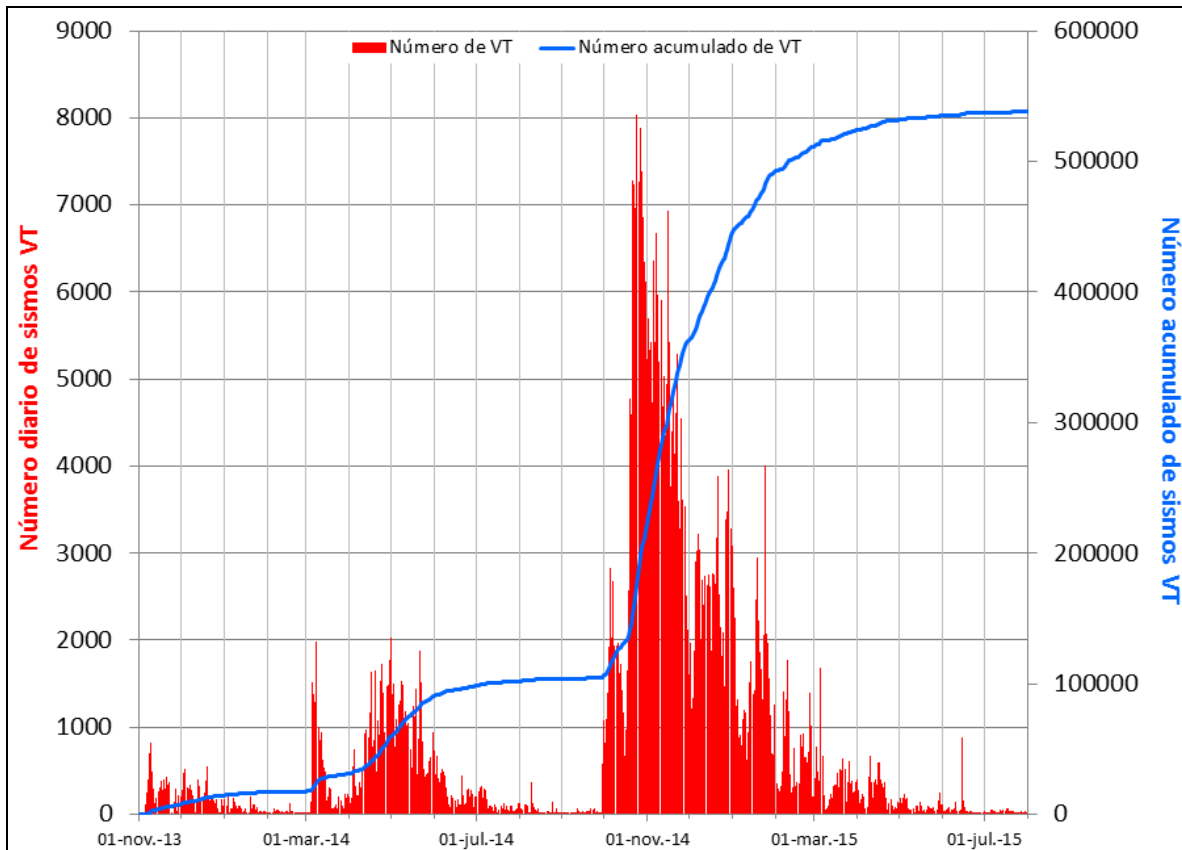


Figura 61. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de julio de 2015.

Tabla 19. 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 2015.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-15 a 30-abr-15	7313	0	0	0	7313
01-may-15 a 31-may-15	3108	0	0	0	3108
01-jun-15 a 30-jun-15	2181	0	0	0	2181
01-jul-15 a 31-jul-15	944	2	0	0	946

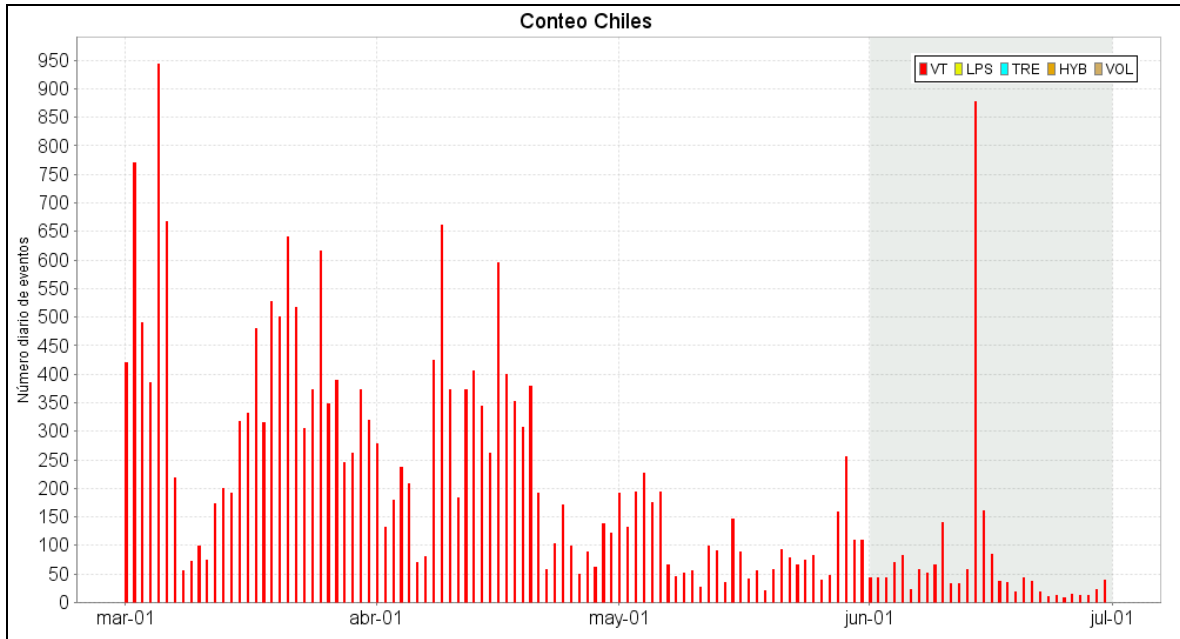


Figura 62. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de abril y julio de 2015.

De los 137 eventos localizados, la mayoría continúan ubicándose hacia el sector suroccidente del volcán Chiles, con distancias epicentrales entre 0,5 y 8 Km y profundidades entre 1,5 y 7 Km. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 2,7 en la escala de Richter (Figura 63), sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 2 en la escala de Richter. En este periodo no se tuvo reportes de sismos sentidos.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada (Figura 64).

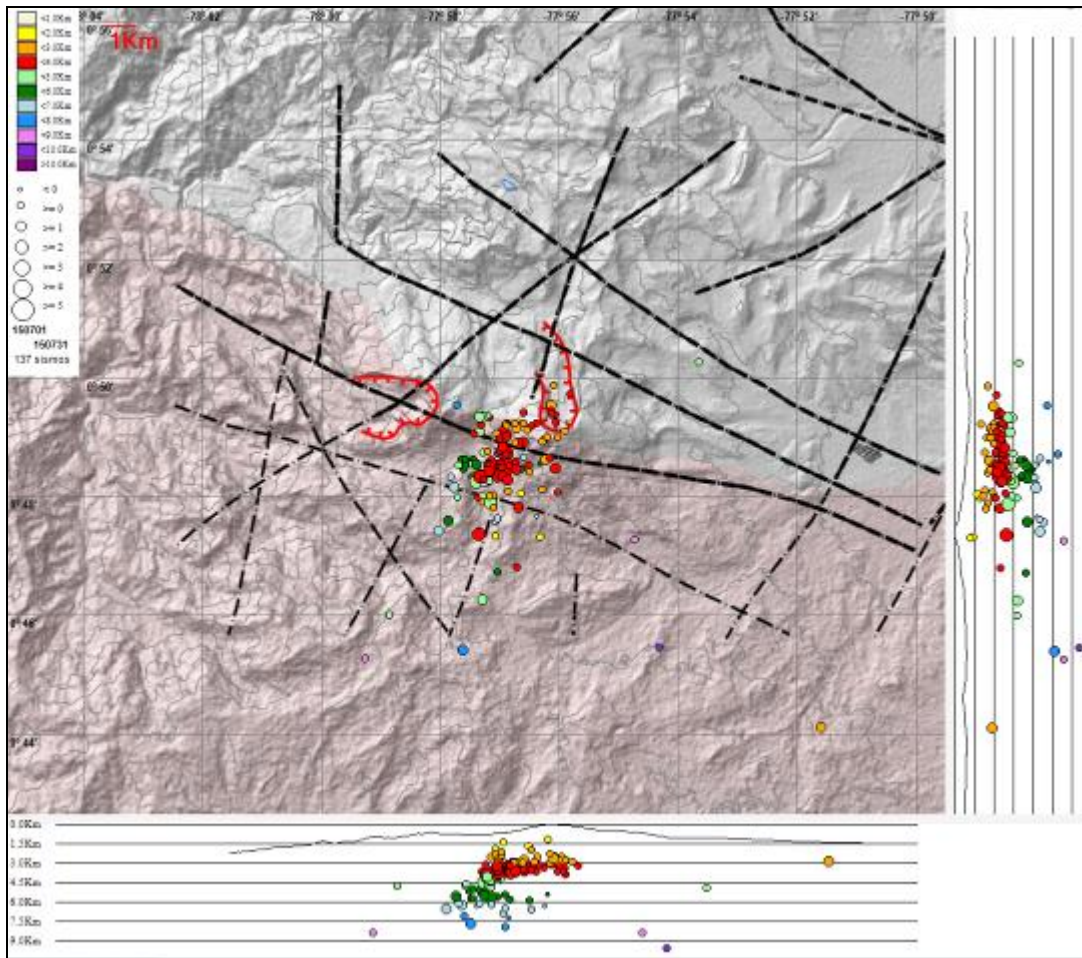


Figura 63. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de julio de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

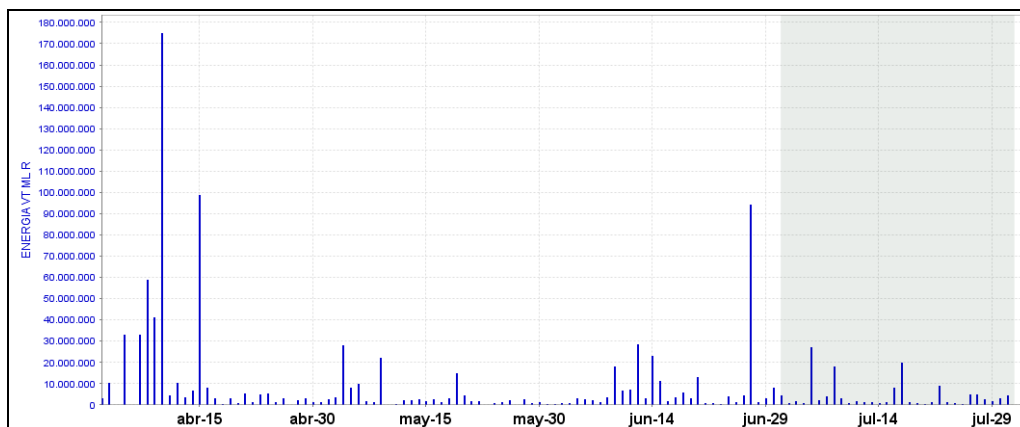


Figura 64. Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

3.4. DEFORMACIÓN

Para el inclinómetro de Chiles se observa estabilidad en sus registros, tanto en la componente de inclinación Norte, como en la Este (Figura 65).

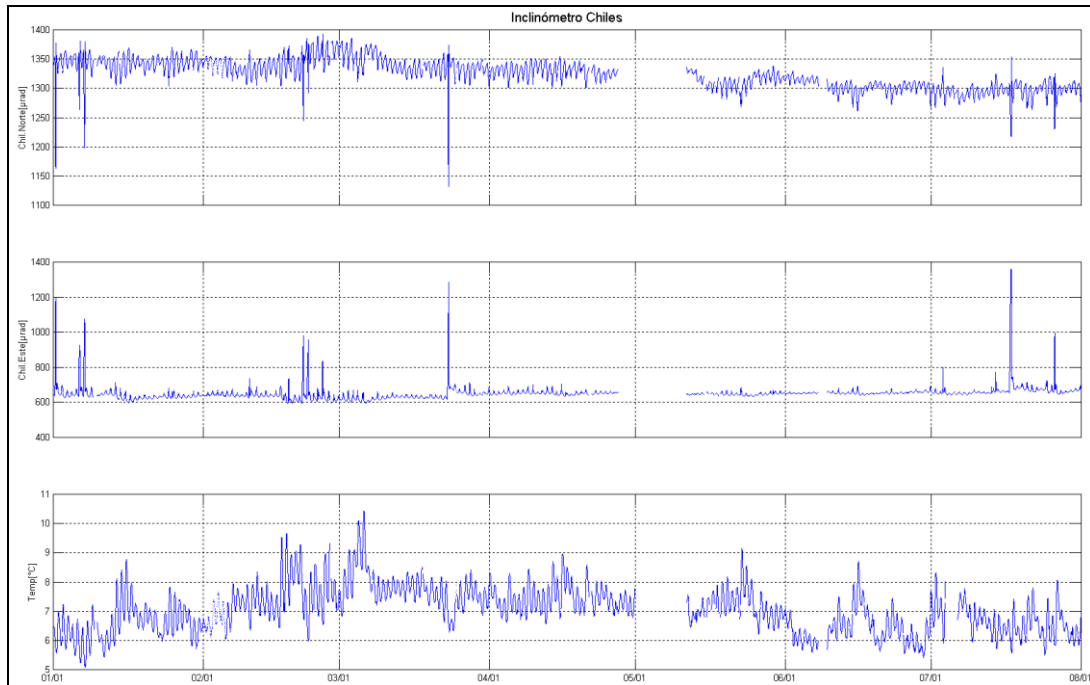


Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

Desde el cambio de sensor en la estación de inclinometría Cerro Negro, se observa un comportamiento descendente en la componente de inclinación Este, acumulando cerca de 100 μrad , la componente Norte muestra estabilidad en su registro (Figura 66). 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, cuya variación es de 580 μrad desde el 20 de agosto de 2014; por su parte la componente Norte muestra estabilidad en su registro (Figura 67).



Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

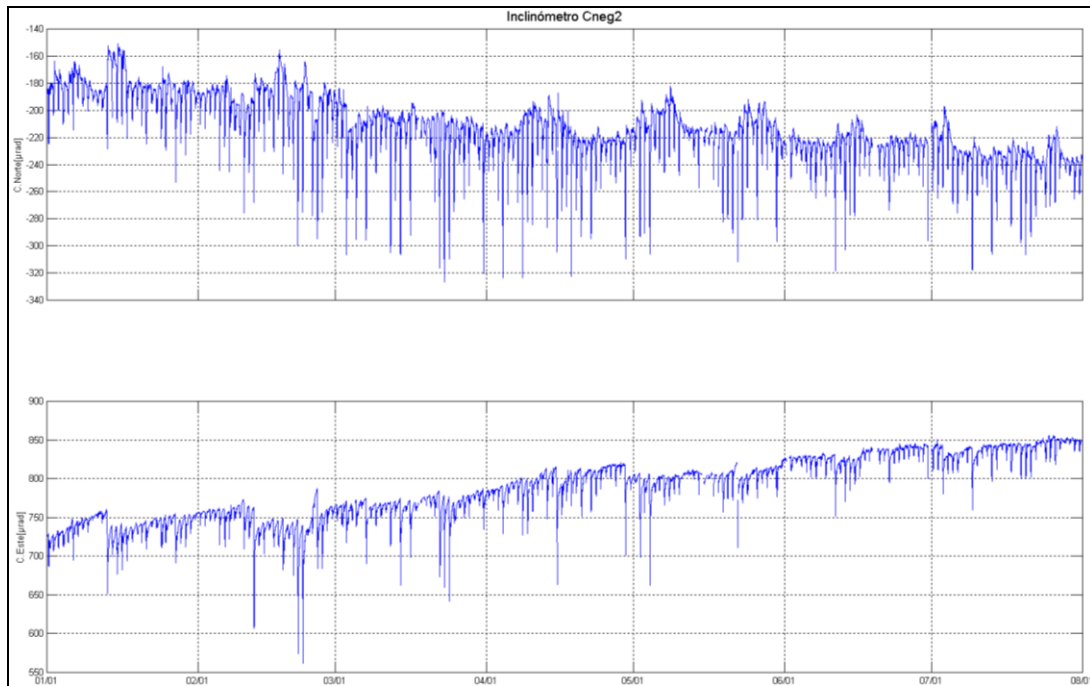


Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

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 59 y tabla 18), estos se registran diariamente con una tasa de medición de 10 minutos.

En la figura 68 se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m. aproximadamente), con un promedio de 42,8°C (Tabla 20). 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.

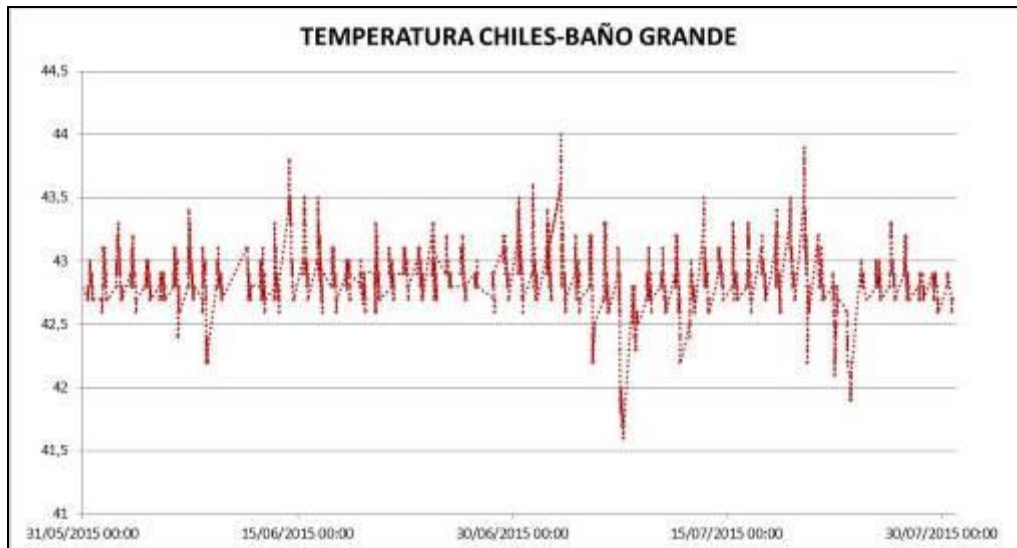


Figura 68. Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – julio 2015.

Tabla 20. Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – julio 2015.

VALOR	Temp. (°C)
Mínimo	41,6
Máximo	44,0
Promedio	42,8

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de julio de 2015 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 70 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 2015 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 2015

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 69).

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.

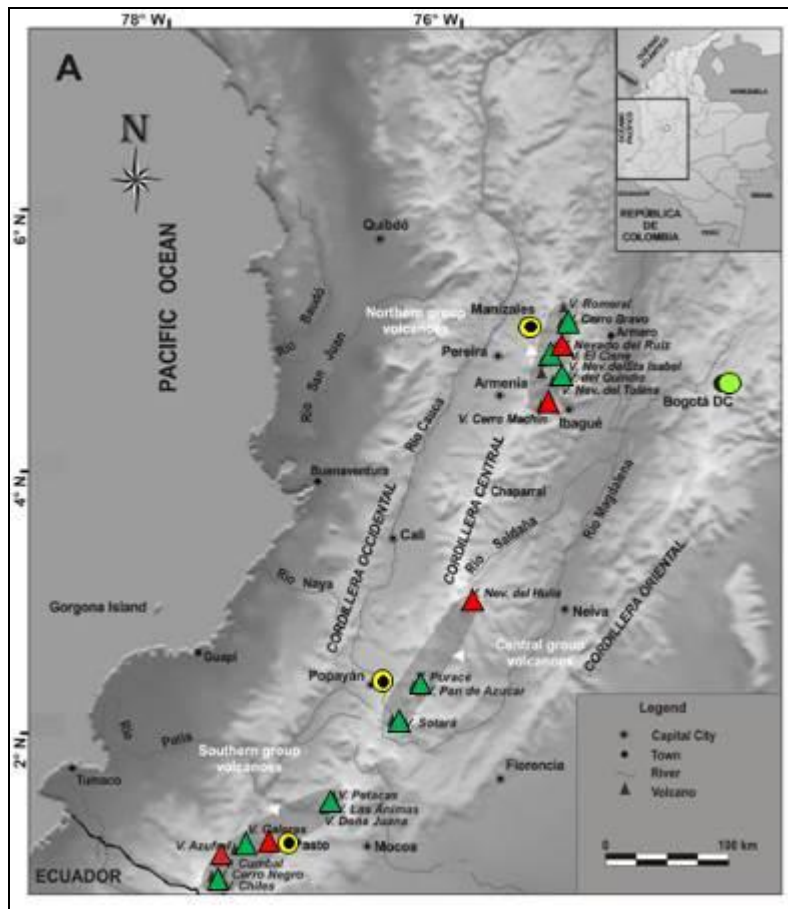


Figura 69. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

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 70).

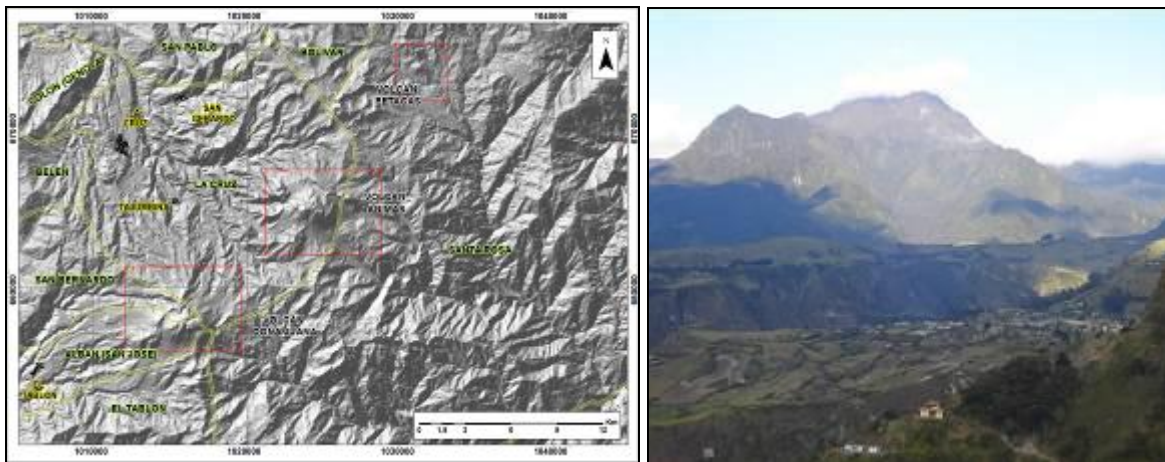


Figura 70. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental. 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 71 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 21 se consignan sus características.

Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en julio de 2015.

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

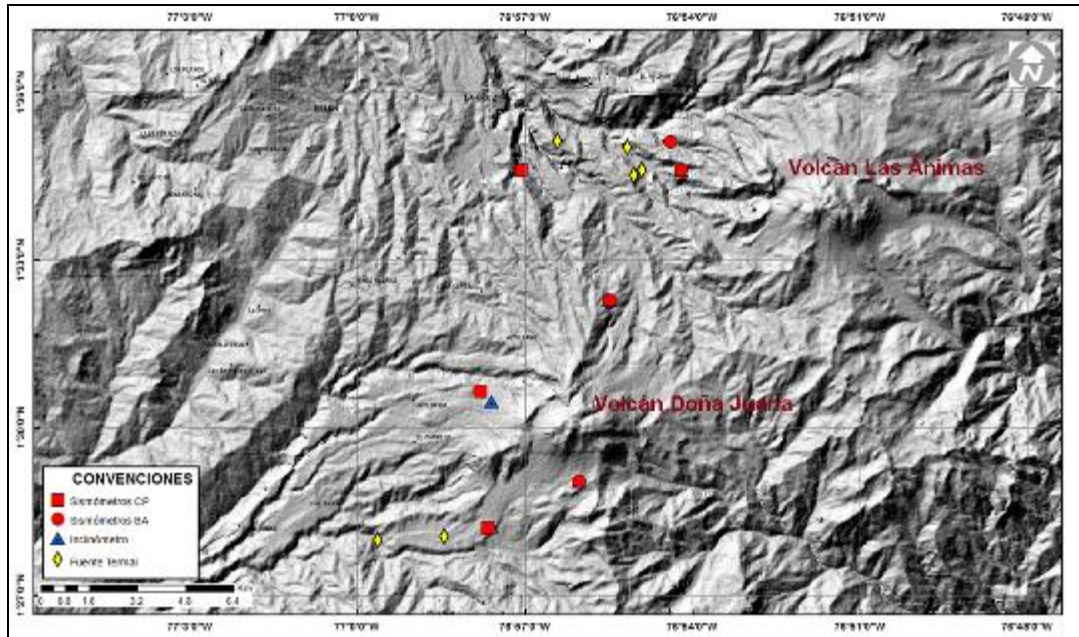


Figura 71. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de julio de 2015. En el mapa se distinguen también los volcanes Doña Juana y Petacas. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en 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 97,8% (Figura 72).

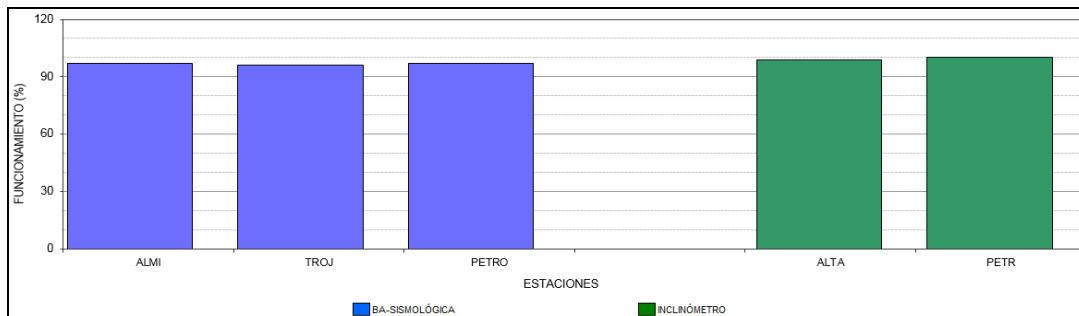


Figura 72. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante julio de 2015.

4.1.3. Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas no se tuvo registro de actividad sísmica.

4.1.4. Deformación

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclinometría, para el periodo evaluado se observa estabilidad en los registros de las componentes de inclinación Norte y Este de los sensores Altamira (ubicado a 4,6 km al oeste de Las Ánimas, 2905 m.s.n.m.) y Petroglifo (ubicado a 7,9 km al

noroeste del volcán, 3137 m.s.n.m.) (Figuras 73 y 74). En el inclinómetro Petroglifo se resaltan los comportamientos descendentes mostrados hasta finales de junio, los cuales al parecer se asocian al registro presentado por el sensor de temperatura.

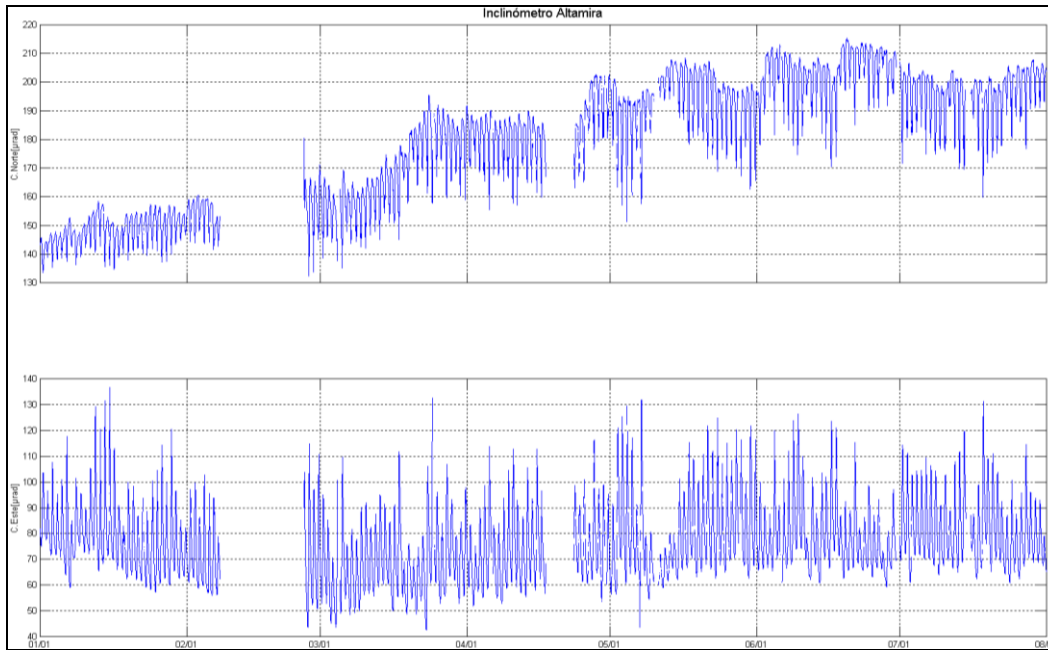


Figura 73. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

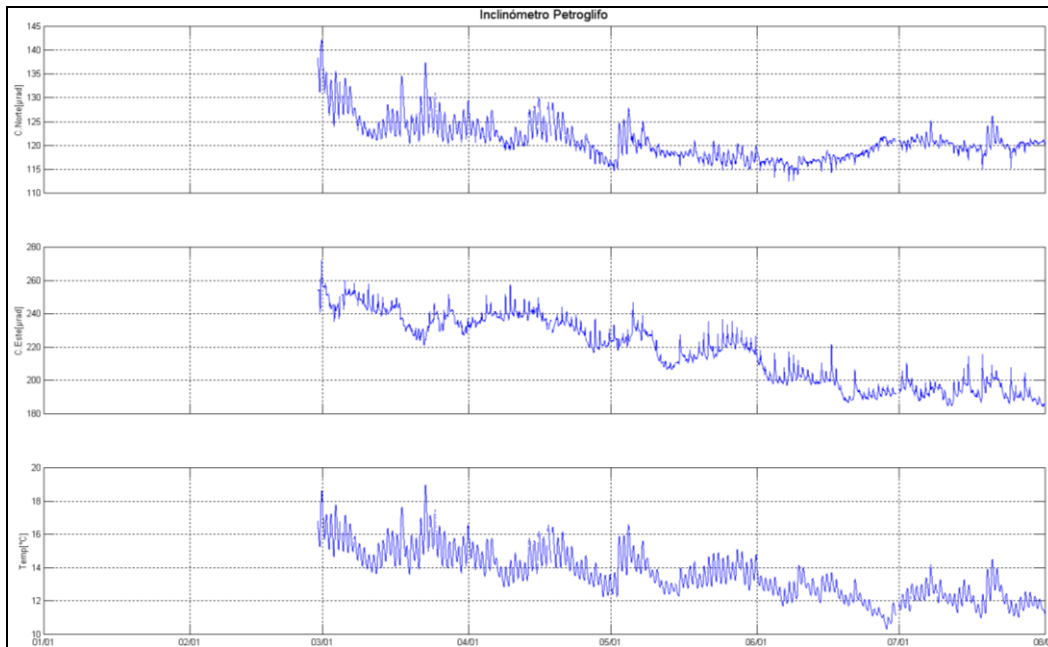


Figura 74. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de julio de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.6. Conclusión

Con base en la información disponible del mes de julio de 2015 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 2015, 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 75, Tabla 22).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 75, Tabla 22).

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 75, Tabla 22).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 88,7% (Figura 76). La estación lavas se encuentra fuera de funcionamiento debido a interferencias en la señal y problemas en el sistema de adquisición.

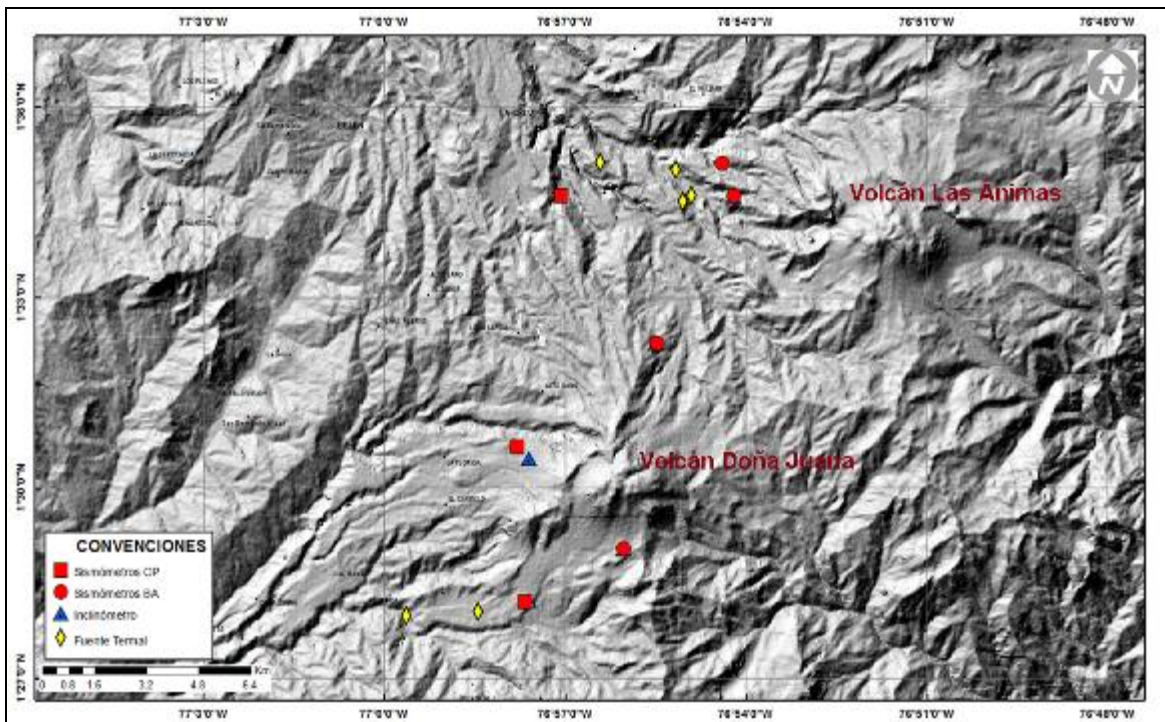


Figura 75. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 22. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en julio 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a los Domos (Km)	Dirección respecto a los Domos	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

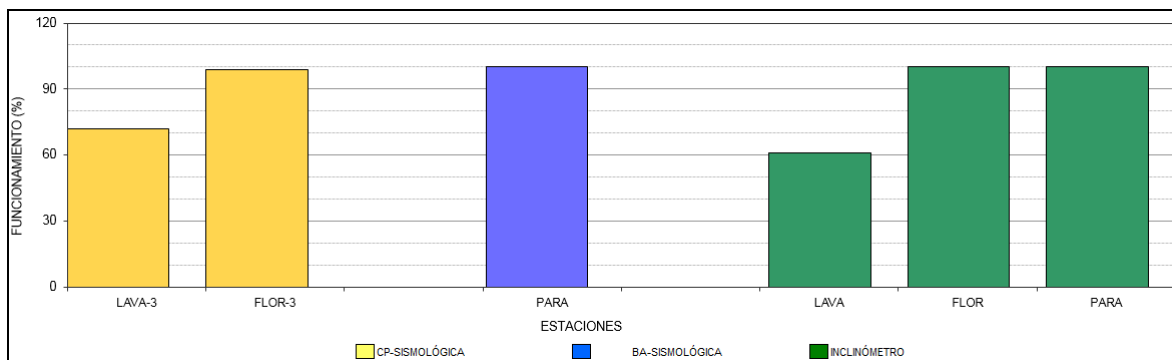


Figura 76. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de julio de 2015.

4.2.2. Sismología

Para el periodo evaluado, en el volcán Doña Juana se tuvo registro un evento sísmico asociado a fracturamiento de material cortical el cual no fue posible localizar debido a su bajo nivel energético. Se resalta que en los últimos cuatro meses la ocurrencia sísmica ha permanecido constante (Tabla 23, Figura 77).

Tabla 23. Número de eventos volcánicos por tipo registrados en el volcán Doña Juana entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-15 a 30-abr-15	7313	0	0	0	7313
01-may-15 a 31-may-15	3108	0	0	0	3108
01-jun-15 a 30-jun-15	2181	0	0	0	2181
01-jul-15 a 31-jul-15	944	2	0	0	946

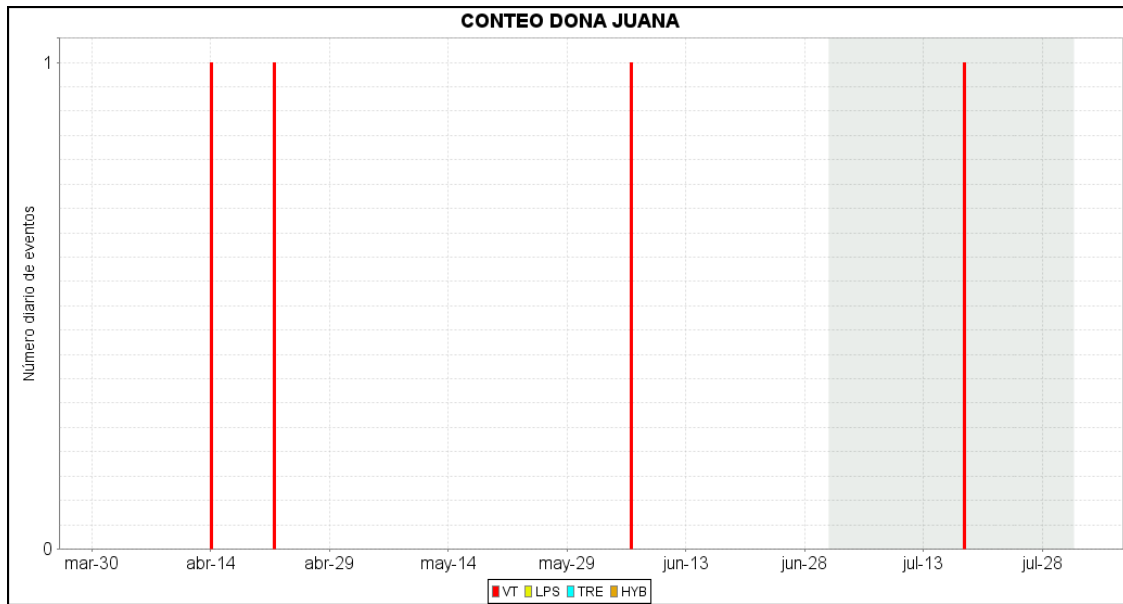


Figura 77. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

4.2.3. Deformación

Desde el cambio de sensor en la estación Páramo (abril 21), se observó un comportamiento ascendente, posteriormente desde mediados de junio se observa estabilidad en las componentes de inclinación Norte y Este (Figura 78).

Con respecto al comportamiento de las componentes de inclinación del inclinómetro Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos del volcán Doña Juana, 3154 msnm), para el periodo evaluado se observa estabilidad en el registro (Figura 79).

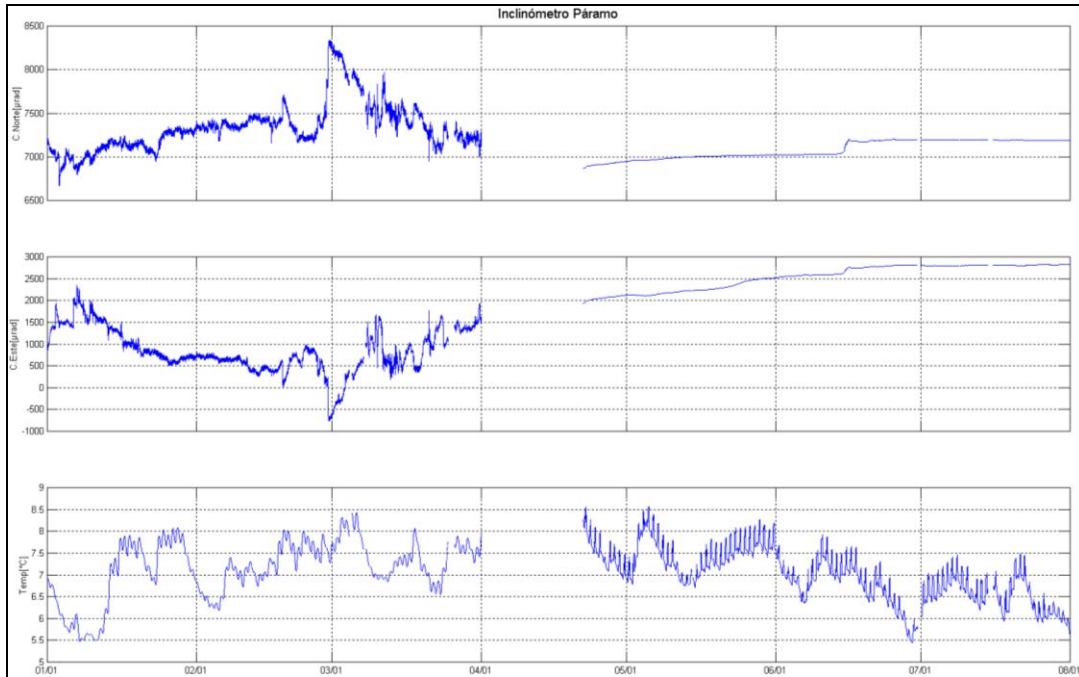


Figura 78. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

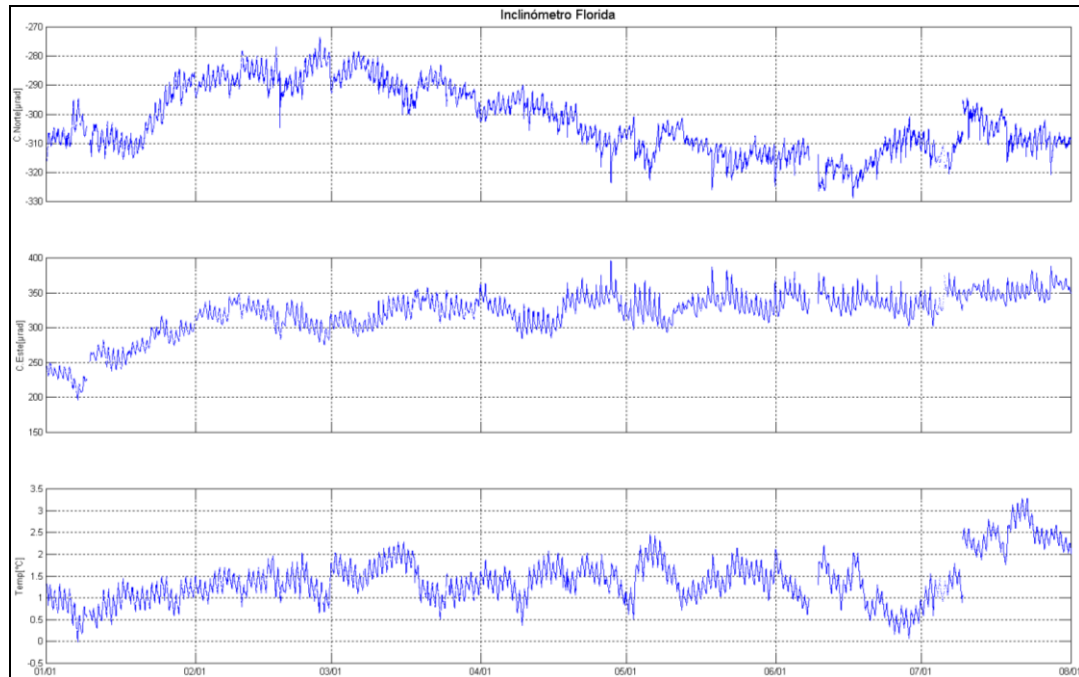


Figura 79. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.

4.2.4. Actividad Superficial

Durante el mes de julio de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5. Conclusión

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de julio de 2015, permiten mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

En la Figura 80 se 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 24 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 se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca (Figura 81).

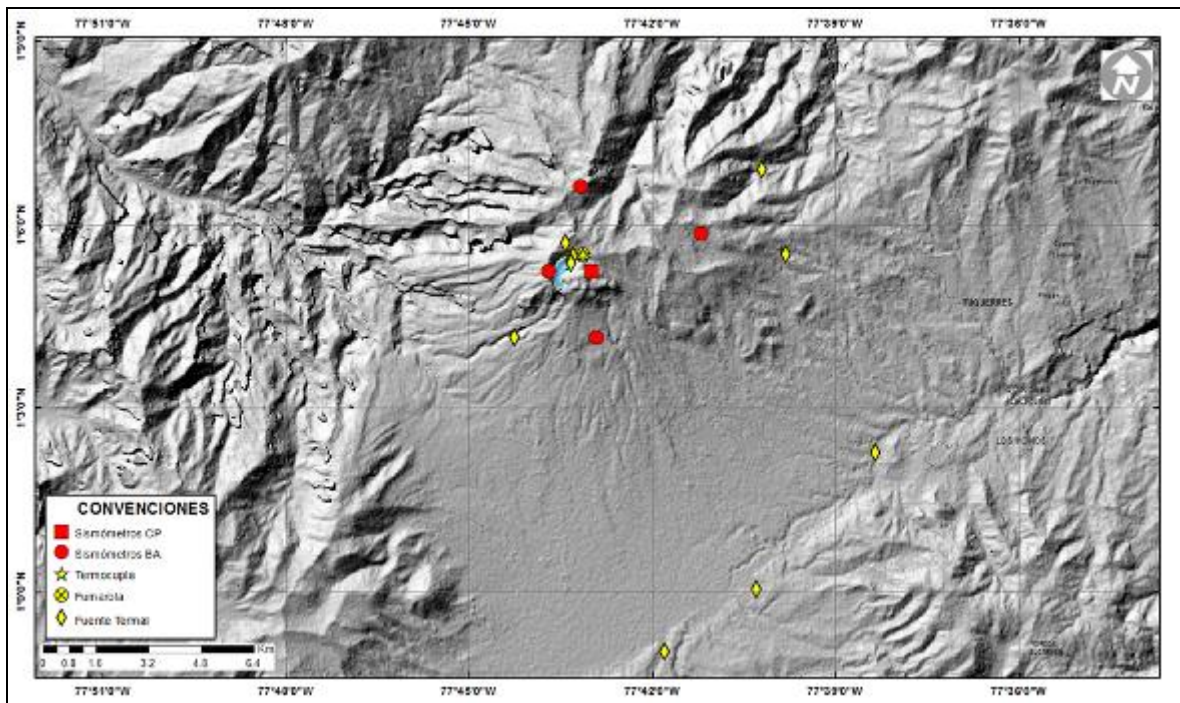


Figura 80. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de julio de 2015.

Tabla 24. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante julio de 2015.

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

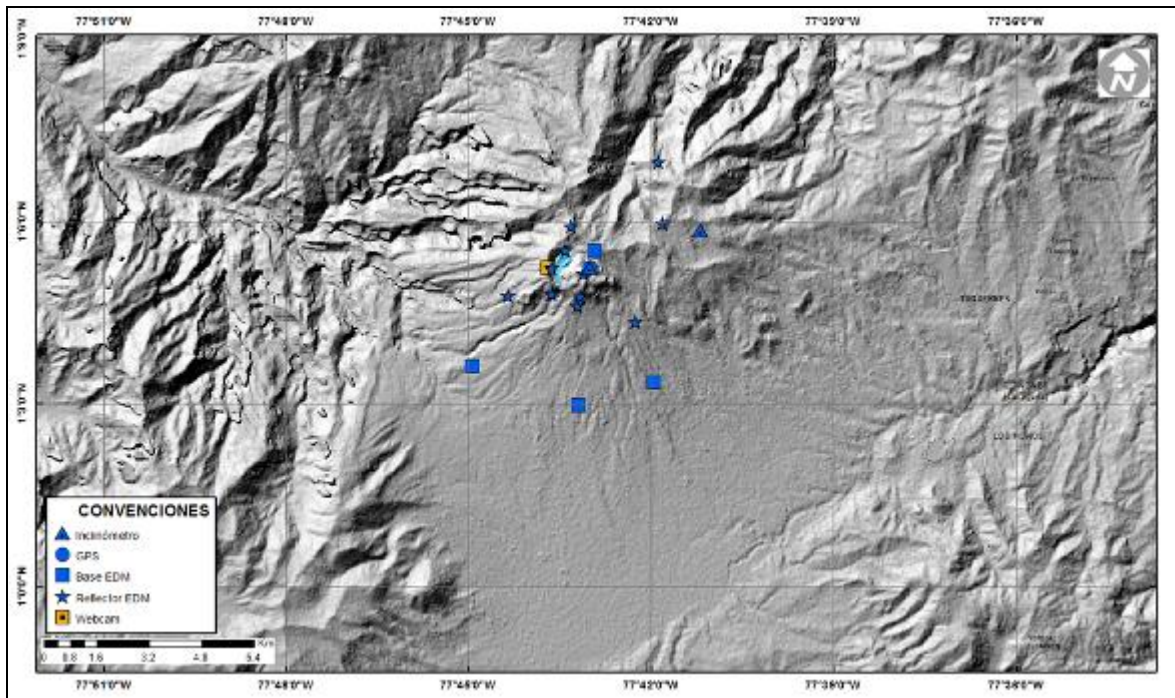


Figura 81. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de julio de 2015.

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de operación del 92,5% para este mes (Figura 82).

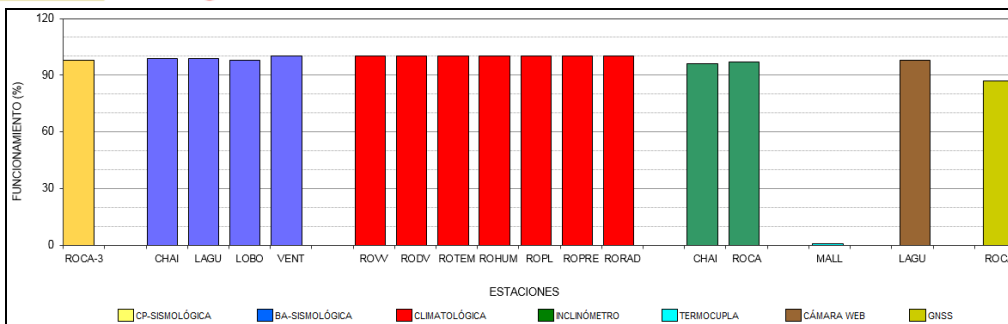


Figura 82. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de julio de 2015.

4.3.2. Sismología

Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica del volcán en julio de 2015 permaneció constante en comparación a la registrada en junio de 2015, pasando de 8 a 7 eventos tipo VT (Tabla 25, Figura 83). De estos eventos fue posible localizar tres, los cuales se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 2,5 y 12 km respecto a la Laguna Verde (Laguna cratérica del volcán Azufral) y a menos de 14 km de profundidad respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 1,1 en la escala de Richter (Figura 84).

Tabla 25. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-abr-15 a 30-abr-15	10	0	0	0	10
01-may-15 a 31-may-15	7	0	0	0	7
01-jun-15 a 30-jun-15	7	0	0	1	8
01-jul-15 a 31-jul-15	7	0	0	0	7

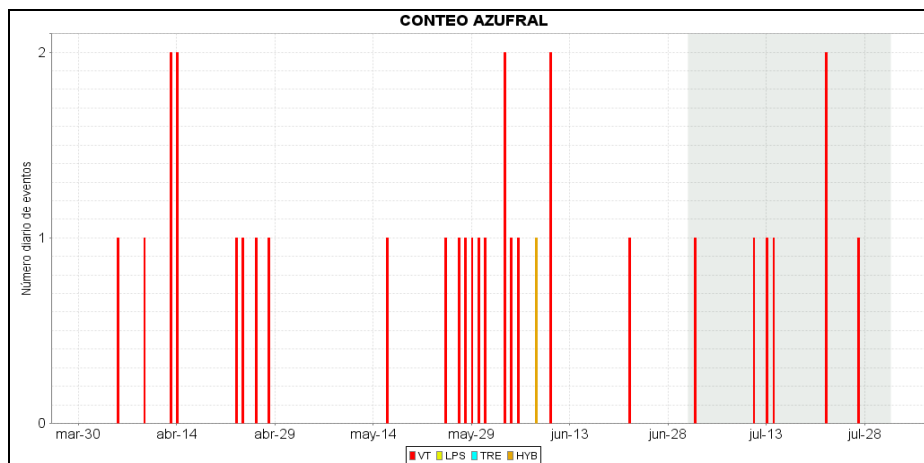


Figura 83. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de abril y el 31 de julio de 2015.

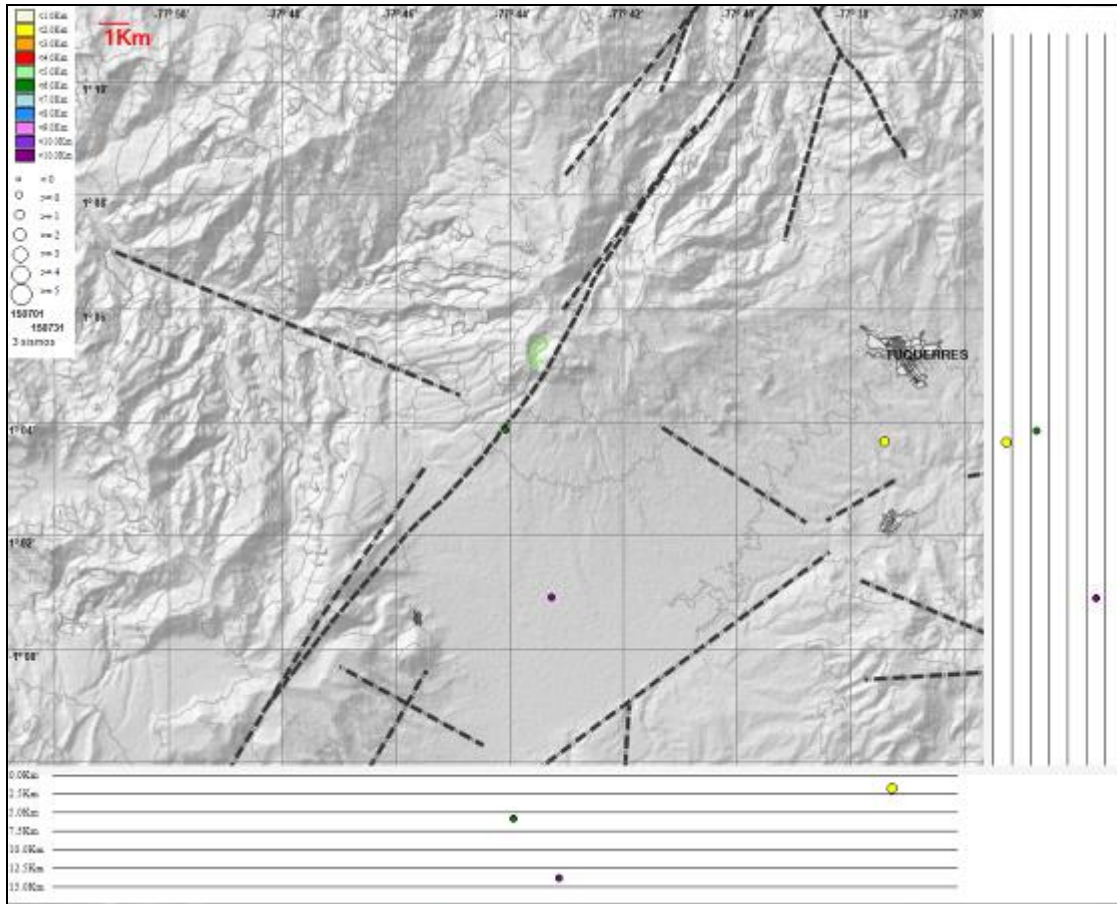


Figura 84. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de julio de 2015, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,5 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3. Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

En cuanto a la deformación del edificio volcánico, se observó estabilidad en el registro de las componentes de inclinación del sensor Chaitán (ubicado a 4,3 km al este-noreste de la laguna cratérica, 3730 m.s.n.m.) (Figura 85). Con respecto al inclinómetro La Roca (ubicado a 1,2 km., al este de la laguna cratérica, 4025 msnm), hacia finales del mes se observa un registro anómalo en sus dos componentes, el cual es objeto de estudio, pero no es asociado a actividad volcánica, al parecer por problemas con el inclinómetro o partes complementarias de la estación.

Desde el pasado mes de marzo se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca, y para el procesamiento diferencial de la información adquirida por esta estación, se está considerando como estación de referencia, la estación QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Azufral, en el aeropuerto Antonio Nariño, esto en cooperación con el

Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano, recordemos que lleva muy poco tiempo de registro, y que se encuentra en proceso de estabilización con respecto al nivel base, por lo cual aún no es posible determinar alguna tendencia de las direcciones Norte, Este y Altura (Figura 86).

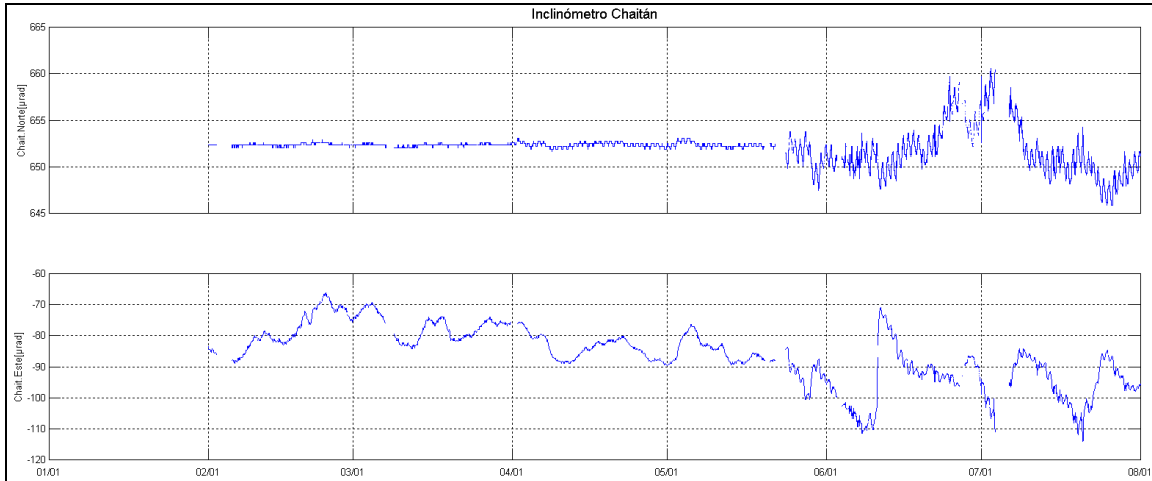


Figura 85. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de julio de 2015.



Figura 86. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Roca instalado en Azufral, para el periodo comprendido entre el mes de mayo de 2015 y el 7 de julio de 2015.

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

En julio de 2015 no se realizaron medidas de EDM.

4.3.4. Geoquímica

En julio de 2015 no se realizó muestreo de aguas en fuentes termales ni muestreo de gases de origen volcánico.

4.3.5. Actividad Superficial

Condiciones de clima favorables durante los días 2, 3, 7, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24 y 30 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 durante la mayor parte del mes (Figura 87).



Figura 87. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el día 20 de julio a la 1:43 p.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.

4.3.6. Conclusión

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante julio de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.