

| <b>NOMBRE</b>                  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>DOMINIO</b>  |
|--------------------------------|---|---|
| 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         |   | Darío Fernando Arcos Guerrero   |
| Fecha                          | De publicación/disposición<br>tres primeras letras del mes/año  | Mar/2015  |
| Título                         |   | INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. FEBRERO DE 2015.   |
| Edición                        | Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9   | 0.1   |
| Serie                          |   | No aplica   |
| <b>Identificador</b>           | <b>En proceso de definición</b>   |   |
| 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 del volcán Galeras en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Presentación de datos obtenidos de monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se utilizan 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   | Inventario y Monitoreo de Geoamenazas y procesos en las capas superficiales de la tierra - 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  | Febrero de 2015.  |

| <b>NOMBRE</b>         | <b>DESCRIPCIÓN</b>   | <b>DOMINIO</b>  |
|-----------------------|--|---|
|                       | datos.   |   |
| Dominio Espacial      |  |   |
| Extensión geográfica  | Descripción del área geográfica.<br>Incluir el nombre del territorio que cubre el producto.<br>Incluir área geográfica dada en km <sup>2</sup>                                       | Zona de influencia del Volcán Galeras.<br>Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Cumbal.<br>Zona de influencia del Volcán Las Ánimas.<br>Zona de influencia del Volcán Chiles.<br>Zona de influencia del Volcán 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  | Descriptor de tema:<br>-Actividad Sísmica<br>-Número diario<br>-Energía diaria<br>-Frecuencia<br>-Localizaciones<br>-Deformación<br>-Geoquímica<br>-Emisiones<br>-Actividad Superficial<br>-Temperaturas<br>-Estación climática<br>-Cenizas   |
| Descriptor de lugar   | Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios.   | - Zona de influencia del Volcán Galeras, como activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto.<br>- Zona de influencia del Volcán Doña Juana.<br>- Zona de influencia del Volcán Azufral.<br>- Zona de influencia del Volcán Cumbal.<br>-Zona de influencia del Volcán Las Ánimas.<br>-Zona de influencia del Volcán Chiles.<br>-Zona de influencia del Volcán 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.<br>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 la unidad VIGILANCIA en la siguiente ruta:<br>V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2015\feb  |

| <b>NOMBRE</b>                   | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>DOMINIO</b>  |
|---------------------------------|---|---|
| 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 del Volcán Galeras, y volcanes del suroccidente colombiano, 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   | <a href="http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2015.aspx">http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2015.aspx</a>   |
| 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 | CD-ROM  |
| Contacto                        |   |   |
| Organización                    | Nombre de la organización   | Servicio Geológico Colombiano.  |
| Cargo/persona                   | Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos   | Asesores de Oficina de Servicio al Cliente  |
| 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<br>(57+1) 01-8000-110842   |
| Fax                             |   | (57+1) 2 22 07 97   |
| Correo electrónico              |   | <a href="mailto:cliente@sgc.gov.co">cliente@sgc.gov.co</a>  |



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES  
GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y  
CERRO NEGRO  
FEBRERO DE 2015**

Edición:

**DARÍO FERNANDO ARCOS GUERRERO**

**San Juan de Pasto, marzo de 2015**

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

## CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 1    |
| RESUMEN   | 2    |
| 1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2015                               | 4    |
| 1.1. RED DE VIGILANCIA  | 4    |
| 1.2. SISMOLOGÍA   | 12   |
| 1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA  | 17   |
| 1.3.1. Inclinometría Electrónica  | 17   |
| 1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes  | 21   |
| 1.4. GEOQUÍMICA   | 25   |
| 1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub>                          | 25   |
| 1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn <sub>222</sub>                             | 27   |
| 1.5. ELECTROMAGNETISMO  | 28   |
| 1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS                            | 34   |
| 1.7. CONCLUSIONES   | 36   |
| 2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – FEBRERO DE 2015                    | 37   |
| 2.1. RED DE VIGILANCIA  | 37   |
| 2.2. SISMOLOGÍA   | 38   |
| 2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA  | 42   |
| 2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL  | 44   |
| 2.5. CONCLUSIONES   | 45   |
| 3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – FEBRERO DE 2015             | 46   |
| 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA   | 46   |
| 3.2. RED DE VIGILANCIA  | 46   |
| 3.3. SISMOLOGÍA   | 49   |
| 3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA  | 54   |
| 3.5. GEOQUÍMICA   | 56   |
| 3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles                        | 56   |
| 3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL  | 58   |
| 3.7. CONCLUSIONES   | 59   |
| 4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2015 | 60   |
| 4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS  | 61   |
| 4.1.1. Ubicación Geográfica   | 61   |
| 4.1.2. Red de vigilancia  | 61   |
| 4.1.3. Sismología   | 63   |
| 4.1.4. Deformación Volcánica  | 63   |
| 4.1.5. Actividad Superficial  | 64   |
| 4.1.6. Conclusiones   | 64   |
| 4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA  | 65   |
| 4.2.1. Red de vigilancia  | 65   |
| 4.2.2. Sismología   | 65   |
| 4.2.3. Deformación Volcánica  | 67   |
| 4.2.4. Actividad Superficial  | 67   |
| 4.2.5. Conclusiones   | 67   |
| 4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL   | 69   |
| 4.3.1. Red de vigilancia  | 69   |
| 4.3.2. Sismología   | 70   |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 4.3.3.   | Deformación Volcánica                           | 72 |
| 4.3.3.1. | Inclinometría Electrónica                       | 72 |
| 4.3.3.2. | Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.     | 72 |
| 4.3.4.   | Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos | 74 |
| 4.3.5.   | Conclusiones                                    | 75 |

## TABLAS

|           | Pág.  |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 1.  | Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.   | 5  |
| Tabla 2.  | Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.   | 6  |
| Tabla 3.  | Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.  | 6  |
| Tabla 4.  | Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.   | 8  |
| Tabla 5.  | Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.  | 8  |
| Tabla 6.  | Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).  | 9  |
| Tabla 7.  | Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.   | 9  |
| Tabla 8.  | Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.  | 10 |
| Tabla 9.  | Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.   | 12 |
| Tabla 10. | Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.  | 14 |
| Tabla 11. | Emisiones de SO <sub>2</sub> del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de febrero de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).    | 26 |
| Tabla 12. | Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – febrero de 2015.  | 28 |
| Tabla 13. | Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – febrero de 2015.  | 28 |
| Tabla 14. | Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2015.  | 38 |
| Tabla 15. | Número de eventos volcánicos por tipo registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.   | 39 |
| Tabla 16. | Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2015.   | 47 |
| Tabla 17. | Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.  | 48 |
| Tabla 18. | Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.                | 49 |
| Tabla 19. | Energía en ergios de los eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación. | 52 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Tabla 20. | Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2015.                                | 61 |
| Tabla 21. | Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación. | 63 |
| Tabla 22. | Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.  | 66 |
| Tabla 23. | Estaciones instaladas en el volcán Azufral.   | 70 |
| Tabla 24. | Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.       | 71 |

## FIGURAS

|           |  | Pág. |
|-----------|--|------|
| Figura 1  | Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.   | 6    |
| Figura 2  | Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.   | 7    |
| Figura 3  | Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.  | 7    |
| Figura 4  | Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.  | 8    |
| Figura 5  | Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.   | 9    |
| Figura 6  | Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores. | 10   |
| Figura 7  | Mapa de localización de las fuentes termales perteneciente a la zona de influencia del Volcán Galeras.   | 11   |
| Figura 8  | Porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2015, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.  | 11   |
| Figura 9  | Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses de enero y febrero de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.   | 12   |
| Figura 10 | Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).   | 13   |
| Figura 11 | Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de enero y febrero de 2015.  | 13   |
| Figura 12 | Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de enero y el 28 de febrero de 2015.  | 14   |
| Figura 13 | Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para febrero de 2015 (barras de la derecha) respecto a enero de 2015 (barras de la izquierda).  | 14   |
| Figura 14 | Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para enero y febrero de 2015.  | 15   |
| Figura 15 | Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de febrero de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 km de profundidad.   | 15   |
| Figura 16 | Forma de onda y espectro en frecuencia de los eventos de Tremor registrados en febrero 5 a las 21:47, febrero 6 a las 06:33 y febrero 6 a las 09:20 horas locales en las estaciones más cercanas al cráter principal de Galeras.                               | 16   |
| Figura 17 | Forma de onda y espectro en frecuencia del evento Tornillo registrado en febrero 23 las 23:17.   | 17   |

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Figura 18 | Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.          | 18 |
| Figura 19 | Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.         | 18 |
| Figura 20 | Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.     | 19 |
| Figura 21 | Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 19 |
| Figura 22 | Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015. | 20 |
| Figura 23 | Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.             | 20 |
| Figura 24 | Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.            | 21 |
| Figura 25 | Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.  | 22 |
| Figura 26 | Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.   | 22 |
| Figura 27 | Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 12 de febrero de 2015.  | 23 |
| Figura 28 | Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.                                       | 23 |
| Figura 29 | 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 12 de febrero de 2015.  | 24 |
| Figura 30 | 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 diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.                                 | 24 |
| Figura 31 | Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 5 de diciembre de 2014 y el 28 de febrero de 2015.                                       | 25 |
| Figura 32 | Flujo de emisión de $\text{SO}_2$ registrado desde el 1 de diciembre de 2014 hasta el 28 de febrero de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.   | 26 |
| Figura 33 | Flujo de emisión de $\text{SO}_2$ , dirección y velocidad del viento para el mes de febrero de 2015.   | 27 |
| Figura 34 | Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Febrero 2015.  | 27 |
| Figura 35 | Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Febrero 2015.  | 28 |
| Figura 36 | Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, en el periodo entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.  | 29 |
| Figura 37 | Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, en el periodo entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.   | 29 |
| Figura 38 | Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde),  |    |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
|           | de la estación de Frailejón, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.   | 30 |
| Figura 39 | Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde), de la estación de Cráter, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.  | 31 |
| Figura 40 | Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (magenta) y EW (rojo), de la estación de Barranco, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.  | 32 |
| Figura 41 | Relación entre Variaciones de Campo Eléctrico de la estación Barranco y las componentes de inclinación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.  | 33 |
| Figura 42 | Componente multiparamétrico para evidenciar la relación de las variaciones de los parámetros de campo eléctrico (componente Este, estación Barranco), deformación (componentes radial y tangencial, estación Cráter) y energía sísmica liberada por los eventos asociados con procesos de fracturamiento de material cortical (tipo HYB y VT), para el periodo entre enero y febrero, 2015. | 33 |
| Figura 43 | Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 7 de febrero de 2015, en horas de la mañana 7:47 a.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.   | 34 |
| Figura 44 | Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 10 de febrero de 2015 desde las cámaras de Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).   | 34 |
| Figura 45 | Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 18 de febrero de 2015 desde las cámaras de Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).   | 35 |
| Figura 46 | Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 23 de febrero de 2015 desde las cámaras de Bruma: 6:32 p.m. (izquierda) y Barranco: 6:34 p.m. (derecha).   | 35 |
| Figura 47 | Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de febrero de 2015, en horas de la tarde 3:15 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.  | 35 |
| Figura 48 | Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 28 de febrero de 2015 desde las cámaras de Bruma y Barranco.   | 36 |
| Figura 49 | Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2015.   | 37 |
| Figura 50 | Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2015.   | 38 |
| Figura 51 | Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses de enero y febrero de 2015.   | 39 |
| Figura 52 | Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).  | 39 |
| Figura 53 | Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para enero y febrero de 2015.  | 40 |
| Figura 54 | Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).  | 40 |
| Figura 55 | Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos tipo Tornillo registrados en febrero de 2015, en las estaciones La Mesa y Limones.   | 41 |
| Figura 56 | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 42 |
| Figura 57 | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 43 |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| Figura 58 | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.   | 43 |
| Figura 59 | Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.   | 44 |
| Figura 60 | Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 18 de febrero, 6:24 de la tarde  | 44 |
| Figura 61 | Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, para los días 21 de febrero a las 10:39 a.m. y 25 de febrero a las 7:24 a.m., respectivamente.   | 45 |
| Figura 62 | Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 26 de febrero, a las 6:49 de la mañana.  | 45 |
| Figura 63 | Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).   | 46 |
| Figura 64 | Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.   | 47 |
| Figura 65 | Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.   | 48 |
| Figura 66 | Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2015.   | 49 |
| Figura 67 | Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 01 de 2013 y febrero 28 de 2015.  | 50 |
| Figura 68 | Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro en los meses de enero y febrero de 2015.  | 50 |
| Figura 69 | Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en febrero de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.  | 51 |
| Figura 70 | Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, la energía acumulada se muestra con su real valor en ergios.                         | 52 |
| Figura 71 | Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro en enero y febrero de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, la energía acumulada se muestra con su real valor en ergios.   | 53 |
| Figura 72 | Volumen de magma intruído calculado con base en la magnitud de los sismos VT de Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015.  | 53 |
| Figura 73 | 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 junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 54 |
| Figura 74 | Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 5 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015 (Parte superior), y entre el 21 de octubre de 2014 y el 28 de febrero de 2015 (Parte inferior). | 55 |
| Figura 75 | Gráfico filtrado por horas de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles - año 2015.  | 56 |
| Figura 76 | Variación de temperatura en la FT Baño Grande Volcán Chiles - Febrero 25 de 2015  | 57 |
| Figura 77 | Variación de temperatura en la FT Baño Grande Volcán Chiles - Febrero 26 de 2015.   | 57 |
| Figura 78 | Imagen de Volcán Chiles, 10 de febrero de 2015, 6:51 a.m.   | 58 |
| Figura 79 | Imagen de Volcán Chiles, 18 de febrero de 2015, 3:11 p.m.   | 59 |
| Figura 80 | Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a   |    |

|            |   |    |
|------------|---|----|
|            | Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP – SGC.   | 60 |
| Figura 81  | Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).  | 61 |
| Figura 82  | Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2015.   | 62 |
| Figura 83  | Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante febrero de 2015.   | 62 |
| Figura 84  | Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de febrero de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.   | 63 |
| Figura 85  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 7 de febrero de 2015.                 | 64 |
| Figura 86  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.                                  | 65 |
| Figura 87  | Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.   | 66 |
| Figura 88  | Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en febrero de 2015.   | 66 |
| Figura 89  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 67 |
| Figura 90  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura de los inclinómetros electrónicos Lavas y Florida, instalados en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.                       | 68 |
| Figura 91  | Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2015.  | 69 |
| Figura 92  | Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores. | 70 |
| Figura 93  | Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2015.  | 71 |
| Figura 94  | Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral en enero y febrero de 2015.   | 71 |
| Figura 95  | Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en febrero de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.  | 72 |
| Figura 96  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 73 |
| Figura 97  | Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.  | 73 |
| Figura 98  | Emisión de gases desde el domo Mallama, 8 de febrero de 2015, 6:23 a.m. y 6:28 a.m.   | 74 |
| Figura 99  | Emisión de gases desde el domo Mallama, 10 de febrero a las 6:28 a.m. y 18 de febrero a las 8:48 a.m.   | 74 |
| Figura 100 | Emisión de gases del domo Mallama, 25 de febrero de 2015 a las 7:43 a.m.  | 75 |

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del mes de febrero de 2015, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes ubicados al suroccidente colombiano, entre ellos Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se toman datos en forma continua durante las 24 horas del día de los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica, además, se realizaron muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

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 del estado de actividad de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas y técnicas. Los cambios observados son el reflejo de los procesos al interior del sistema volcánico, y pueden ser provocados, entre otras causas, por movimiento de magma, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza o, por variaciones de presión interna, que normalmente se producen como consecuencia de la intrusión de material desde niveles más profundos a reservorios más someros y/o a la variación del contenido de volátiles y/o gases en estos reservorios.

En este informe técnico se resaltan principalmente los resultados obtenidos en febrero de 2015, en las diferentes áreas de monitoreo, mediante el procesamiento primario de los datos instrumentales y apreciables de la actividad volcánica y así acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen, y a un posible pronóstico de eventos eruptivos. El nivel de actividad de un volcán, es el resultado de la combinación de varios factores, tanto mesurables, como los apreciables de la actividad volcánica superficial, los cuales pueden variar en intensidad, duración y frecuencia.

## RESUMEN

En el mes de febrero de 2015, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca (VT). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó descenso tanto en la ocurrencia total de sismicidad, como de la energía liberada, reflejado principalmente en los sismos asociados con movimiento de fluidos. Los eventos no clasificables (sismos que no alcanzan el umbral de amplitud y duración para su clasificación en una estación de referencia) mostraron descenso cercano al 69,1%. Se resalta el registro de dos eventos LP tipo Tornillo asociados con movimiento de fluidos, donde las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático, cuyas frecuencias dominantes estuvieron entre 1,74 y 10,4 Hz, y duraciones entre 60 y 77 segundos.

La gran mayoría de sismicidad de fractura (sismos Volcano-tectónicos, VT) se ubicaron cerca al cráter principal, hacia el sector noroccidental con magnitudes entre -0,1 y 1,7 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, uno de ellos muestra una tendencia ascendente en la componente de inclinación Norte, el resto de inclinómetros presenta estabilidad en sus componentes.

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron 5 mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) a la atmósfera, con valores en el rango bajos para Galeras. El valor máximo de flujo de SO<sub>2</sub> del periodo evaluado, fue de 476 Tn/día, registrado el 4 de febrero de 2015.

Teniendo en cuenta la información que aportan las imágenes capturadas del cono activo y reportes por personal del OVSP, fue posible evidenciar emisiones de gases, en su mayoría de color blanco. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos.

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, el nivel de actividad de Galeras se mantuvo en: Nivel Amarillo ■ (III) **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por las estaciones instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado se observó que la mayor parte de eventos se asocian con procesos de movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó un leve descenso en la ocurrencia diaria de sismicidad. En este mes se registraron 5 eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, cuyas frecuencias dominantes estuvieron entre 1,40 y 5,35 Hz. En su mayoría la sismicidad de fractura se localizó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal y a profundidades superficiales, cuyas magnitudes estuvieron entre -0,6 y 2,4 en la escala de Richter.

Condiciones de clima favorables durante los días 18, 20, 21, 22, 25 y 26 de febrero de 2015, permitieron observar emisiones de gases de color blanco, cuyos focos principales continúan siendo los campos fumarólicos El Verde y Rastrojo.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2015 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, se observó un notable descenso en la ocurrencia diaria de eventos, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidente del edificio volcánico de Chiles, con magnitudes entre -0,2 y 3,2 en la escala de Richter. Ningún sismo fue reportado como sentido.

En los últimos meses se nota una clara tendencia descendente con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2015 permitió, que la actividad en la zona de los volcanes Chiles – Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registró un sismo asociado a fracturamiento de la roca, de bajo nivel energético, con magnitud de 0,1 en la escala de Richter. Continúa el comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Altamira el cual se viene registrando desde el pasado 26 de abril de 2014.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado no se tuvo registro de eventos asociados con actividad volcánica.

En relación al volcán Azufra, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presentó descenso en ocurrencia, totalizando 7 eventos. De esta sismicidad se localizaron 6 eventos con magnitudes entre 0,6 y 2,2 en la escala de Richter.

La mayor parte del periodo evaluado fue posible observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

Con base en el análisis de la información de los volcanes Doña Juana, Azufra y Las Ánimas, estos se consideran en **Nivel Verde ● (IV), “Volcán activo y comportamiento estable”**.

## 1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2015

### 1.1. RED DE VIGILANCIA

Para el periodo evaluado, la red de monitoreo del volcán Galeras, estuvo conformada por:

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: ocho de corto periodo (cinco triaxiales y tres de componente vertical) y seis 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 ubicado 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).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figuras 2 y 3, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 4, 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 (Figura 4, Tabla 5).
- 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 4).
- 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 (Figura 4).
- Una estación climática, 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 ubicada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2 (Figura 4).
- Veinte estaciones para la medición de emisiones del gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo, distribuidas en dos líneas, una hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 5). Las estaciones Lavas 1 y Parques de la línea Galeras, cuentan con equipo de transmisión digital, por lo que su registro es continuo.

- Una estación Multigas, ubicada hacia el sector de Barranco.

Adicionalmente, 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 6).

Por otra parte como complemento al monitoreo, se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales para Galeras (Tabla 8, Figura 7).

En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue cercana al 83%. En la Figura 8 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de febrero de 2015.

**Tabla 1.** Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.

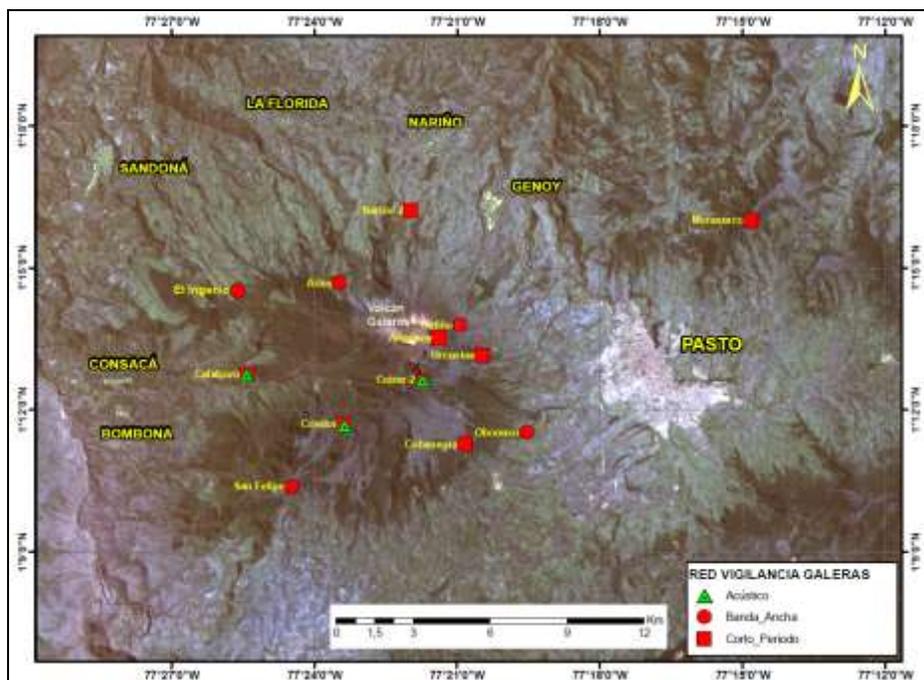
| Estación          | Código | Transmisión de Datos | Tipo de Sensor             | Componente     | Distancia al Cráter (Km) | Dirección Respecto al Cráter | Altitud (msnm) |
|-------------------|--------|----------------------|----------------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|----------------|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

**Tabla 2.** Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.

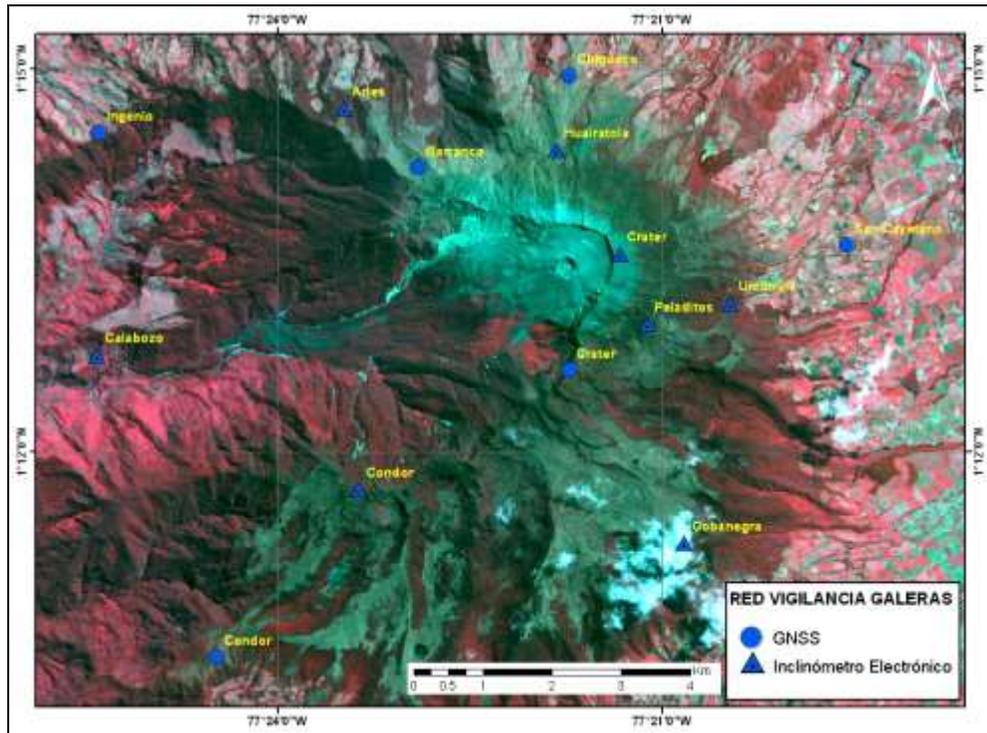
| Inclínómetros Electrónicos | Distancia al Cráter (Km) | Dirección Respecto al Cráter Principal | Altitud (msnm) |
|----------------------------|--------------------------|--|----------------|
| Cráter                     | 0,8                      | E                                      | 4060           |
| 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           |
| Cóndor                     | 4,9                      | SW                                     | 3985           |
| Calabozo                   | 7,1                      | WSW                                    | 2350           |

**Tabla 3.** Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2015.

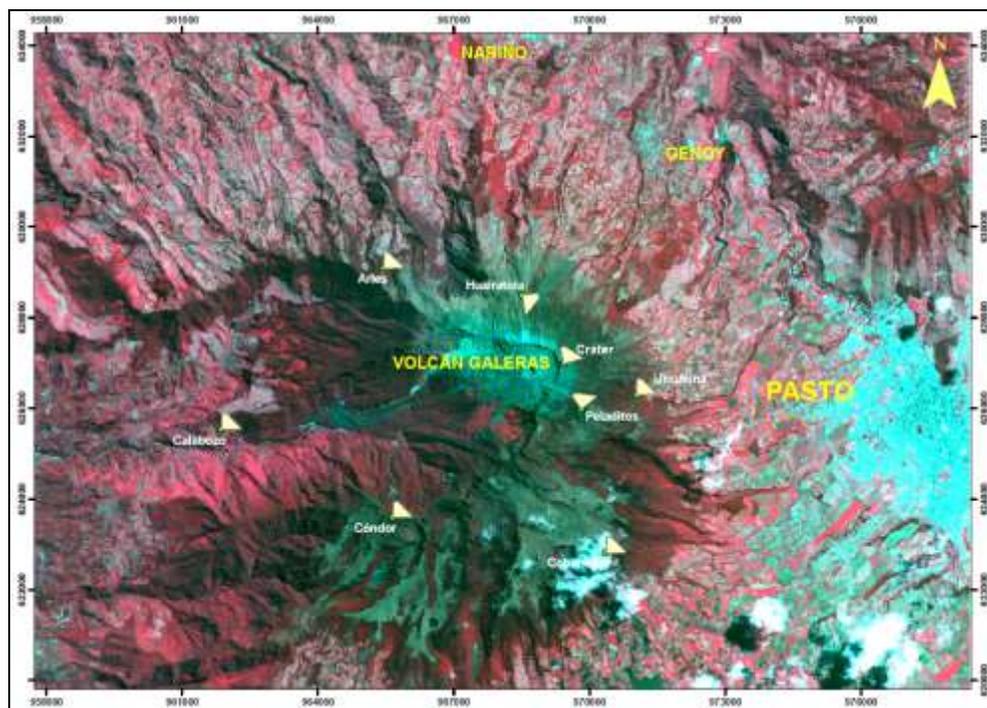
| Estaciones GNSS | Distancia al Cráter (Km) | Ubicación Respecto al Cráter Principal | Altitud (msnm) |
|-----------------|--------------------------|--|----------------|
| Cráter          | 1,5                      | S                                      | 4048           |
| Barranco        | 2,6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



**Figura 1.** Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.



**Figura 2.** Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.



**Figura 3.** Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.

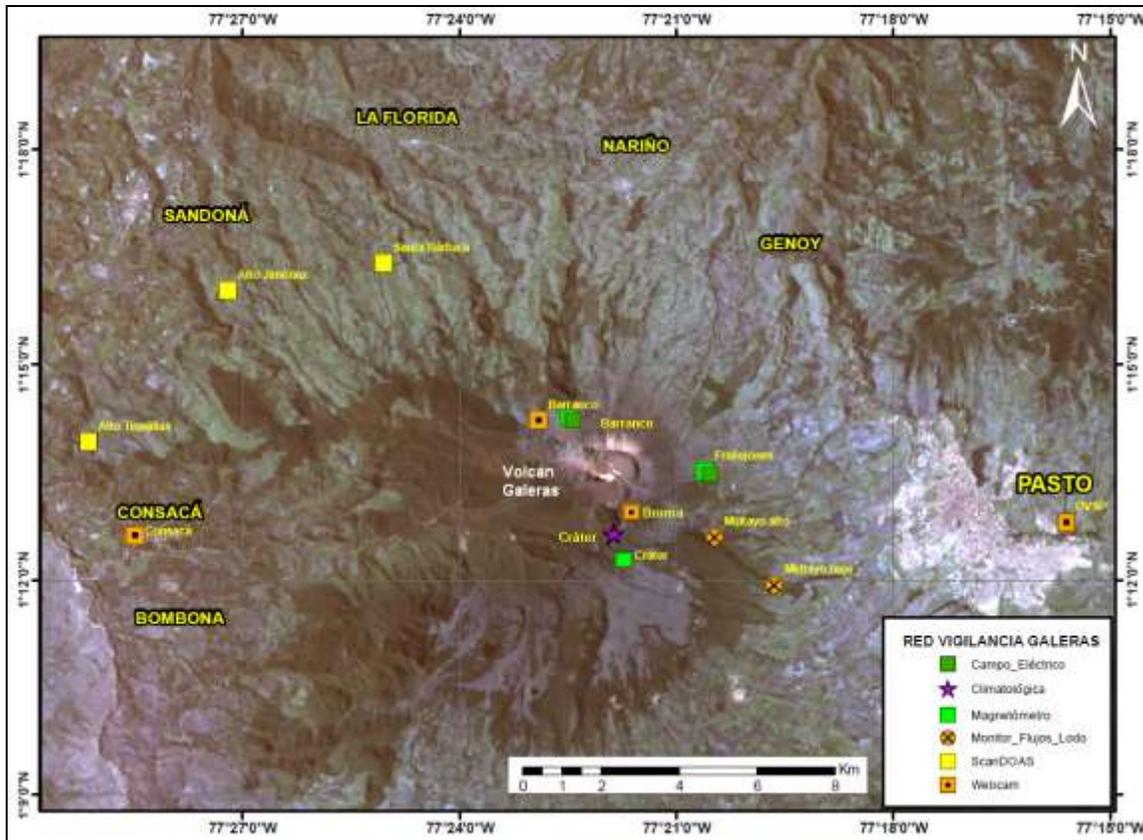
**Tabla 4.** Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.

| Estación        | Distancia al cráter (km) | angulo del scan ( ° ) | Altura de referencia de la pluma* (m) | Dirección compás ( ° azimut) | Ubicación respecto al cráter | Altitud (msnm) |
|-----------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|
| Santa Bárbara   | 7.9                      | 60                    | 1600                                  | 131                          | NNW                          | 2600           |
| Alto Jiménez    | 10.8                     | 90                    | 1800                                  | 295                          | 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 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           |



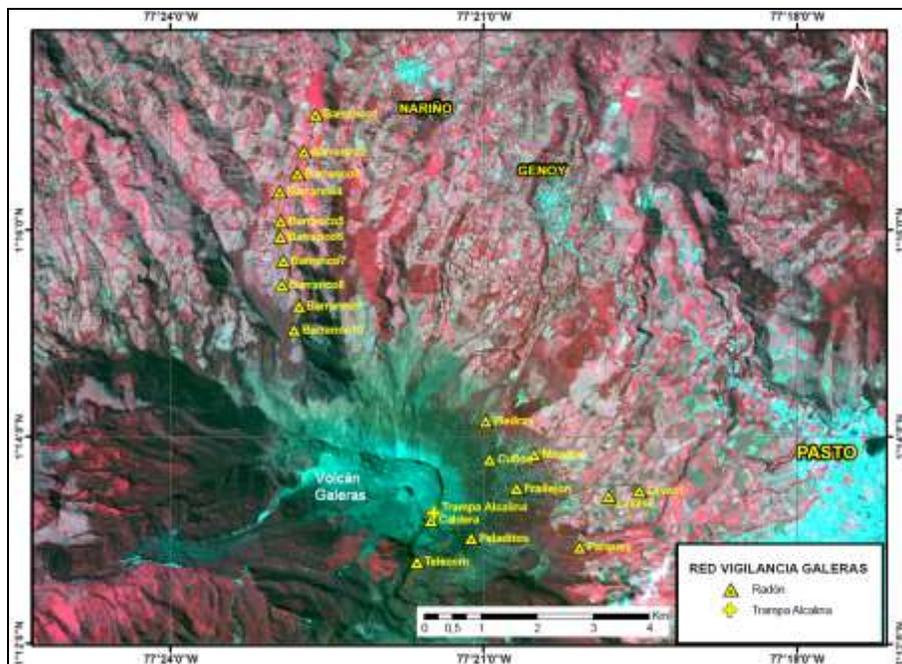
**Figura 4.** Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2015.

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

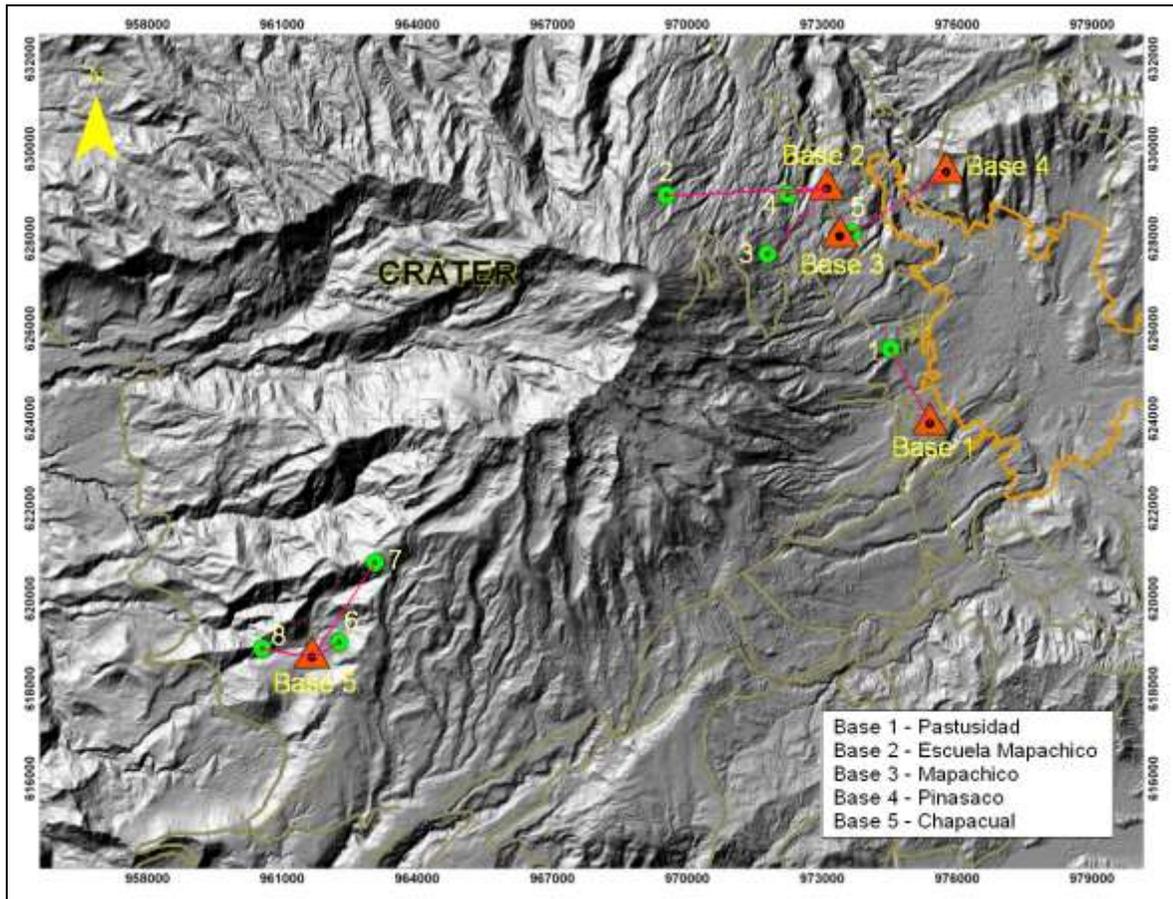
| Estación  | Distancia al Cráter (Km) | Dirección Respecto al Cráter Principal | Altitud (msnm) |
|-----------|--------------------------|--|----------------|
| Caldera   | 1,1                      | SE                                     | 4238           |
| telecom   | 1,6                      | SSE                                    | 4051           |
| peladitos | 1,9                      | SE                                     | 3927           |
| Cuñiño    | 1,9                      | ENE                                    | 3809           |
| Frailejón | 2,3                      | E                                      | 3730           |
| Piedras   | 2,0                      | NE                                     | 3590           |
| Mirador   | 2,7                      | ENE                                    | 3510           |
| Parques   | 3,6                      | ESE                                    | 3358           |
| Lava2     | 4,0                      | E                                      | 3166           |
| Lava1     | 4,5                      | E                                      | 3000           |

**Tabla 7.** Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.

| Estación | Distancia al Cráter (Km) | Dirección Respecto al Cráter Principal | Altitud (msnm) |
|----------|--------------------------|--|----------------|
| BAR01    | 6,6                      | NNW                                    | 2318           |
| BAR02    | 6,0                      | NNW                                    | 2504           |
| BAR03    | 5,7                      | NNW                                    | 2599           |
| BAR04    | 5,5                      | NNW                                    | 2669           |
| BAR05    | 5,0                      | NNW                                    | 2644           |
| BAR06    | 4,7                      | NNW                                    | 2516           |
| BAR07    | 4,3                      | NNW                                    | 2646           |
| BAR08    | 3,5                      | NNW                                    | 2947           |
| BAR09    | 3,1                      | NNW                                    | 2966           |
| BAR10    | 2,3                      | NNW                                    | 3180           |



**Figura 5.** Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.



**Figura 6.** Localización de los puntos materializados para mediciones EDM en el volcán Galeras. Los triángulos de color naranja indican la ubicación de las Bases de medición 1, 2, 3, 4 y 5, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

**Tabla 8.** Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.

| <b>FUENTES TERMALES VOLCÁN GALERAS</b> | <b>Nombre Estación</b> | <b>Tipo</b>    | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>Altitud (msnm)</b> |
|--|------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------|
|  | 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                  |

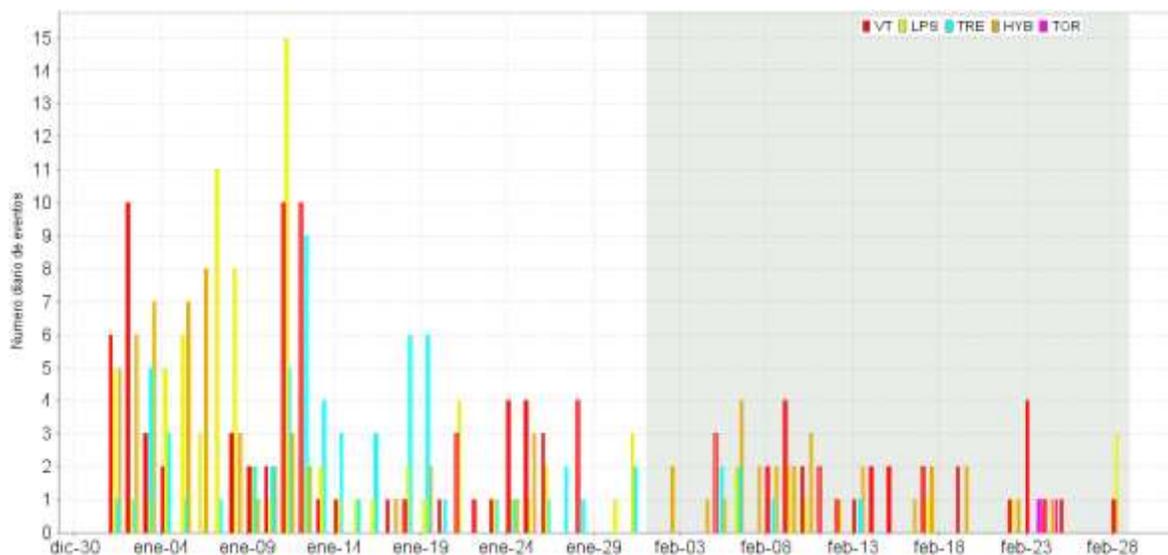


## 1.2. SISMOLOGÍA

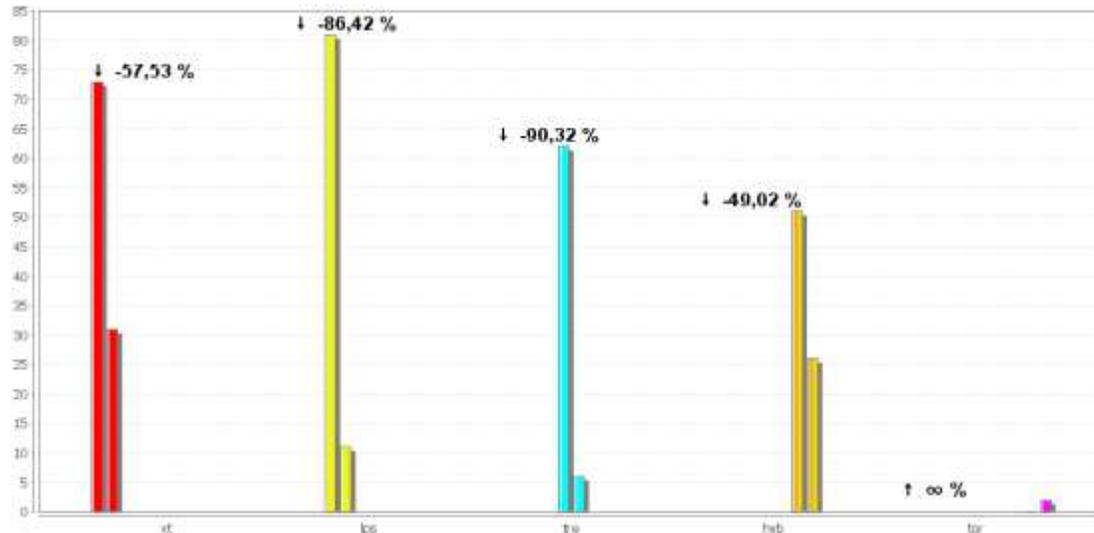
Para febrero de 2015 la sismicidad volcánica de Galeras disminuyó notablemente en relación con el mes anterior, registrándose en total 76 sismos que representan el 28% del número de eventos registrado en enero. Todos los tipos de sismicidad mostraron disminución en su ocurrencia diaria, siendo mayor el descenso para los eventos denominados Tremor (TRE) y Largo Periodo (LP) asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán, con un 90% y 86%, respectivamente. La disminución de la ocurrencia de los eventos Volcano Tectónicos (VT) asociados con fractura de roca al interior del volcán fue de 57% y la disminución de los eventos Híbridos (HYB) que muestran características tanto de fractura como de movimiento de fluidos, fue de 49%. Los eventos pequeños que no cumplen con los estándares de amplitud y duración, denominados no clasificables (NC), también mostraron disminución, registrándose solamente la tercera parte del número presentado en el mes anterior. En la Tabla 9 y las Figuras 9 y 10 se muestra la ocurrencia diaria de la sismicidad volcánica de Galeras y la comparación de los totales de sismicidad por tipo de evento para los meses de enero y febrero de 2015.

**Tabla 9.** Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

| Periodo Evaluado      | VT | LPS | TRE | HYB | TOR | Total | NC   |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 73 | 81  | 62  | 51  | 0   | 267   | 1297 |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 31 | 11  | 6   | 26  | 2   | 76    | 401  |

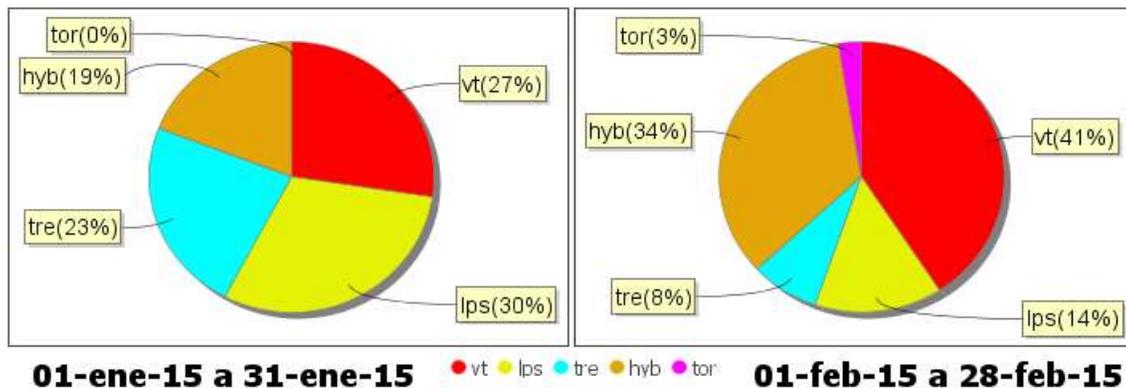


**Figura 9.** Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses de enero y febrero de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.



**Figura 10.** Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).

La sismicidad se caracterizó por el predominio de eventos asociados con fractura de roca (VT) con un 41% del total, seguido de los eventos de tipo Híbrido con un 34% y finalmente con un 25% correspondiente a los sismos asociados con movimiento de fluidos (LP, TRE y TOR). La Figura 11 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

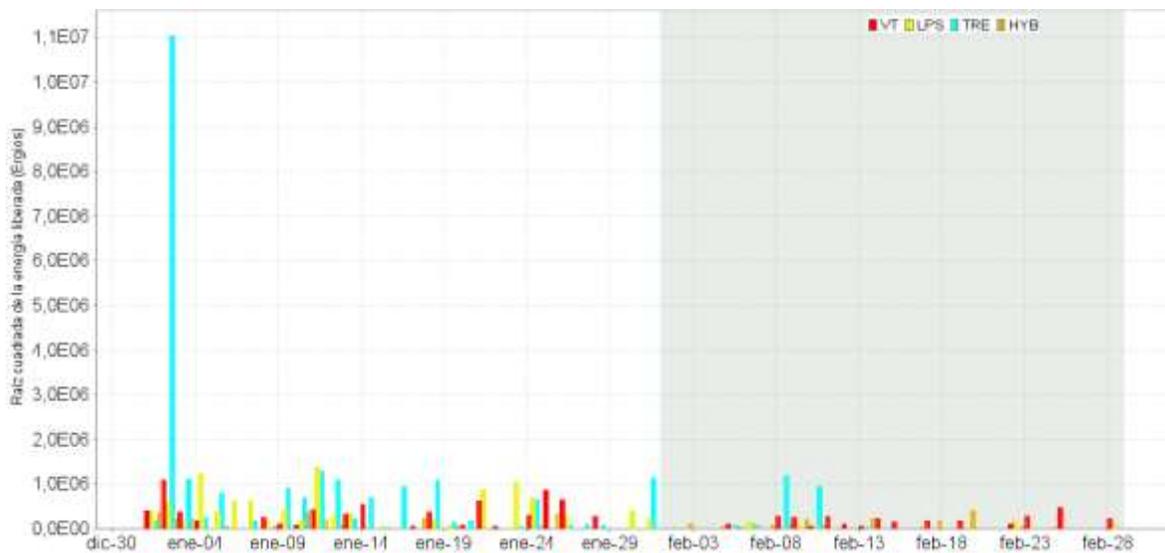


**Figura 11.** Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de enero y febrero de 2015.

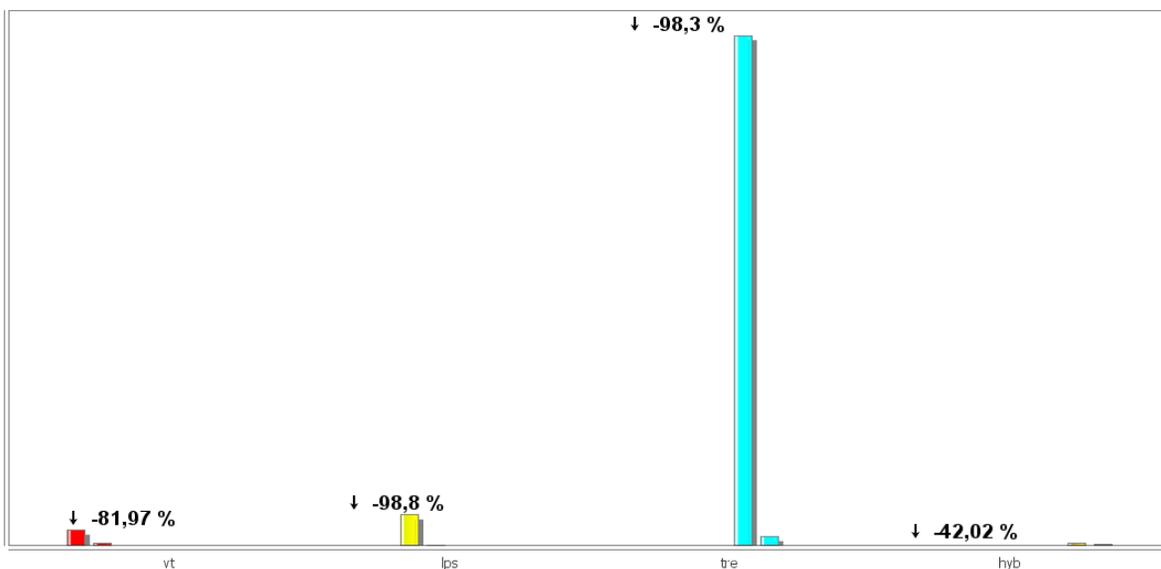
La energía sísmica liberada en febrero fue de  $3,38 \times 10^{12}$  ergios, que corresponde solamente al 2% del valor registrado en el mes anterior, indicando también un importante descenso. Todos los tipos de sismos mostraron descenso en su energía total, siendo el mayor el de los eventos asociados con movimiento de fluidos con 99% para la energía de los LP y 98% para la energía de los Tremores, seguido de un descenso del 82% para la energía de los eventos asociados con fractura de roca (VT) y de un descenso del 42% en la energía de los eventos Híbridos (Tabla 10, Figuras 12 y 13).

**Tabla 10.** Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

| Periodo Evaluado      | VT       | LPS      | TRE      | HYB      | Total    |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 3,95E+12 | 7,89E+12 | 1,32E+14 | 5,47E+11 | 1,45E+14 |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 7,12E+11 | 9,46E+10 | 2,26E+12 | 3,17E+11 | 3,38E+12 |



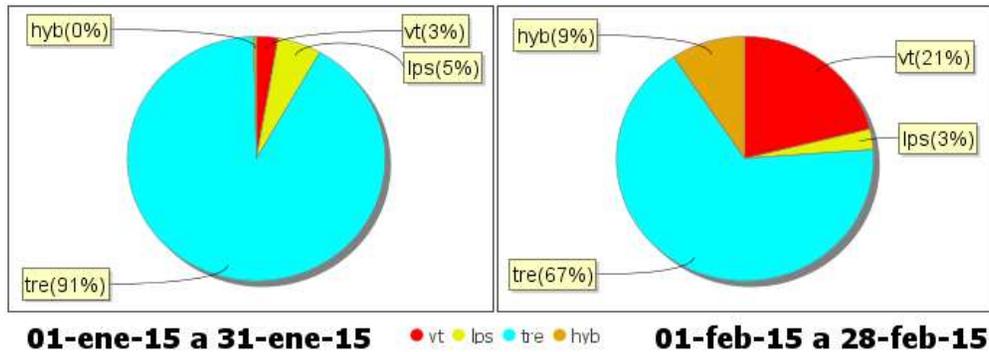
**Figura 12.** Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de enero y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 13.** Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para febrero de 2015 (barras de la derecha) respecto a enero de 2015 (barras de la izquierda).

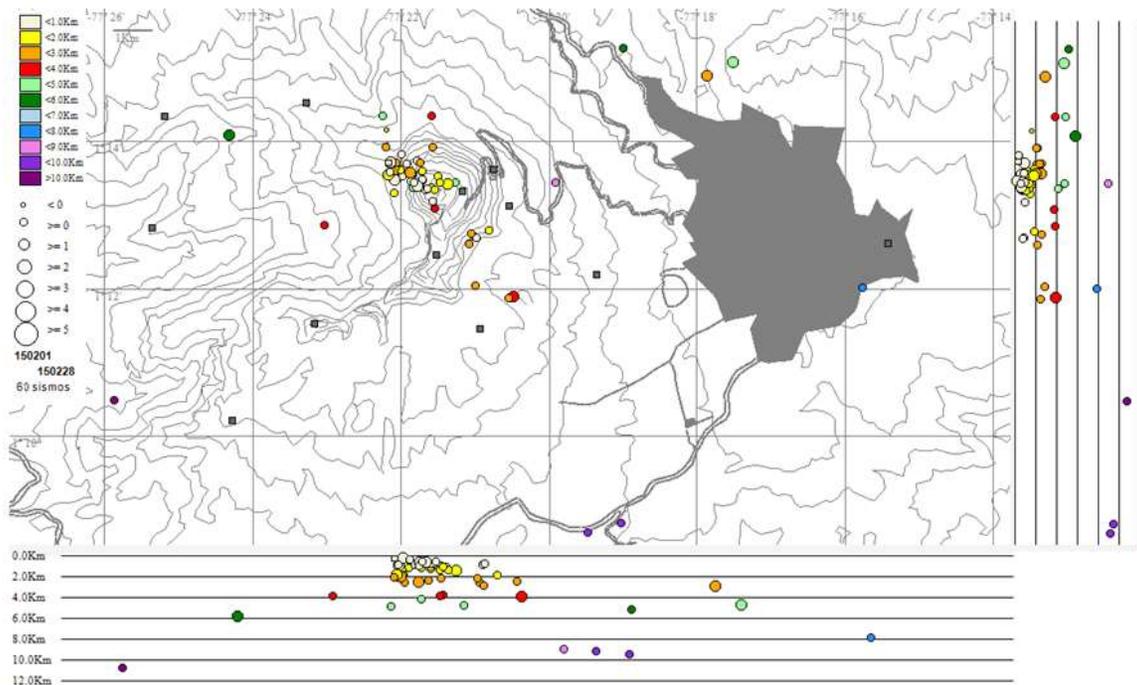
El mayor aporte energético se obtuvo de los eventos asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán con  $2,35 \times 10^{12}$  ergios, que corresponden al 67% de la energía de los eventos de Tremor

más un 3% de los eventos LP, seguido de una energía de  $2,35 \times 10^{12}$  ergios que corresponde a un 21% de los eventos asociados con fractura de roca (VT) y finalmente una energía de  $3,17 \times 10^{11}$  ergios que corresponde a un 9% de los eventos Híbridos (Figura 14).



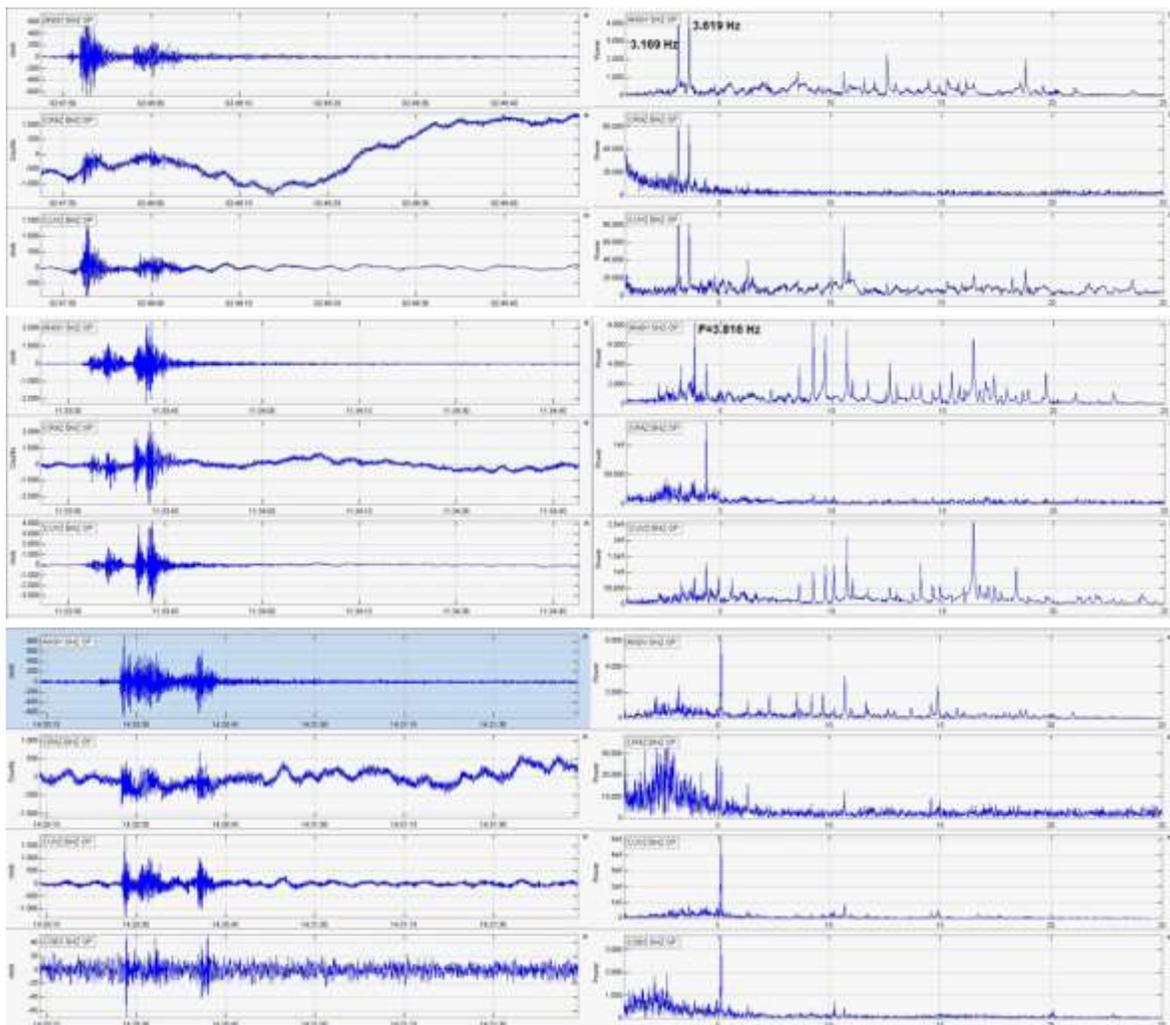
**Figura 14.** Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para enero y febrero de 2015.

Fue posible localizar 60 sismos, 37 de tipo VT y 23 de tipo HYB. La mayoría de epicentros se ubicaron en inmediaciones del cráter principal, hacia el noroccidente, en distancias entre cero y 1,5 km y con profundidades menores de 2,5 km con respecto a la cima volcánica, algunos pocos eventos se ubicaron dispersos en la zona de influencia de Galeras. En general la profundidad de los sismos varió entre 0,3 km y 12 km, y la magnitud local entre -0,1 y 1,7 en la escala de Richter (Figura 15).



**Figura 15.** Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de febrero de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 km de profundidad.

Se destaca el registro de tres eventos de Tremor por mostrar varios picos definidos de frecuencia en su espectro (Figura 16). El primero se registró en febrero 5 a las 21:47 hora local, tiene una duración de 46 segundos y presenta dos picos de frecuencia en 3,17 Hz y 3,62 Hz. El segundo Tremor se registró en febrero 6 a las 06:33 hora local, tiene una duración de 56 segundos y presenta dos picos de frecuencia en 3,8 Hz y 4,2 Hz. El tercer tremor se registró en febrero 6 a las 09:20 hora local, tiene una duración de 68 segundos y presenta un pico de frecuencia dominante en 5,12 Hz. Debido a la baja energía de los tremores, los picos de frecuencia son visibles principalmente en las estaciones más cercanas al cráter principal.



**Figura 16.** Forma de onda y espectro en frecuencia de los eventos de Tremor registrados en febrero 5 a las 21:47, febrero 6 a las 06:33 y febrero 6 a las 09:20 horas locales en las estaciones más cercanas al cráter principal de Galeras.

También se destaca el registro de un evento tipo Tornillo, en febrero 23 a las 23:17 hora local, el cual tiene una duración de 77 segundos y muestra un pico de frecuencia en 1,7 Hz, visible en varias de las estaciones de vigilancia de Galeras (Figura 17).

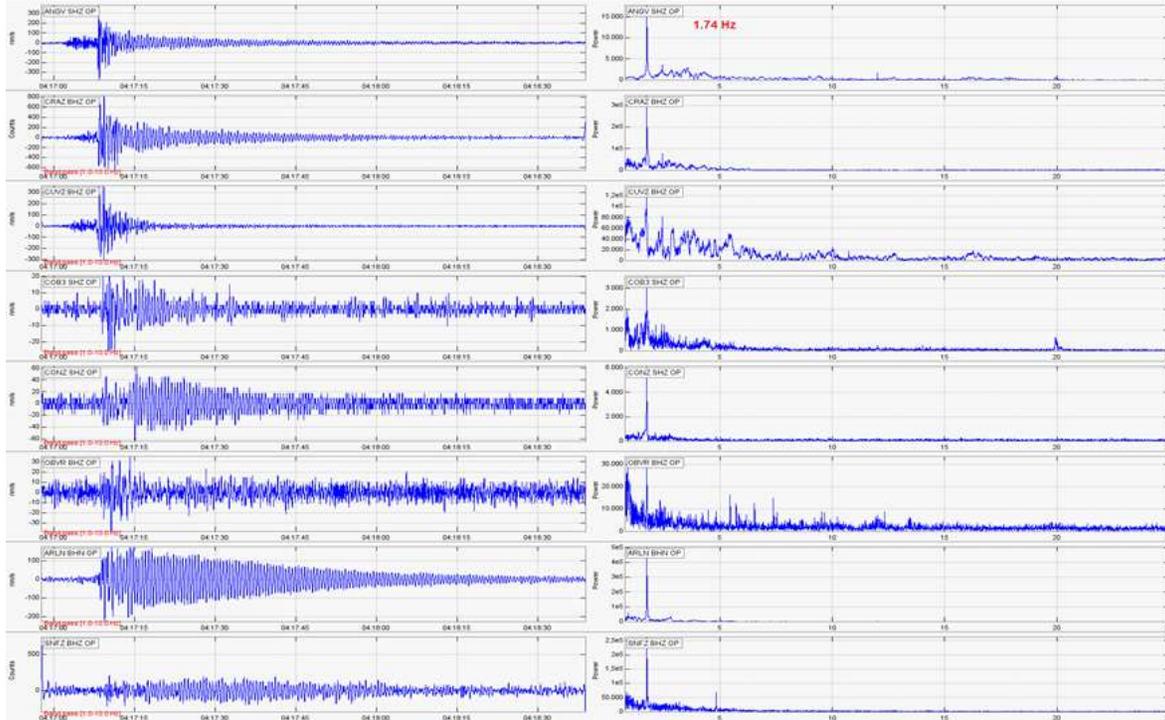


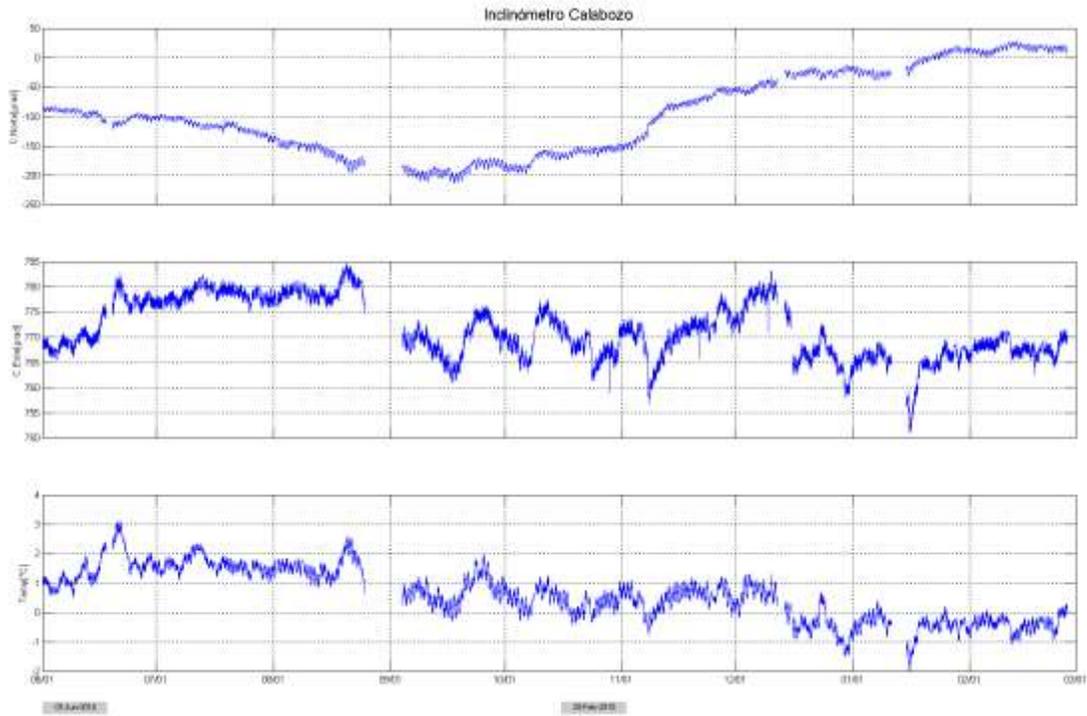
Figura 17. Forma de onda y espectro en frecuencia del evento Tornillo registrado en febrero 23 las 23:17.

### 1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

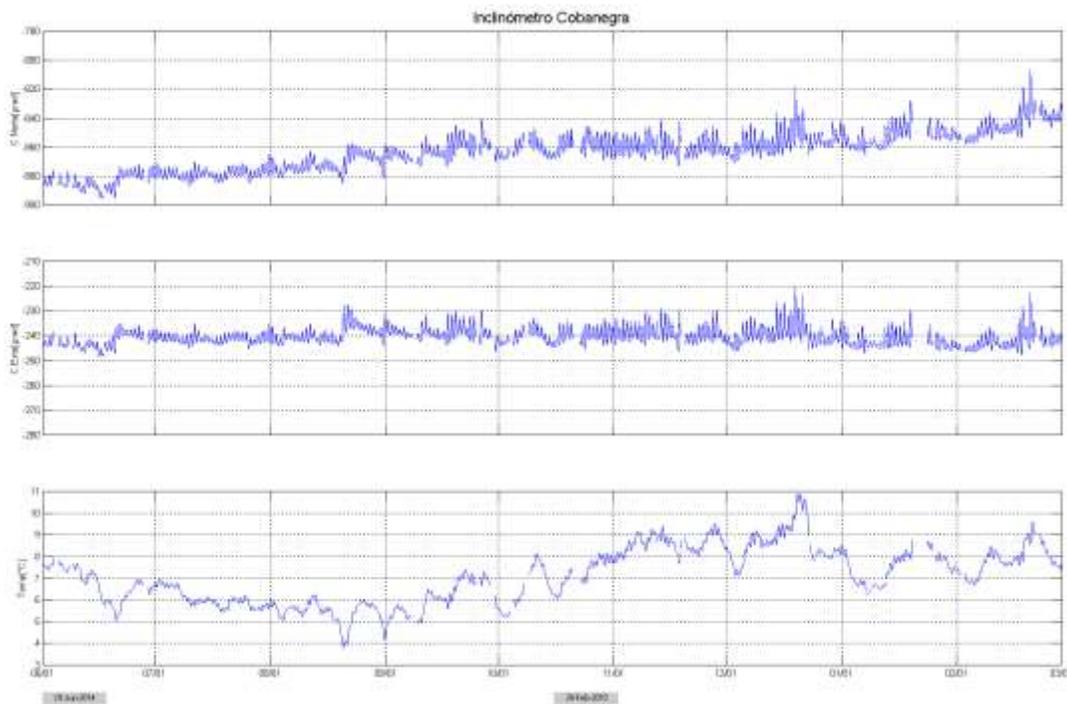
#### 1.3.1. Inclínometría Electrónica

Durante el mes de febrero de 2015 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Calabozo, Cóndor y Arlés cuya localización se puede apreciar en las Figuras 2 y 3.

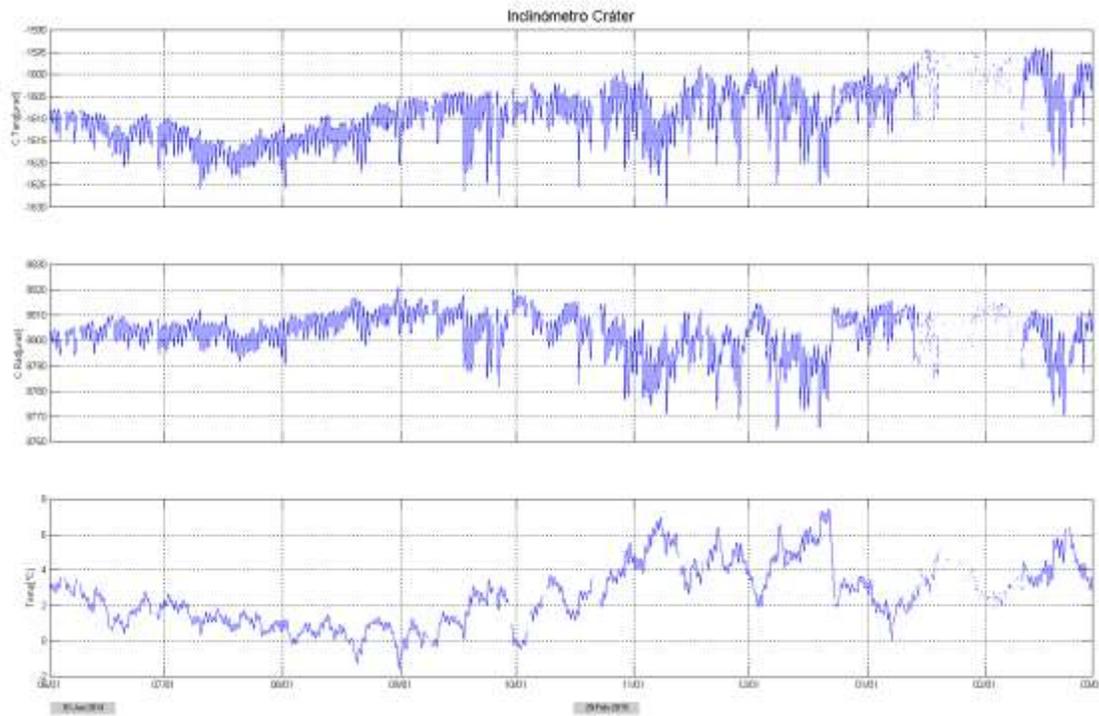
En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se resalta que la componente de inclinación Norte de Calabozo tiende a estabilizarse, luego de mostrar un comportamiento ascendente entre el 17 de septiembre de 2014 y el 11 de febrero de 2015, presentando una variación de  $240 \mu\text{rad}$ , mientras que su componente Este muestra una tendencia estable en su registro (Figura 18). En Cobanegra continua el comportamiento ascendente en la componente Norte, que desde el 11 de enero de 2015, acumula cerca de  $20 \mu\text{rad}$ , por su parte la componente de inclinación Este muestra estabilidad (Figura 19). En cuanto al comportamiento de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, y Arles, se observa estabilidad en el registro de sus dos componentes (Figuras 20, 21, 22 y 23). Con respecto al funcionamiento del inclinómetro Cóndor, las variaciones mostradas por las componentes de inclinación, al parecer se encuentran relacionadas con el registro de temperatura (Figura 24).



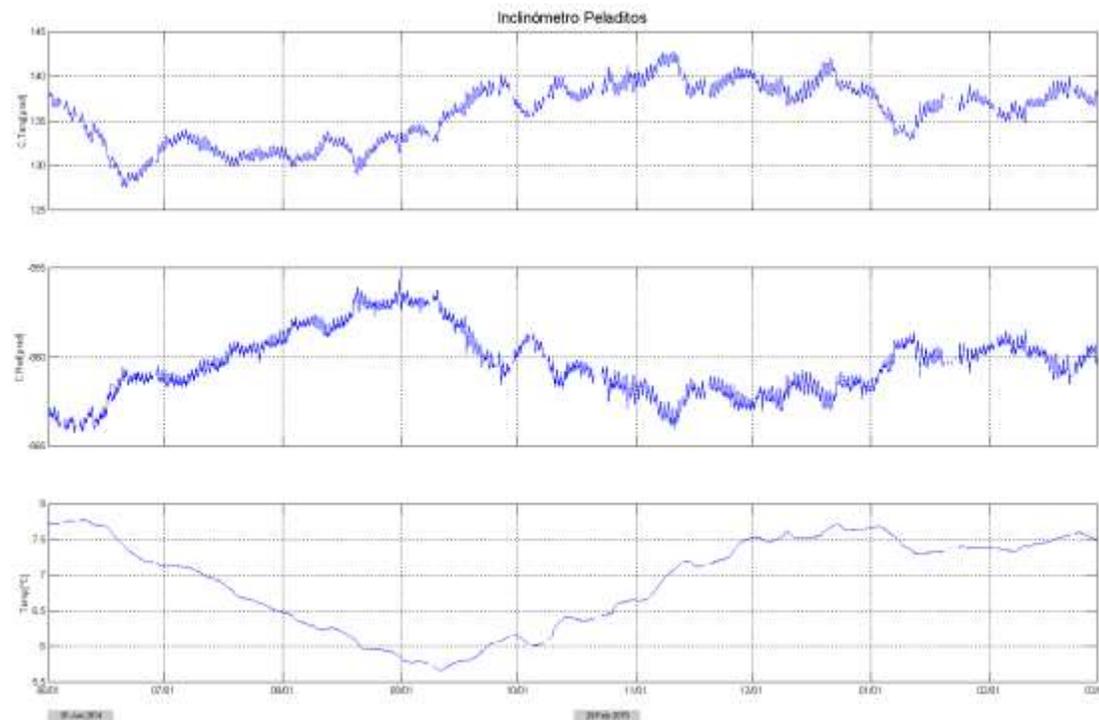
**Figura 18.** Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



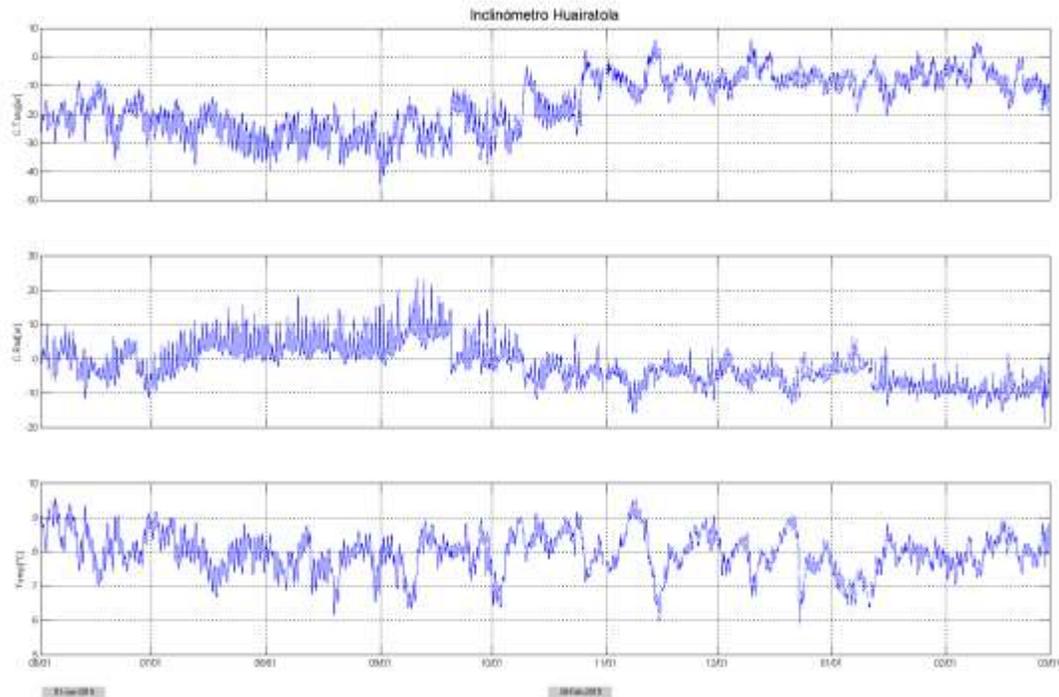
**Figura 19.** Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



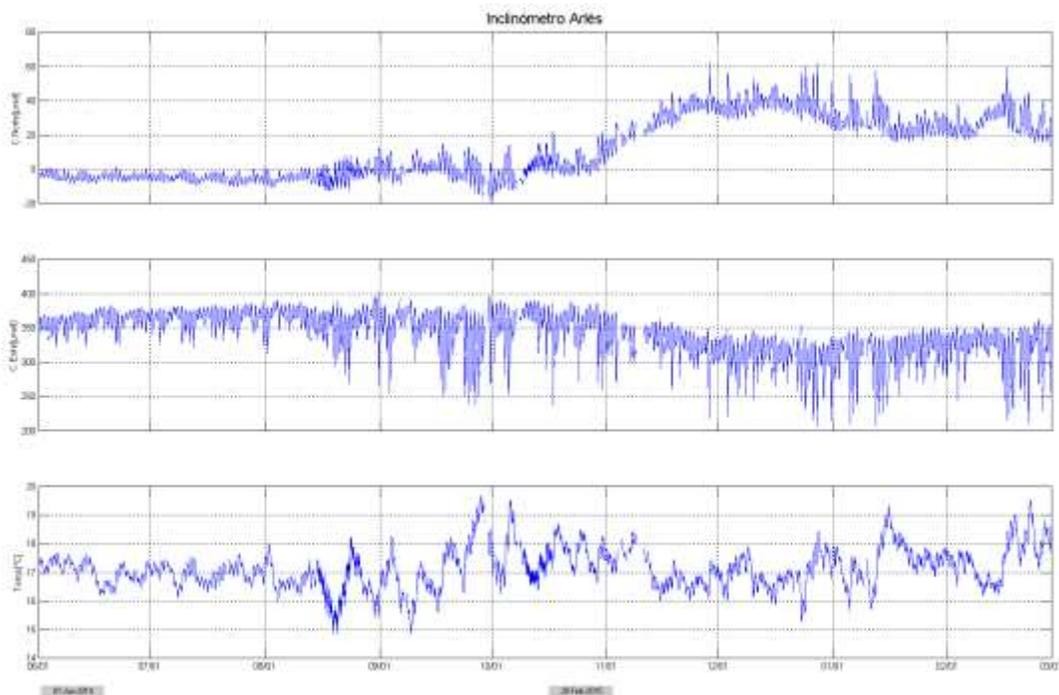
**Figura 20.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



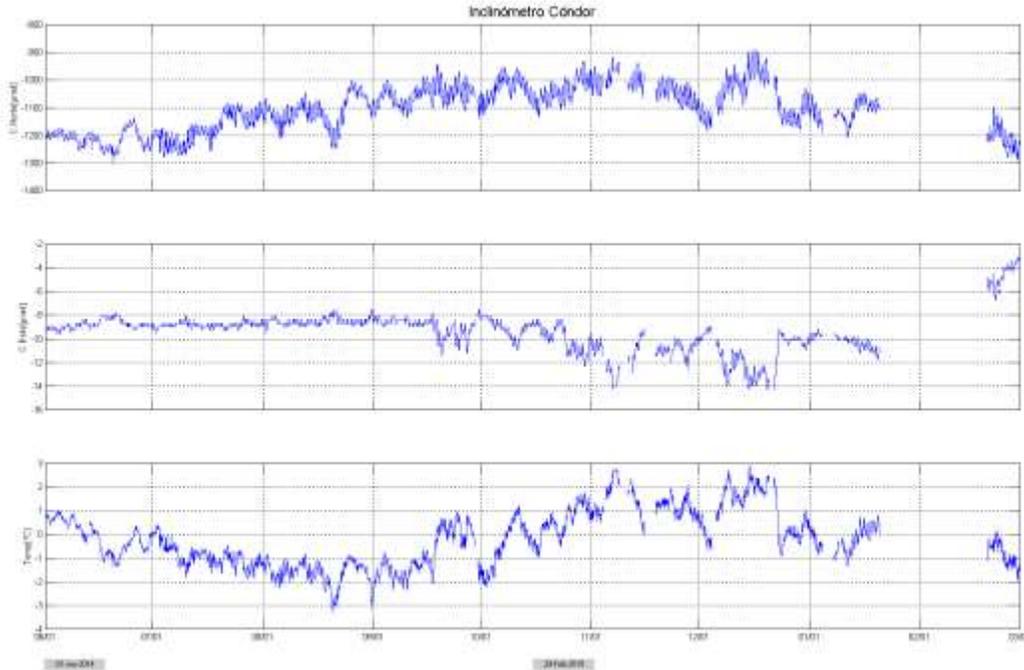
**Figura 21.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 22.** Componentes de inclinación Radial y Tangencial ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 23.** Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 24.** Componentes de inclinación Norte y Este ( $\mu\text{rad}$ ), temperatura del inclinómetro electrónico Cónдор, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

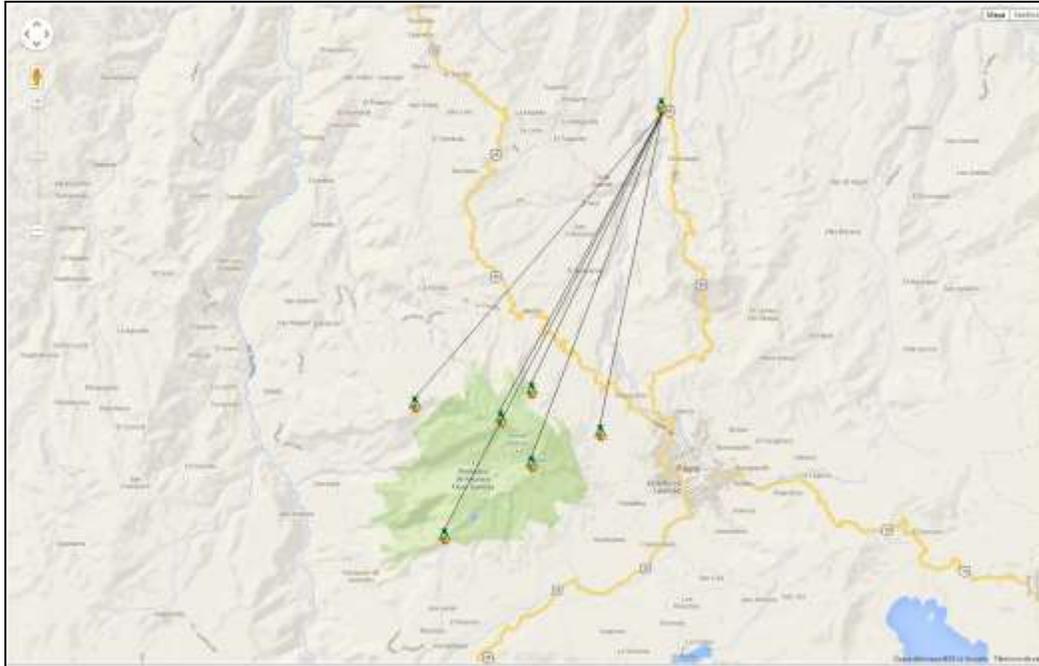
### 1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En febrero 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 25 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL.

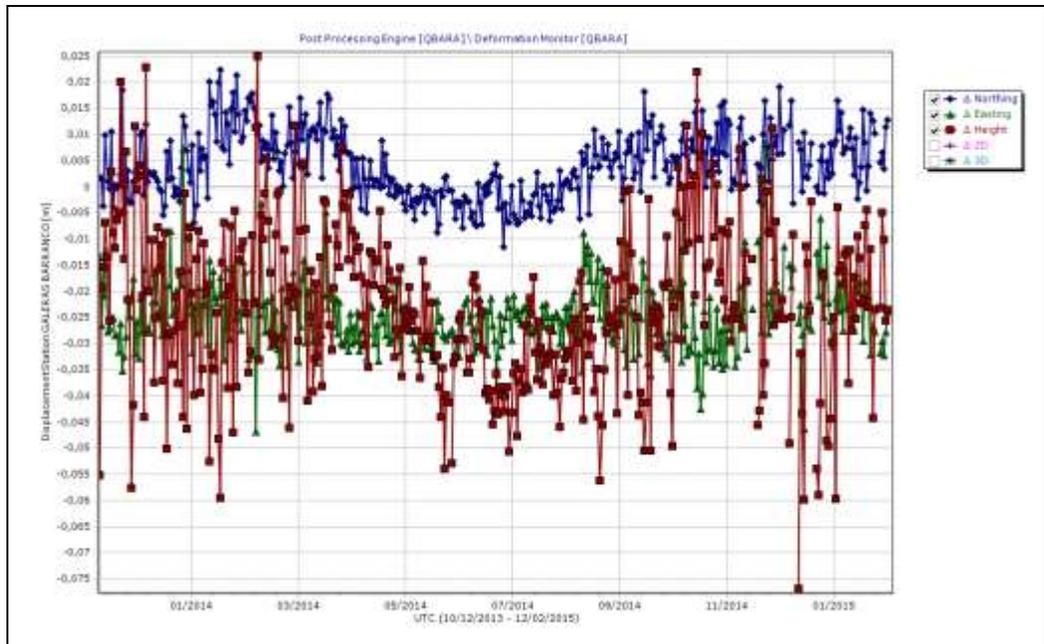
Algunas de las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y que se requiere de un tiempo cercano de 2,5 años a partir de su instalación para la estabilidad del equipo. Las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, San Cayetano, en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente, y Cónдор 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 12 de febrero, debido a que cerca de 15 días le toma al sistema 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 Barranco, Chiguaco, Cráter, El Ingenio y San Cayetano

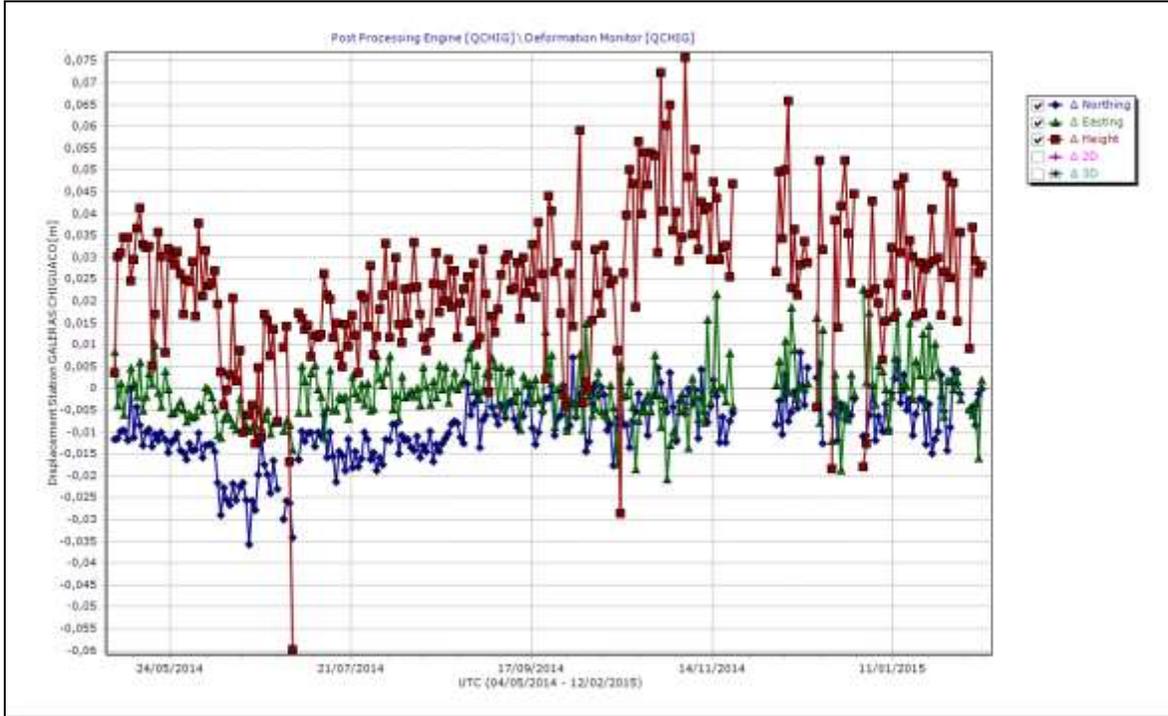
(Figuras 26, 27, 28, 29 y 30). En Cónдор se resalta que el procesamiento esta en tiempo real, sin tener en cuenta las correcciones (Figura 31).



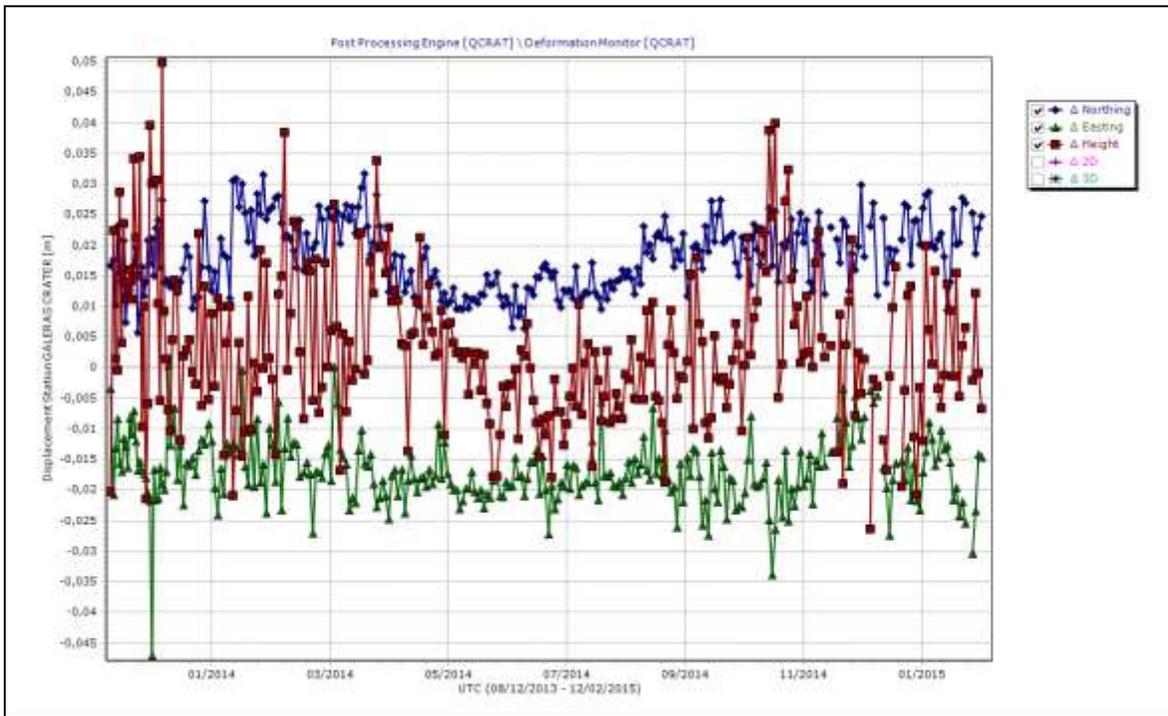
**Figura 25.** Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.



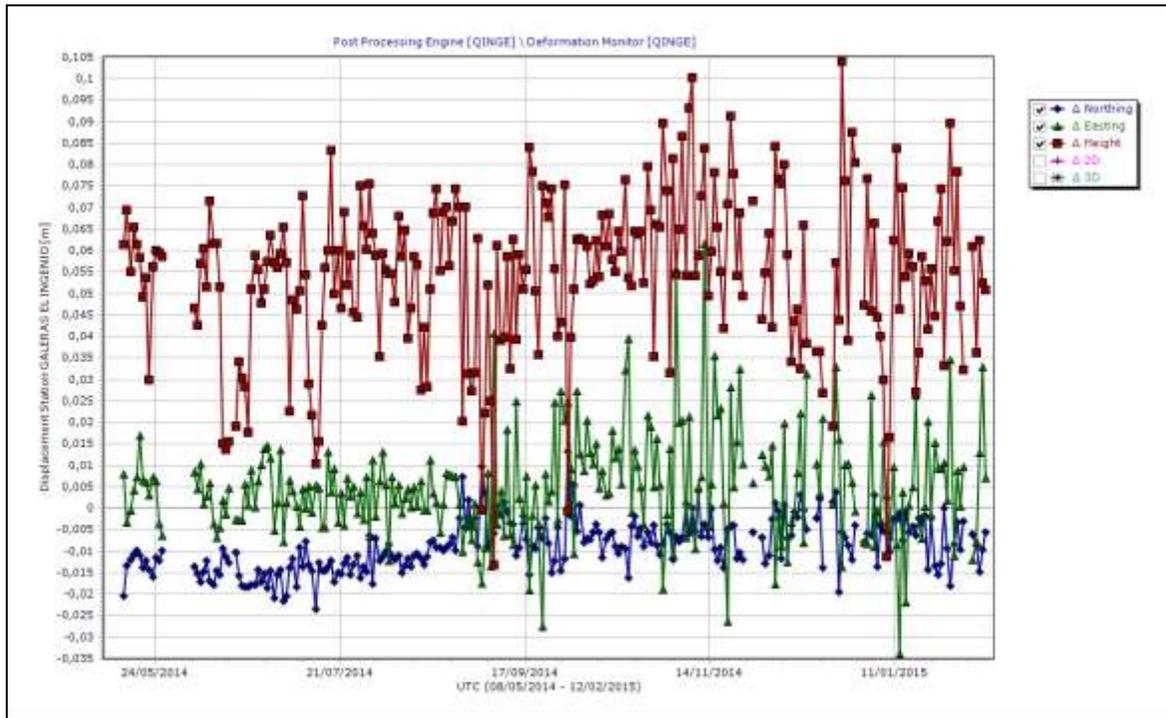
**Figura 26.** Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.



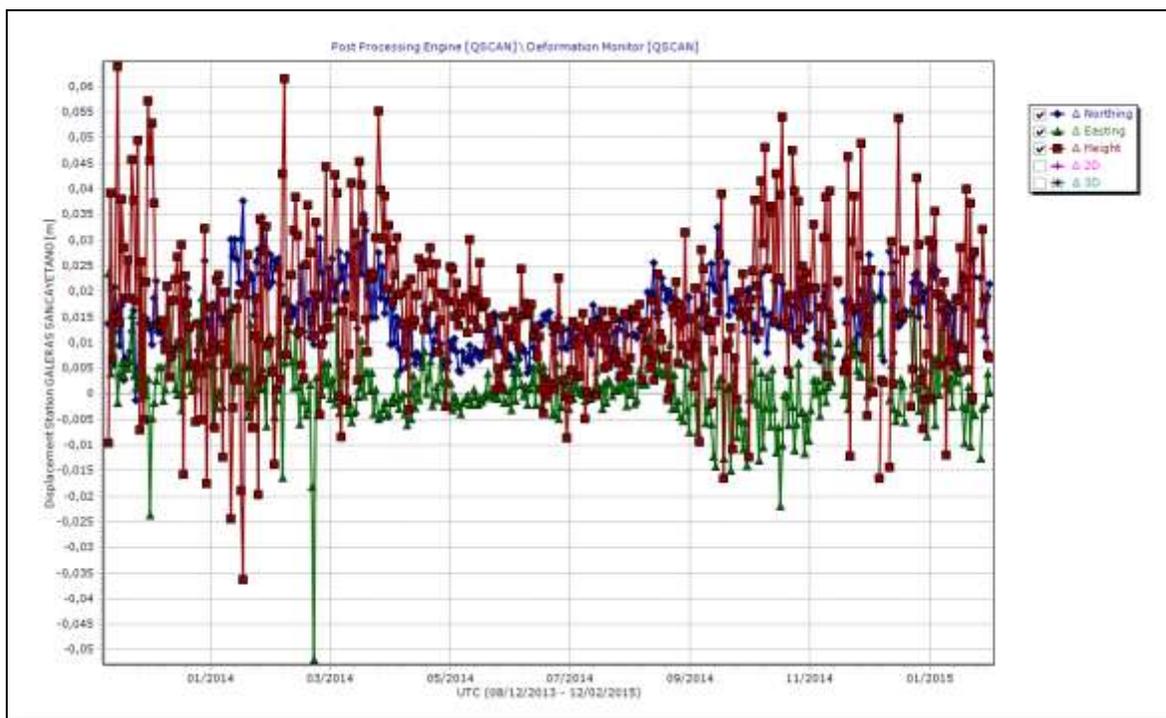
**Figura 27.** Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 12 de febrero de 2015.



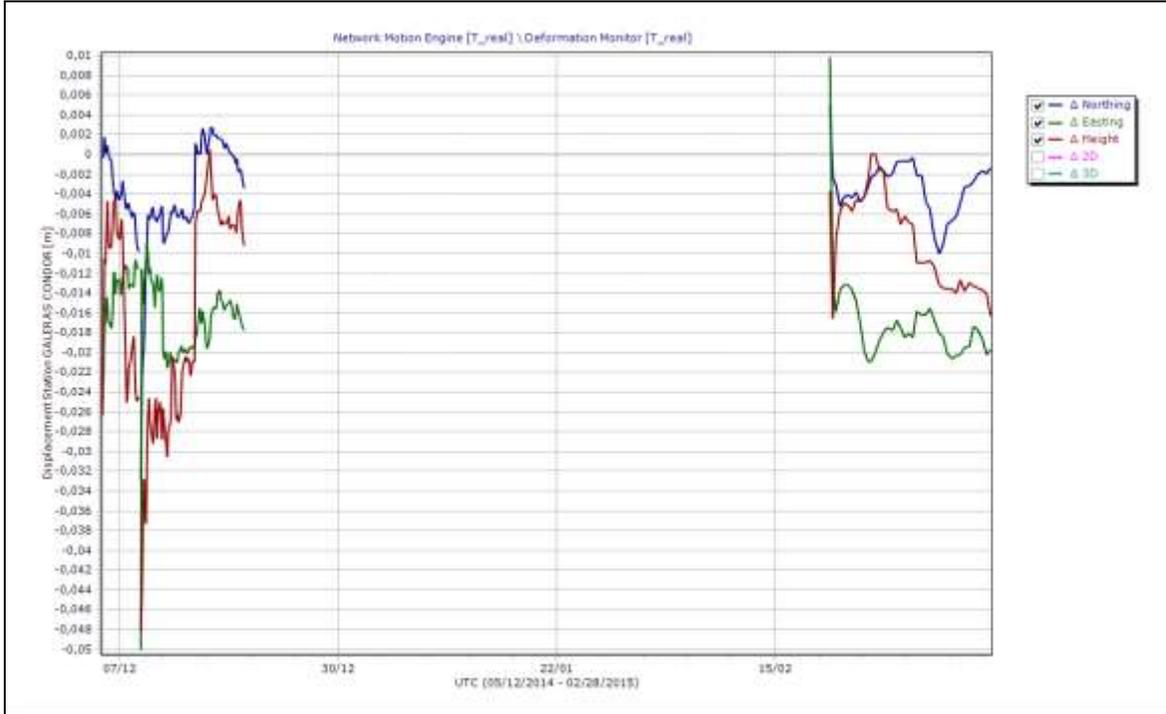
**Figura 28.** Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 8 de diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.



**Figura 29.** 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 y el 12 de febrero de 2015.



**Figura 30.** 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 diciembre de 2013 y el 12 de febrero de 2015.



**Figura 31.** Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 5 de diciembre de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

## 1.4. GEOQUÍMICA

En cuanto a las emisiones de gases de origen volcánico en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de diciembre de 2014 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) en la atmosfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón ( $\text{Rn}_{222}$ ), que es el isótopo más estable de éste gas, con el sistema E-PERM, e igualmente se continuó con el muestreo de aguas en fuentes termales.

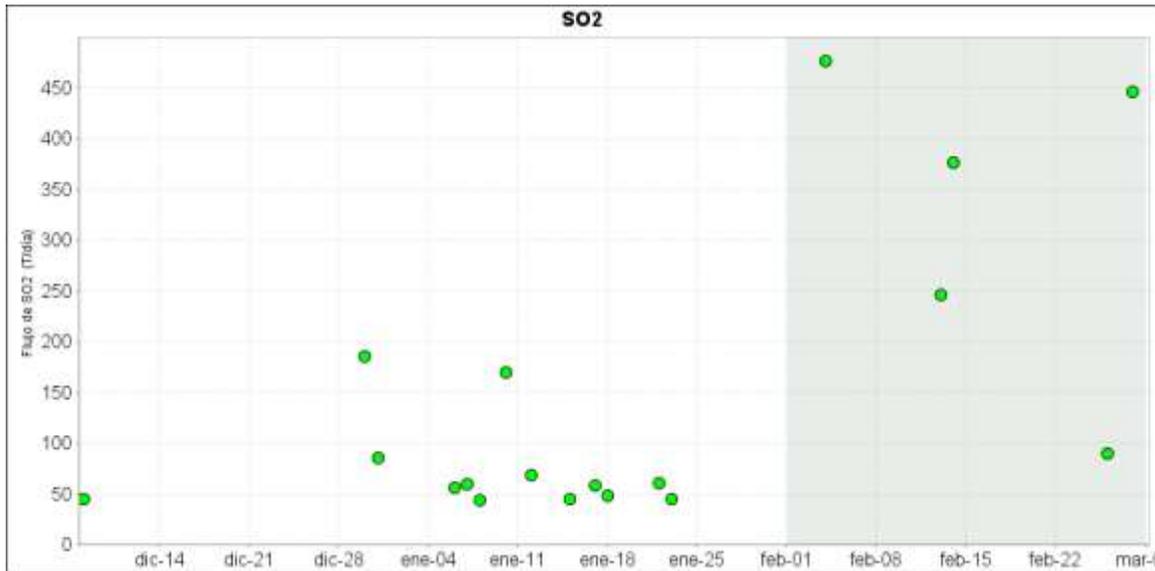
### 1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre $\text{SO}_2$

El dióxido de azufre es una molécula presente en la atmósfera terrestre, principalmente en la tropósfera, emitido por los volcanes activos y por actividades antropogénicas.

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones ScanDOAS telemétricas: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para el monitoreo de moléculas de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo. El DOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial de la luz ultravioleta, en este caso diseñado para medir la concentración de gas  $\text{SO}_2$ , convirtiendo la luz

ultravioleta detectada en señales digitales, cuyo espectro digital se utiliza para la evaluación del gas (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Los valores de escaneos estimados para presencia de pluma de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en la atmósfera durante febrero y obtenidos de la estación Alto Jiménez oscilaron entre las 90 Ton/día para el 26 de febrero y las 476 Ton/día para el 4 de febrero, valores considerados como bajos Galeras (Figura 32, Tabla 11).



**Figura 32.** Flujo de emisión de SO<sub>2</sub> registrado desde el 1 de diciembre de 2014 hasta el 28 de febrero de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

**Tabla 11.** Emisiones de SO<sub>2</sub> del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de febrero de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

| FECHA     | HORA LOCAL | DIRECCION AZIMUT | VELOCIDAD [m/s] | Máximo flujo SO <sub>2</sub> diario | Estación de registro | Instrumento |
|-----------|------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|----------------------|-------------|
| 04-Feb-15 | 03:26 PM   | 296.8            | 6,2             | 476                                 | Alto Jiménez         | SCANDOAS    |
| 13-Feb-15 | 10:20 AM   | 337.7            | 6,72            | 246                                 | Alto Jiménez         | SCANDOAS    |
| 14-Feb-15 | 07:30 AM   | 300.9            | 7,15            | 376                                 | Alto Jiménez         | SCANDOAS    |
| 26-Feb-15 | 03:11 PM   | 112.8            | 1               | 90                                  | Alto Jiménez         | SCANDOAS    |
| 28-Feb-15 | 07:26 AM   | 346.8            | 5,07            | 446                                 | Alto Jiménez         | SCANDOAS    |

\* Flujo de emisión de SO<sub>2</sub> [Toneladas/día]. Bajo: < 500; moderado: > 500 y < 1000; alto: > 1000 y < 3000; muy alto: > 3000.

En la Figura 33 se muestran los valores de flujo de SO<sub>2</sub>, velocidad y dirección del viento, en donde se puede observar que existe una relación con estas dos últimas variables y la cantidad de partículas de SO<sub>2</sub> calculadas para el flujo total en el mes de febrero, se observó que se mantiene una tendencia en la dirección del viento y se presenta variación en la velocidad registrada, lo que podría causar diferencias en el cálculo del flujo para SO<sub>2</sub>, cuando la velocidad del viento es baja se observa dispersión en la medida de la dirección.

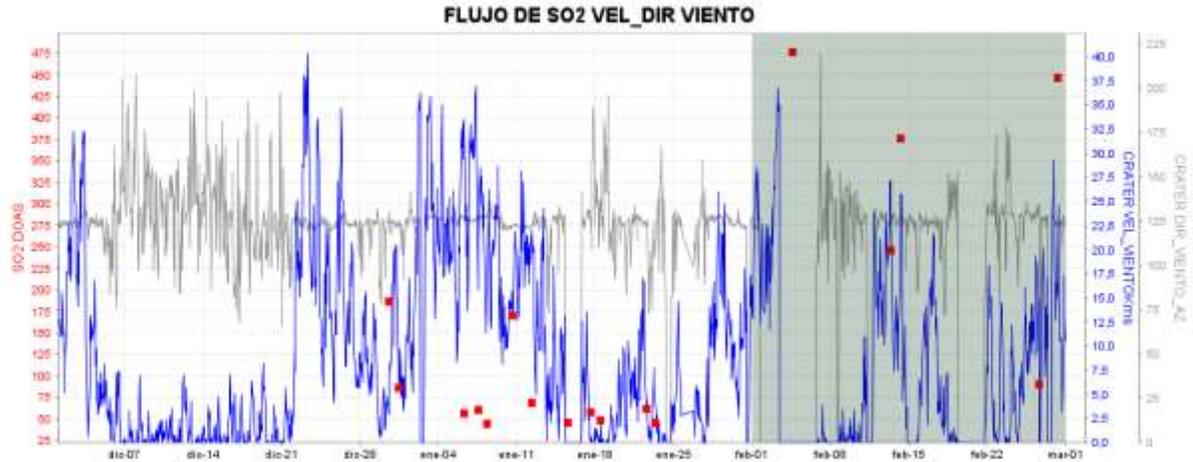


Figura 33. Flujo de emisión de SO<sub>2</sub>, dirección y velocidad del viento para el mes de febrero de 2015.

#### 1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn<sub>222</sub>

En las Figuras 34 y 35 se encuentra graficado el comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo. En la estación telemétrica Lavas se puede observar una concentración máxima de 109.570 Bq/m<sup>3</sup> para el día 19 de febrero, luego se evidencia oscilación en la concentración de radón (Figura 34, Tabla 12). La estación Parques presentó para el 27 de febrero un máximo de 66.575 Bq/m<sup>3</sup> (Figura 35, Tabla 13). En ambas estaciones se observa un comportamiento cíclico de incremento y descenso en la concentración a través del tiempo y se espera tener un mayor tiempo de operación para observar las posibles tendencias.

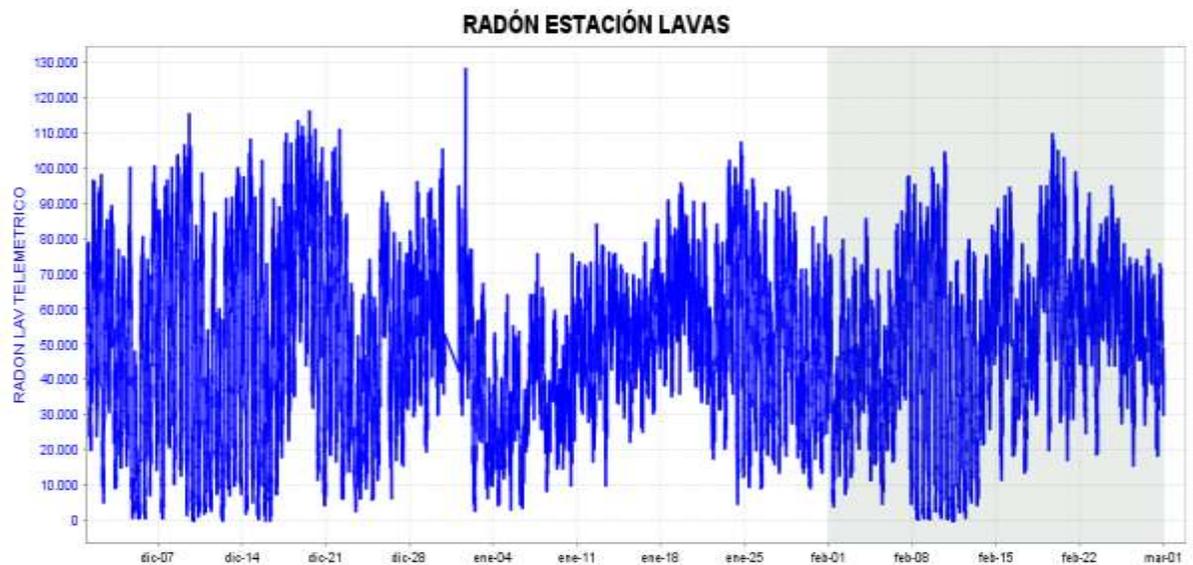


Figura 34. Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Febrero 2015.



**Figura 35.** Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Febrero 2015.

**Tabla 12.** Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – febrero de 2015.

| FECHA Y HORA     | Bq/m3  |
|------------------|--------|
| 19/02/2015 18:30 | 109570 |
| 19/02/2015 20:00 | 107600 |
| 20/02/2015 05:20 | 104647 |
| 10/02/2015 18:20 | 102677 |
| 09/02/2015 17:20 | 100052 |

**Tabla 13.** Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – febrero de 2015.

| FECHA Y HORA     | Bq/m3 |
|------------------|-------|
| 27/02/2015 13:30 | 66575 |
| 26/02/2015 16:00 | 66247 |
| 26/02/2015 18:10 | 64861 |
| 28/02/2015 04:10 | 63622 |
| 22/02/2015 15:00 | 60121 |

## 1.5. ELECTROMAGNETISMO

La red de vigilancia volcánica de las variaciones de los campos electromagnéticos está constituida por cinco estaciones, tres de ellas para medición de las variaciones de los campos magnéticos, Frailejón, Barranco y Cráter y dos de ellas para medición de las variaciones de los campos eléctricos, en los sectores de Frailejón y Barranco.

Los registros de las variaciones de Campo eléctrico, en la estación de monitoreo continuo, Frailejón, muestran en este último periodo variaciones cercanas a los 20 mV tanto en la componentes Norte como Este (Figura 36), probablemente asociadas con manifestaciones del sistema hidrotermal a niveles superficiales. De acuerdo a la bibliografía es común encontrar este tipo de variaciones en zonas de actividad volcánica y se corroboran con las condiciones de actividad superficial del volcán, con la presencia de emisiones de columnas de gases de poca altura y color blanco.



**Figura 36.** Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, en el periodo entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.

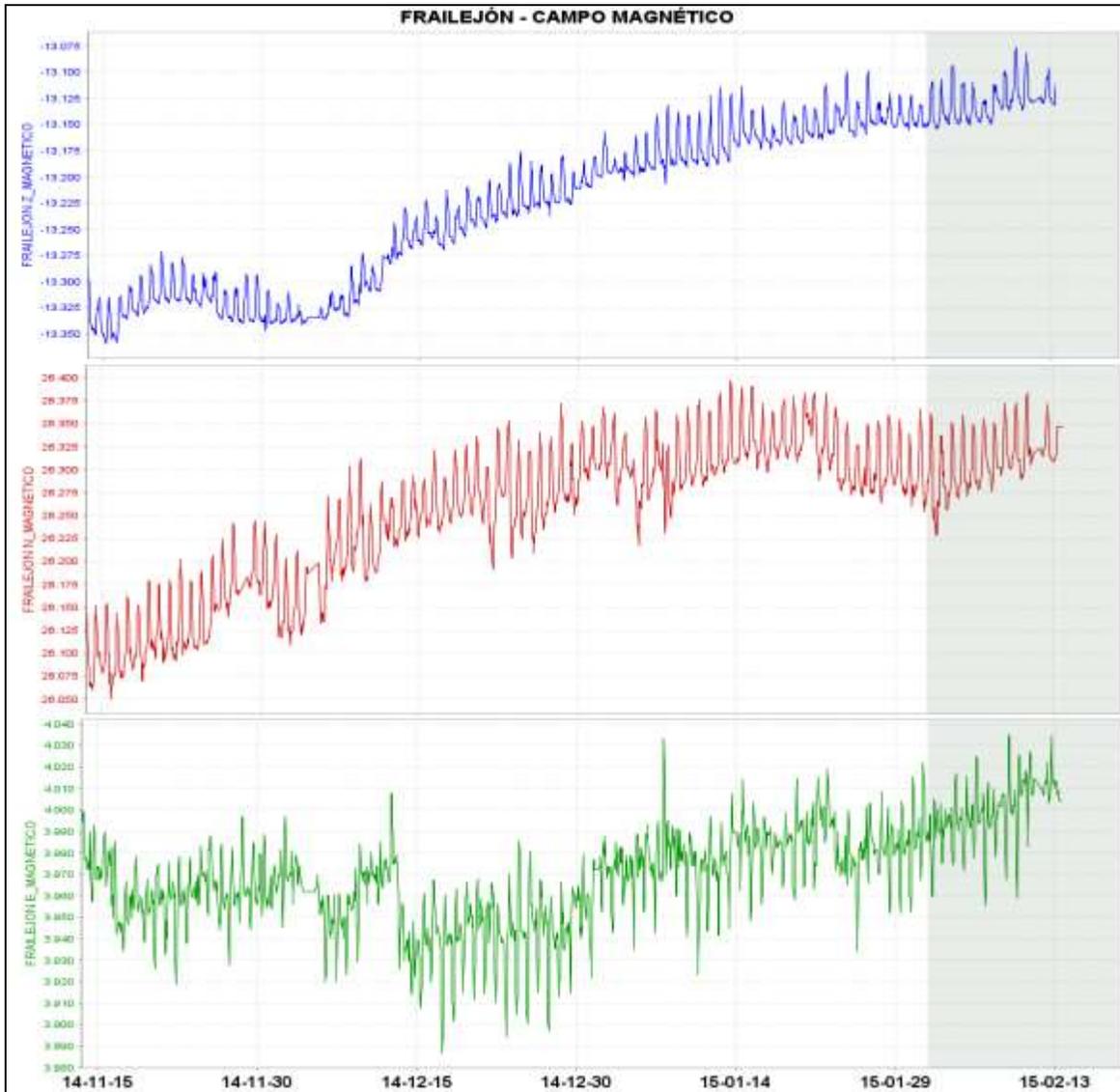
El seguimiento de las variaciones del campo eléctrico, en la estación de monitoreo continuo de Barranco, muestra que las componentes Norte y Este, continúan registrando un comportamiento estable con variaciones menores a los 5 mV (Figura 37).



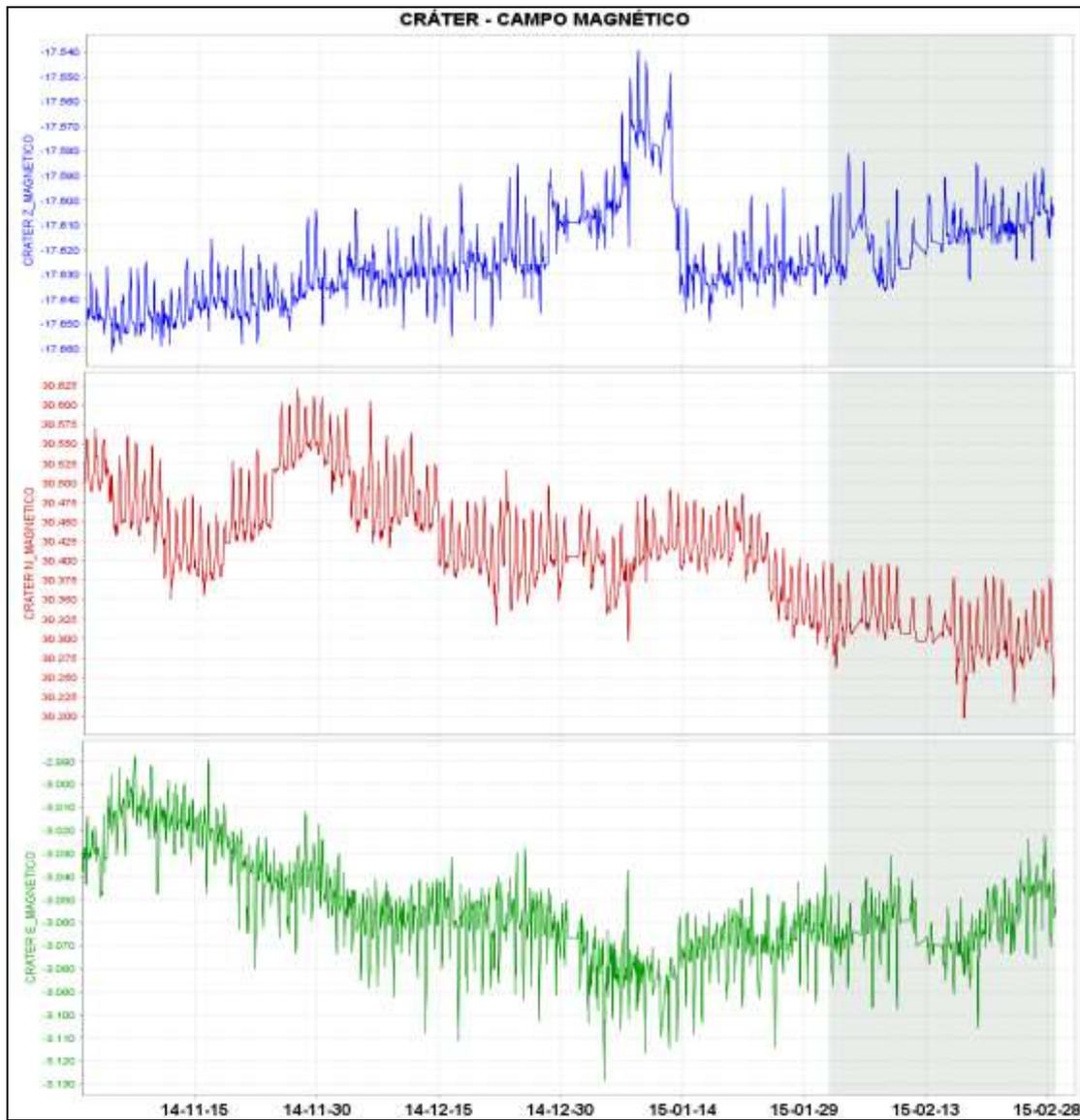
**Figura 37.** Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, en el periodo entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.

El análisis de las variaciones del campo magnético para el mes de febrero de 2015, en la zona de influencia del volcán Galeras, indica que estas variaciones están asociadas con los cambios electromagnéticos día/noche. En las componentes de las estaciones Frailejón y Cráter se observa

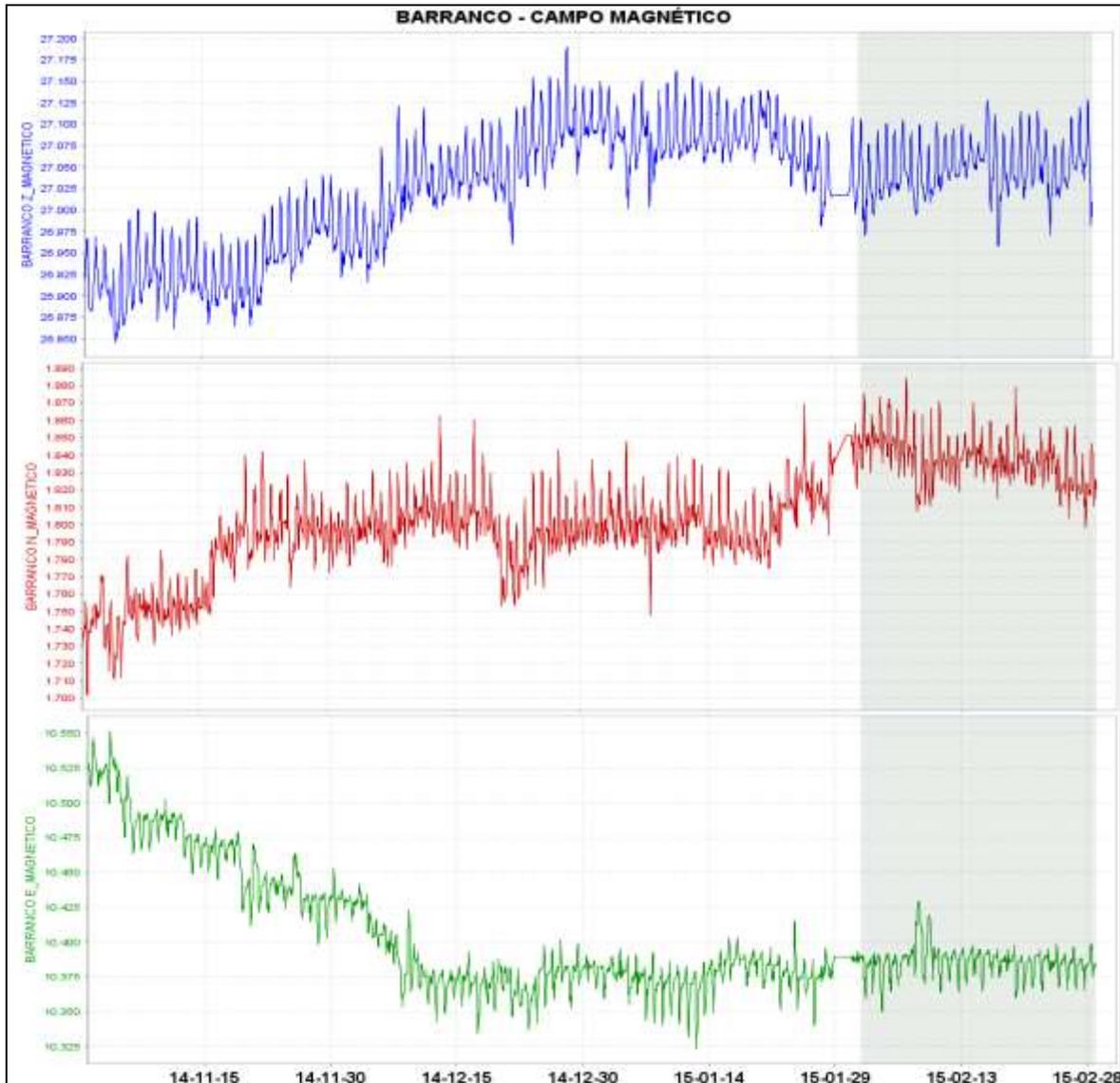
un comportamiento ascendente (exceptuando la componente Norte de Cráter) posiblemente asociado con el registro de pequeños enjambres de sismos no clasificables de baja energía en niveles superficiales (Figuras 38 y 39). En el magnetómetro Barranco se observa dicho cambio en la componente Norte mientras que las otras dos componentes permanecen constantes (Figura 40).



**Figura 38.** Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde), de la estación de Frailejón, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.



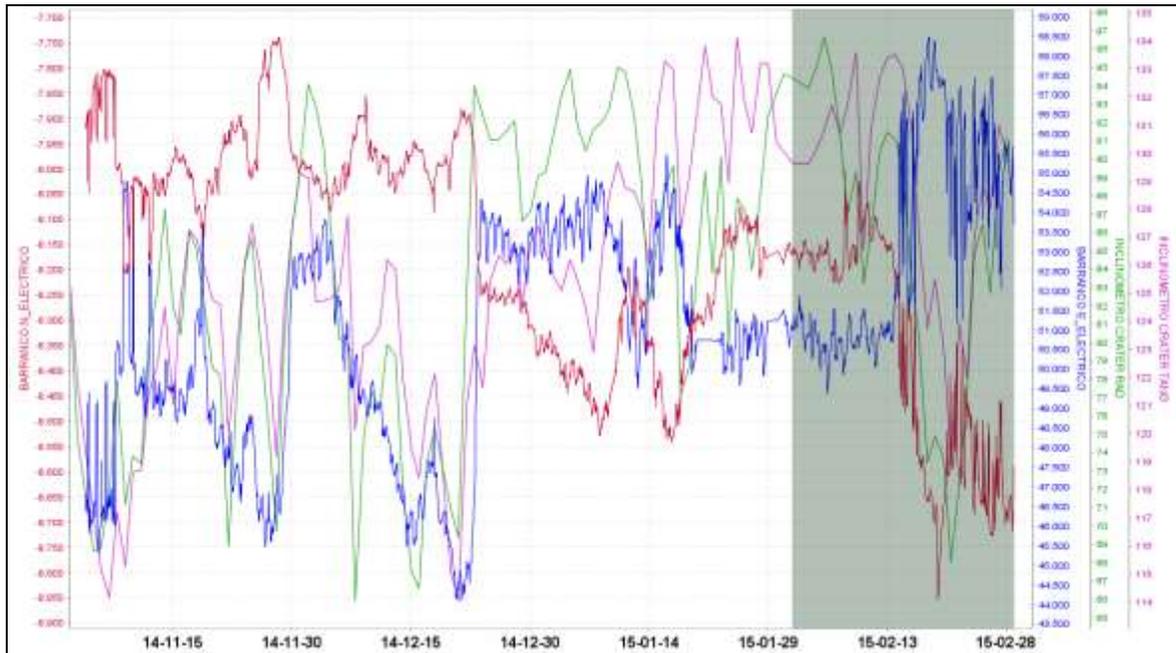
**Figura 39.** Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (rojo) y EW (verde), de la estación de Cráter, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.



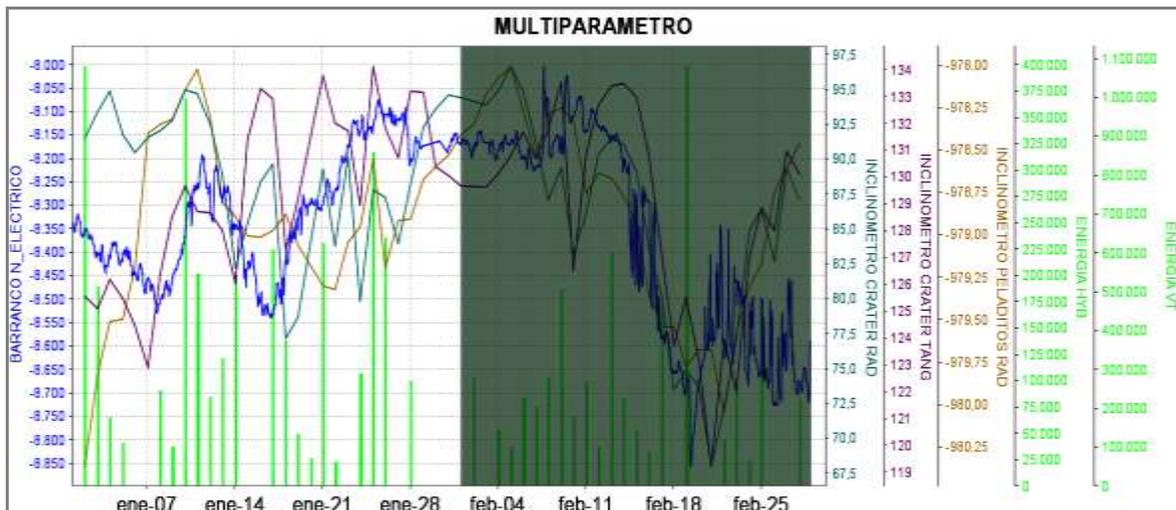
**Figura 40.** Variaciones del Campo Magnético, en las tres componentes: Z (azul), NS (magenta) y EW (rojo), de la estación de Barranco, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.

Se resalta la relación que se observa en el comportamiento de las componentes de deformación del inclinómetro Cráter y las componentes de Campo Eléctrico de la estación Barranco (Figura 41). La Figura 42 muestra el comportamiento multiparamétrico de la componente Este de campo eléctrico en Barranco, las componentes radial y tangencial del inclinómetro Cráter y la energía sísmica liberada por los sismos de fractura, en el mes de febrero de 2015, que guardan una relación en el comportamiento de sus variaciones para este mes. Esta relación podría estar sustentada en el hecho de que el incremento de las condiciones de esfuerzo de la roca, se reflejaría en el comportamiento de los inclinómetros electrónicos; estos esfuerzos estarían generando la liberación de cargas eléctricas, que se traduce en la generación de potenciales eléctricos naturales, lo que

explicaría las variaciones del campo eléctrico en la zona. Adicionalmente, la liberación paulatina de estos esfuerzos se puede reflejar en la ocurrencia de eventos de fractura de material cortical, de tipo VT o HYB, que al igual que las variaciones en deformación y en potencial eléctrico, son de baja magnitud.



**Figura 41.** Relación entre Variaciones de Campo Eléctrico de la estación Barranco y las componentes de inclinación del inclinómetro Cráter, para el periodo comprendido entre noviembre de 2014 y febrero de 2015.

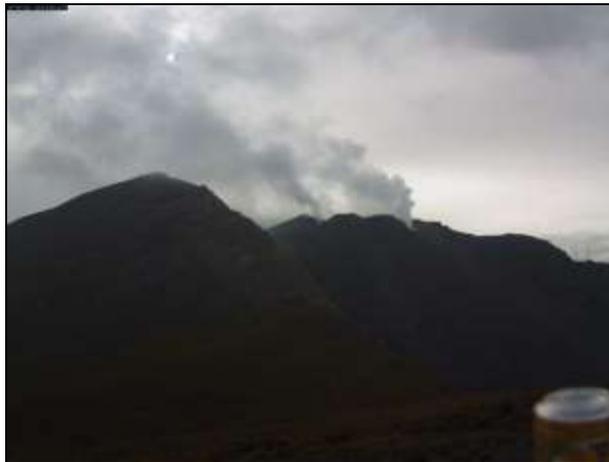


**Figura 42.** Componente multiparamétrico para evidenciar la relación de las variaciones de los parámetros de campo eléctrico (componente Este, estación Barranco), deformación (componentes radial y tangencial, estación Cráter) y energía sísmica liberada por los eventos asociados con procesos de fracturamiento de material cortical (tipo HYB y VT), para el periodo entre enero y febrero, 2015.

## 1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, de la comunidad o las autoridades y por videos e imágenes de las cámaras instaladas en el OVSP, Consacá, Barranco Alto y Bruma.

Condiciones favorables de clima permitieron observar emisiones de gases la mayor parte del mes, exceptuando los días 1, 2, 3, 4, 5 y 12 de febrero de 2015, debido a la alta nubosidad presente en la cima volcánica. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los vientos y la mayor altura de columna estuvo cerca a los 250 m sobre la cima. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico. En las Figuras 43 a 48 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Galeras.



**Figura 43.** Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 7 de febrero de 2015, en horas de la mañana 7:47 a.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.



**Figura 44.** Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 10 de febrero de 2015 desde las cámaras de Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).



**Figura 45.** Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 18 de febrero de 2015 desde las cámaras de Barranco (izquierda) y Bruma (derecha).



**Figura 46.** Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 23 de febrero de 2015 desde las cámaras de Bruma: 6:32 p.m. (izquierda) y Barranco: 6:34 p.m. (derecha).



**Figura 47.** Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 24 de febrero de 2015, en horas de la tarde 3:15 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.



**Figura 48.** Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 28 de febrero de 2015 desde las cámaras de Bruma y Barranco.

## 1.7. CONCLUSIONES

Por las características actuales de la sismicidad de Galeras, la resonancia presentada en los eventos asociados con movimiento de fluidos, tanto en los eventos de Tremor como en el sismo de tipo Tornillo (LP), puede estar siendo producida por la actividad del sistema hidrotermal, pues no se han notado cambios en la desgasificación superficial ni en las cantidades de dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) emitidas a la atmósfera, los cuales se mantienen en valores bajos.

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”.

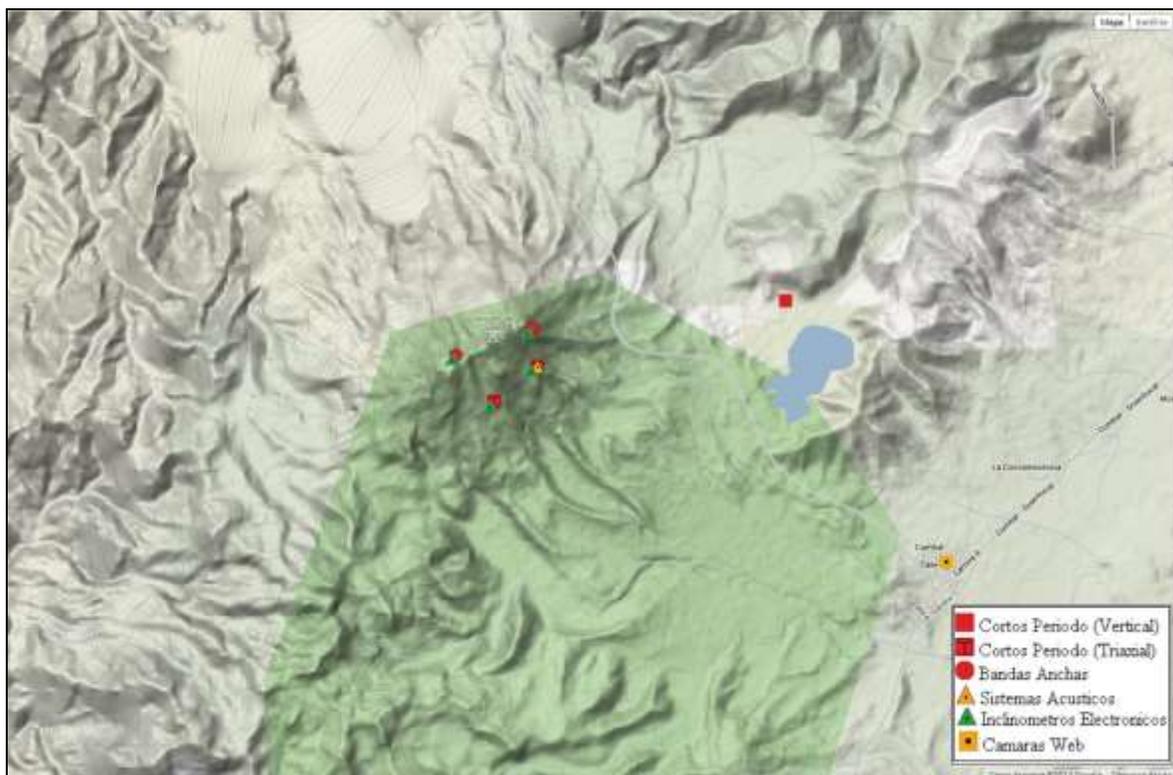
## 2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – FEBRERO DE 2015

### 2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 49 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones para monitorear su sismicidad (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para el seguimiento de la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica. Adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal.

En la Tabla 14, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 50 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

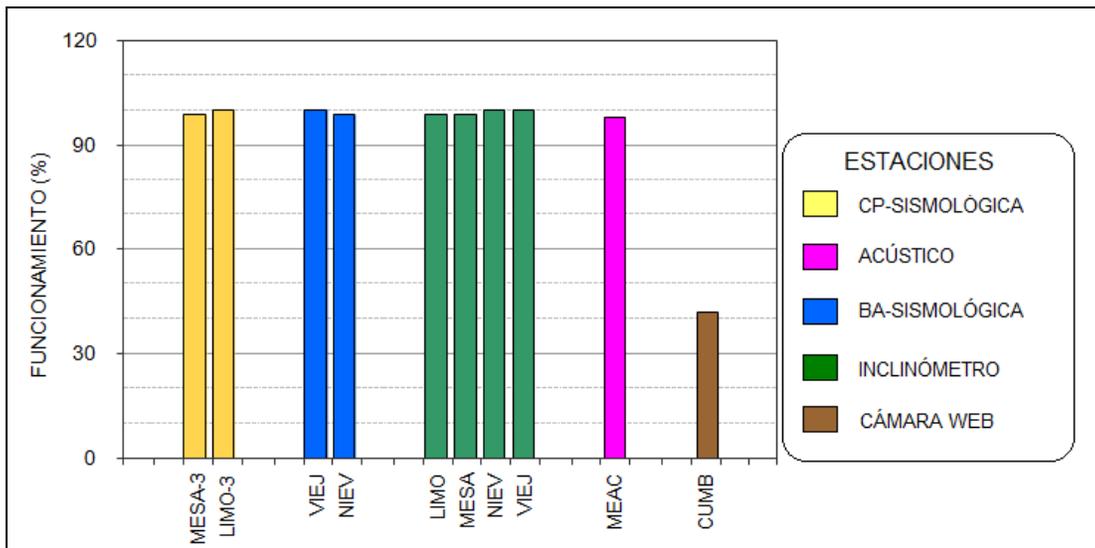
Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de febrero de 2015, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 94% (Figura 50).



**Figura 49.** Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2015.

**Tabla 14.** Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero 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           |
| Limonos          | 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   | Vertical       | 2,5                                  | ESE                                      | 4270           |
| La Nieve         | Digital              | Inclinómetro Electrónico   | Biaxial        | 0,2                                  | E  | 4696           |
| Limonos          | 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           |



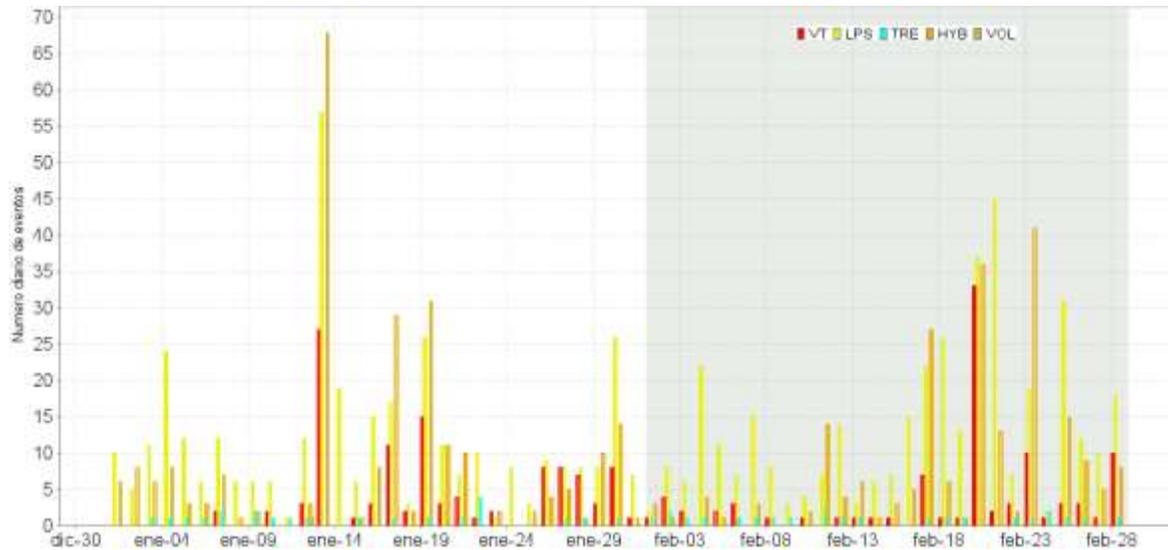
**Figura 50.** Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2015.

## 2.2. SISMOLOGÍA

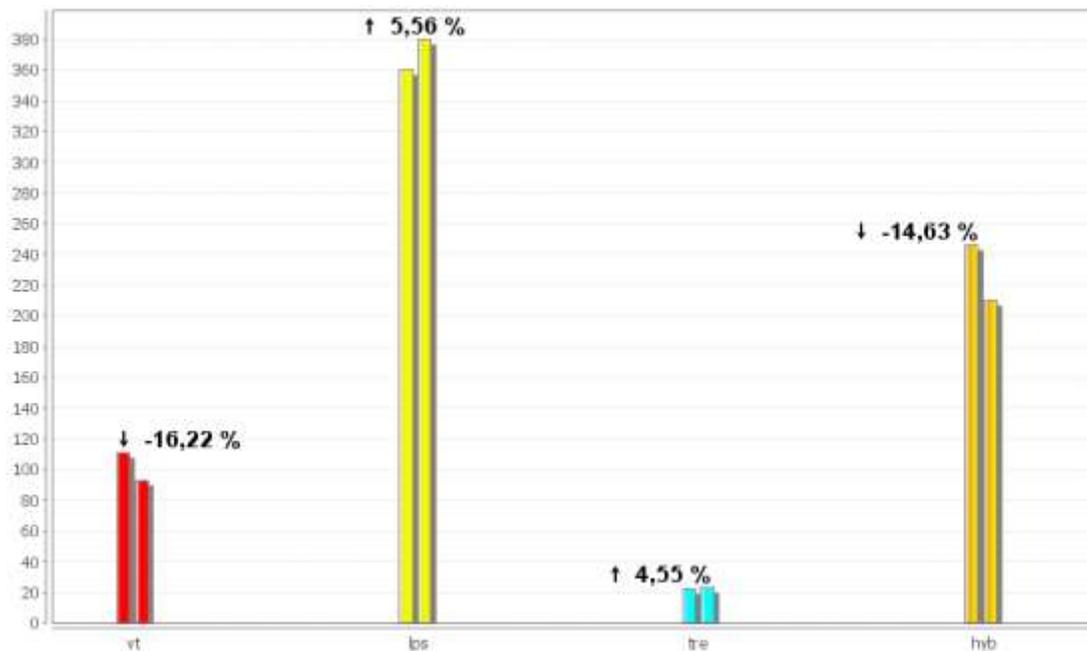
En general en febrero de 2015 se presentó un pequeño descenso del 5% en el número total de sismos volcánicos, pasando de 740 a 706 eventos. El mayor descenso en ocurrencia se observó para los sismos asociados con fractura de roca (VT) con un 16,2%, seguido de la disminución de los sismos de tipo Híbrido con un 14,6%. Los eventos asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán mostraron un leve incremento en su número, siendo de 5,6% para los eventos LP y de 4,6 para los episodios de Tremor. Hubo predominio de la sismicidad asociada con movimiento de fluidos (LP y TRE) con un 57% del total de eventos sísmicos, seguido por un 30% de los eventos Híbridos y un 13% de los sismos asociados con fractura de roca (VT). En la Tabla 15 y las Figuras 51, 52 y 53 se muestra el comportamiento de la ocurrencia sísmica del volcán Cumbal para los meses de enero y febrero de 2015.

**Tabla 15.** Número de eventos volcánicos por tipo registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

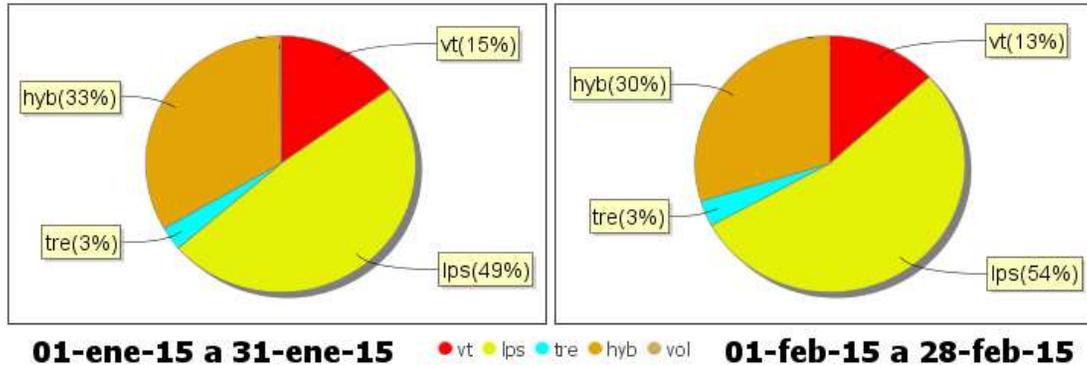
| Periodo Evaluado      | VT  | LPS | TRE | HYB | Total |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 111 | 360 | 22  | 246 | 740   |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 93  | 380 | 23  | 210 | 706   |



**Figura 51.** Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses de enero y febrero de 2015.

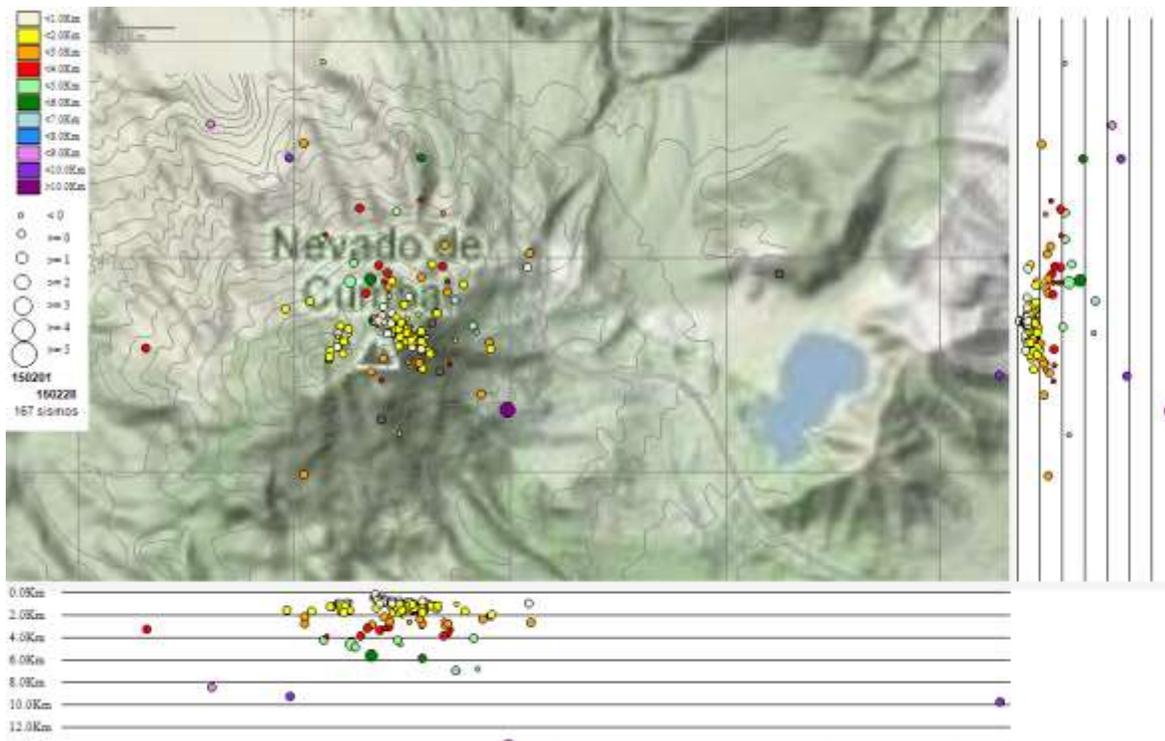


**Figura 52.** Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).



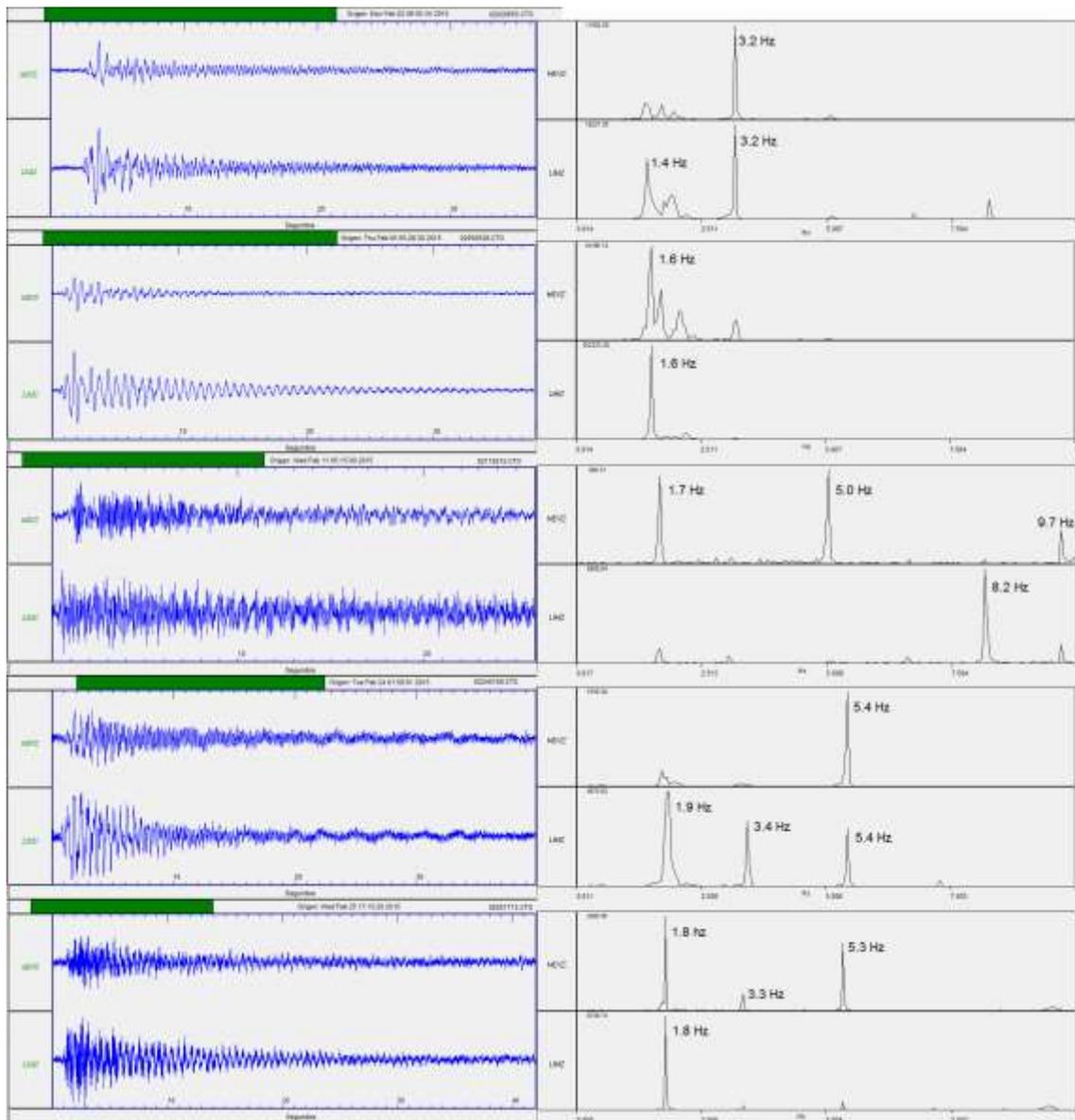
**Figura 53.** Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para enero y febrero de 2015.

Fue posible localizar 167 sismos, de los cuales 64 fueron asociados con fractura de roca y 103 fueron eventos Híbridos. La gran mayoría de eventos se ubicó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, Mundo Nuevo al sur y Cumbal al norte, en distancia entre cero y un kilómetro y profundidades menores de 2 km, el resto se ubicó disperso en la zona de influencia del complejo volcánico. En general, la profundidad de los sismos localizados osciló entre 0,1 y 14 km y la magnitud local entre -0,6 y 2,4 en la escala de Richter (Figura 54). Ningún sismo se reportó sentido.



**Figura 54.** Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 28 de febrero de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).

Se registraron 5 sismos de tipo Tornillo (TOR), asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán (LP), con duración entre 31 y 62 segundos, el primero de ellos se registró el 2 de febrero a las 01:55 hora local, con un pico dominante de frecuencia en 3,2 Hz. El segundo TOR ocurrió el 5 de febrero a las 00:28 hora local, con un pico dominante en 1,6 Hz. El tercer TOR se registró el 11 de febrero a las 00:15 hora local, con picos de frecuencia en 1,7 - 5,0 - 8,2 y 9,7 Hz. El cuarto TOR ocurrió el 23 de febrero a las 20:58 hora local, con picos de frecuencia en 1,9 - 3,4 y 5,4 Hz. El quinto TOR se presentó el 25 de febrero a las 12:13 hora local, con picos de frecuencia en 1,8 - 3,3 y 5,3 Hz (Figura 55).

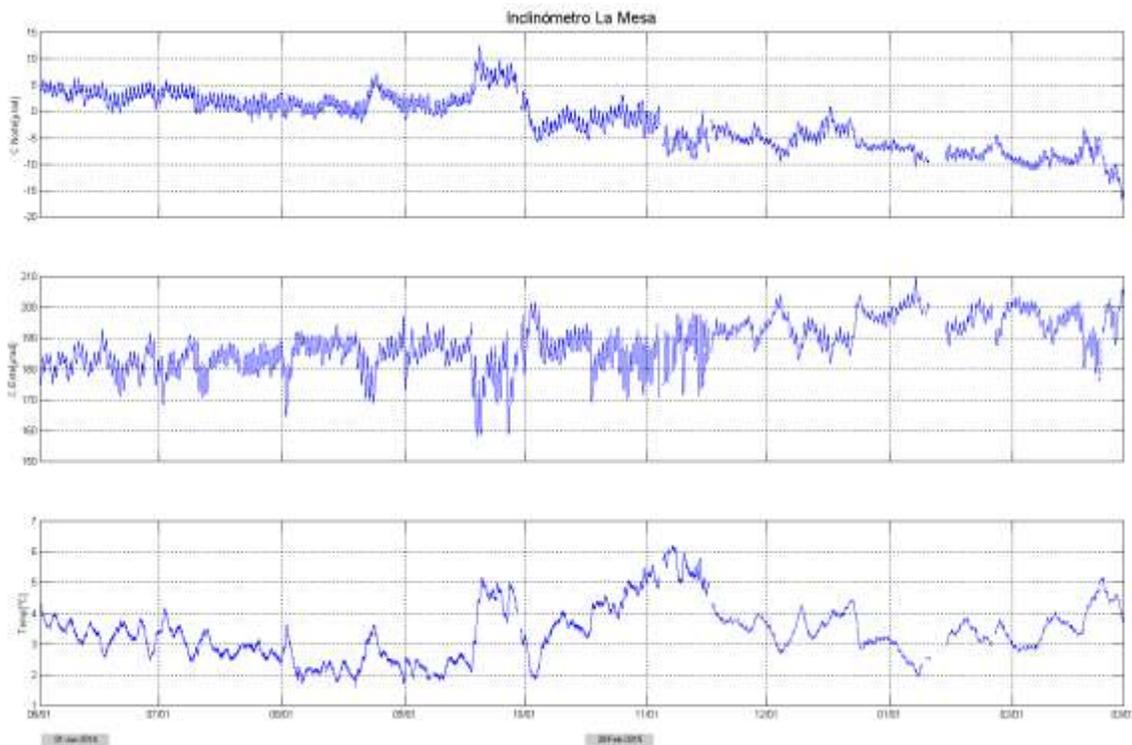


**Figura 55.** Sismogramas y espectros en frecuencia de los eventos tipo Tornillo registrados en febrero de 2015, en las estaciones La Mesa y Limones.

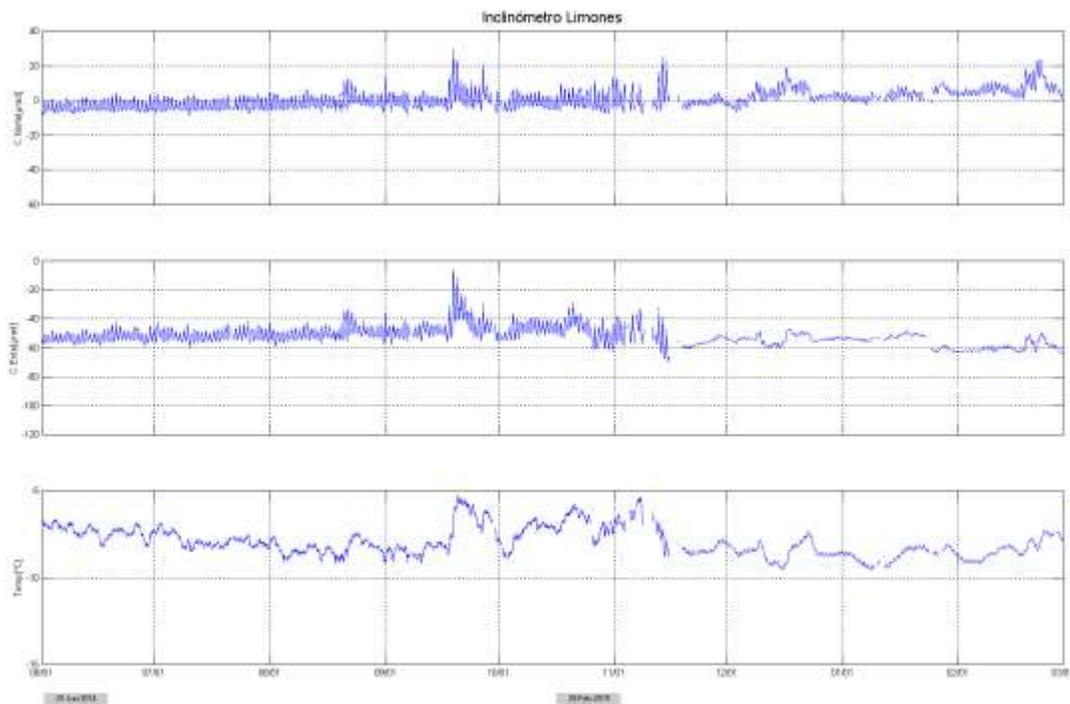
Se resalta que, hasta la fecha este tipo de eventos no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema volcánico.

### 2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

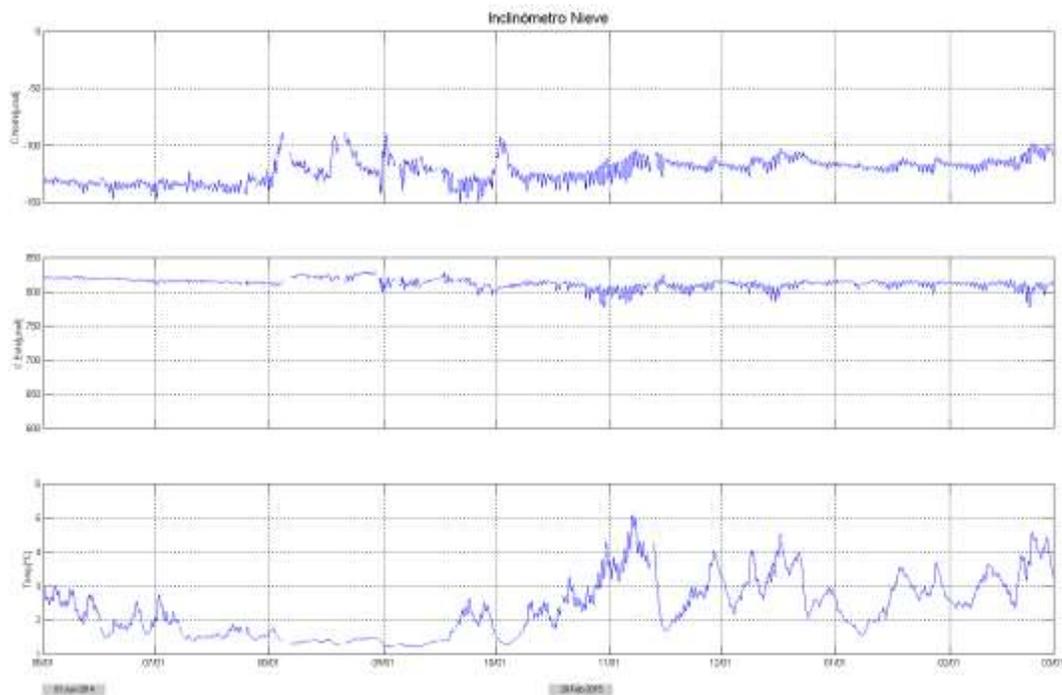
En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que continúa el comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte del sensor La Mesa, acumulando cerca de 17  $\mu\text{rad}$  entre octubre de 2014 y febrero de 2015, mientras que su componente Este presenta estabilidad desde finales de diciembre de 2014 (Figura 56). De igual forma continua la tendencia levemente ascendente en la componente Norte de Limones, variación de 10  $\mu\text{rad}$  desde el 22 de enero de 2015, se presenta estabilidad en el registro de la componente Este (Figura 57). En los inclinómetros electrónicos La Nieve y Punta Vieja se observó estabilidad en sus componentes de inclinación, tanto en la Norte, como en la Este (Figuras 58 y 59).



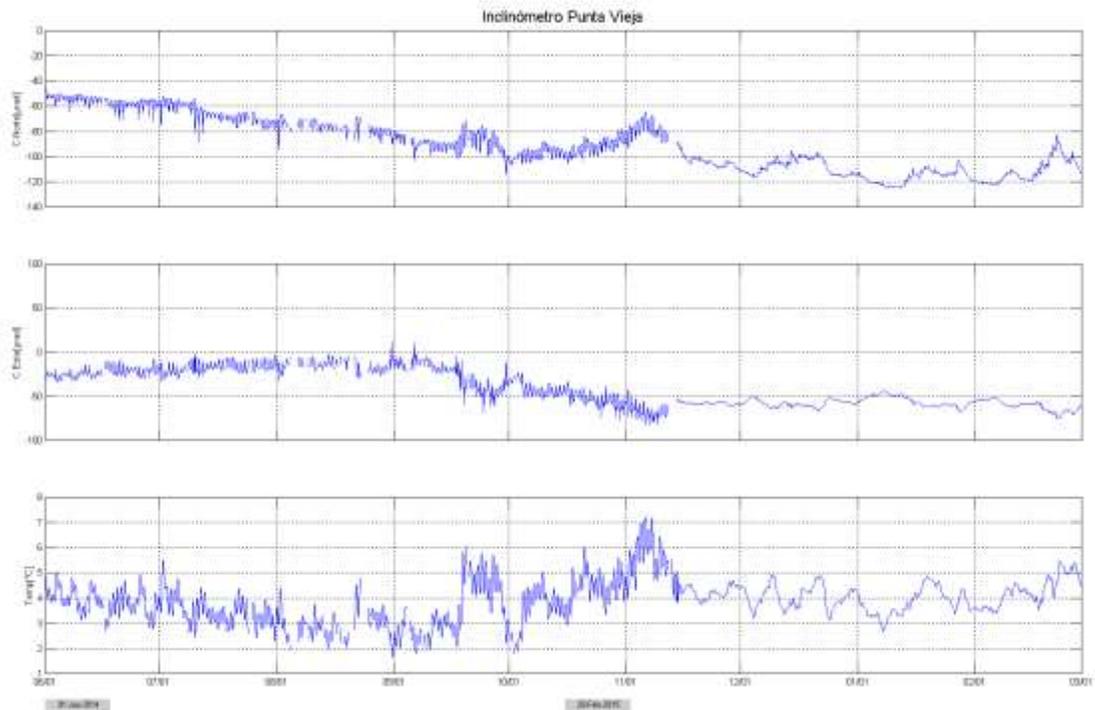
**Figura 56.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 57.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



**Figura 58.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



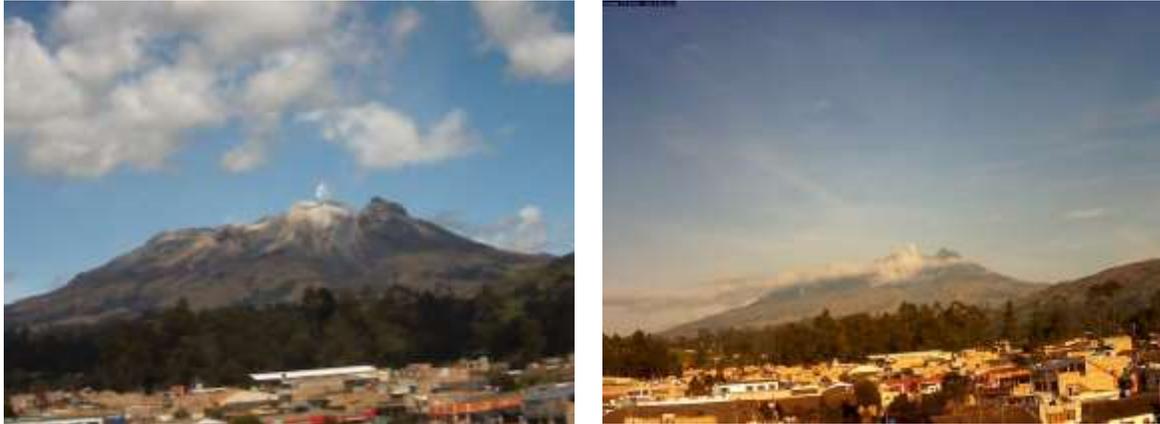
**Figura 59.** Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

## 2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Gracias a la cámara web instalada en la población de Cumbal y a condiciones de clima favorables durante los días 18 al 26 de febrero, fue posible observar emisiones de gases de color blanco, principalmente desde el campo fumarólico El Verde (sector norte, Volcán Cumbal) y desde el campo fumarólico Rastrojo (Volcán Mundo Nuevo), con alturas de columna y dispersión variables por acción de los vientos (Figuras 60 a 62).



**Figura 60.** Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 18 de febrero, 6:24 de la tarde.



**Figura 61.** Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, para los días 21 de febrero a las 10:39 a.m. y 25 de febrero a las 7:24 a.m., respectivamente.



**Figura 62.** Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 26 de febrero, a las 6:49 de la mañana.

## 2.5. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia y energía de la sismicidad, y registro eventual de enjambres asociados con procesos predominantemente hidrotermales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2015 permitió, que la actividad del complejo volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.



Se resalta que el día domingo 21 de diciembre de 2014 hacia las 8:25 a.m., el sensor sísmico de la estación El Morro registró señales asociadas con pisadas en el sitio de la estación, posteriormente hacia las 8:36 a.m. en sede no se recibe la señal sísmica, únicamente la señal portadora del radio, finalmente a las 8:49 a.m. se pierde totalmente la señal de la estación.

El daño causado a la repetidora instalada en esta estación también impide la transmisión de datos desde otras estaciones como son: Panán (sismómetro) y Canguil (sismómetro y acústico), que si bien se ubican en otros sectores del volcán, repiten sus señales en la estación El Morro.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvieron un funcionamiento promedio del 54% (Figura 66).

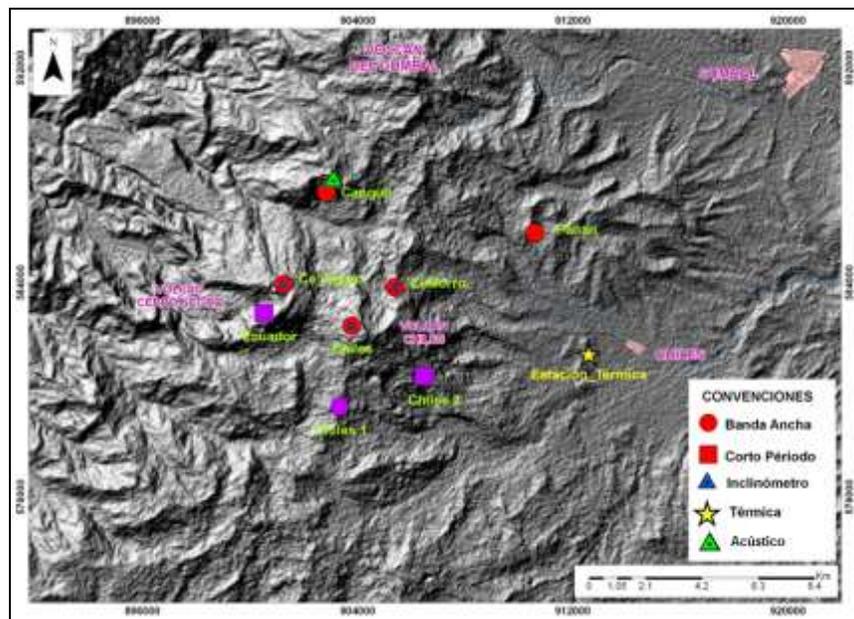


Figura 64. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 16. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2015.

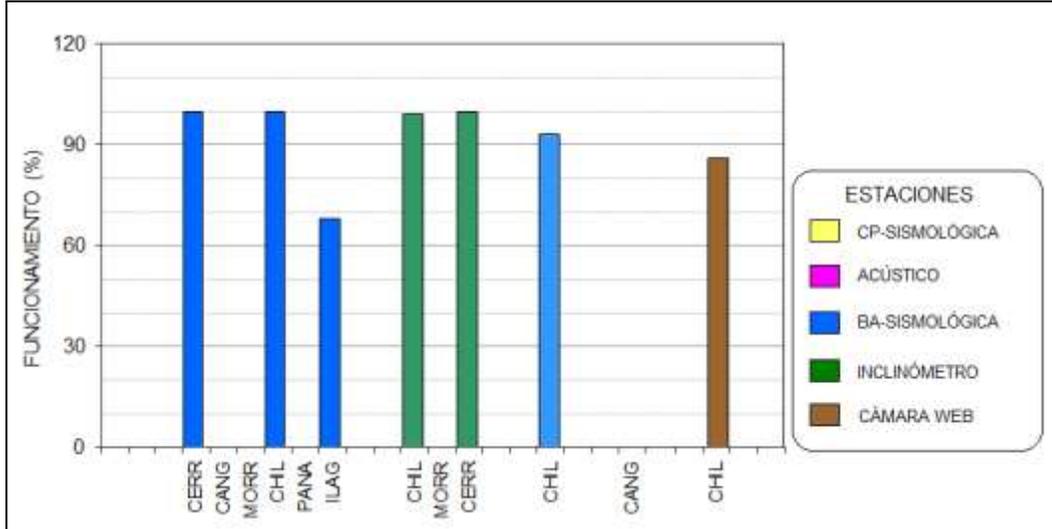
| Estación       | Transmisión de Datos | Tipo de Sensor           | Componente | Distancia Respecto a Chiles (Km) | Dirección respecto al centro del volcán | Altitud (msnm) |
|----------------|----------------------|--------------------------|------------|----------------------------------|---|----------------|
| 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           |
| Panan          | Digital              | Sismómetro Banda Ancha   | Triaxial   | 7,4                              | NE                                      | 3750           |



**Figura 65.** Mapa de localización de las fuentes termales pertenecientes a la zona de influencia de los Volcanes Chiles y Cerro Negro.

**Tabla 17.** Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

| FUENTE TEMAL    | IMAGEN | LATITUD  | LONGITUD   | ALTURA (msnm) |
|-----------------|--------|----------|------------|---------------|
| BAÑO GRANDE     |        | 0.81282° | -77.86624° | 3318          |
| AGUAS HEDIONDAS |        | 0.81256° | -77.50923° | 3613          |
| LAGUNAS VERDES  |        | 0.80758° | -77.92791  | 3884          |
| RÍO BLANCO      |        | 0.84928° | -77.94092° | 3611          |
| EL HONDÓN       |        | 0.832535 | -77.936713 | 3548          |



**Figura 66.** Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2015.

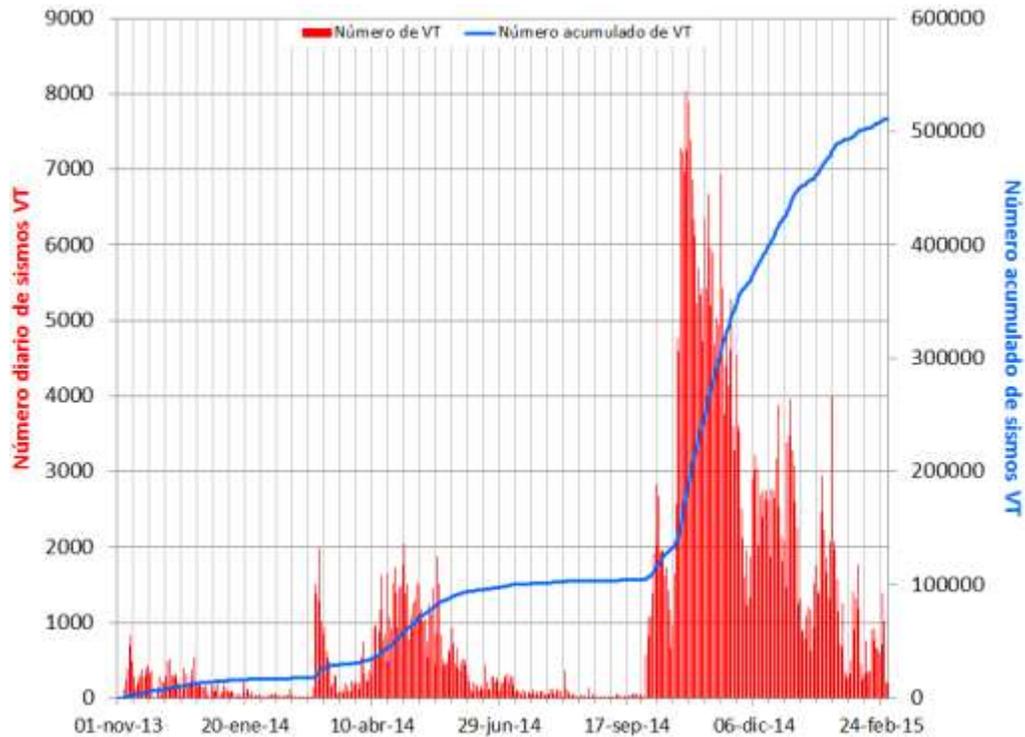
### 3.3. SISMOLOGÍA

Tomando en cuenta el periodo completo desde que se inició la vigilancia instrumental de la actividad volcánica en la zona de influencia de Chiles y Cerro Negro con la instalación permanente de instrumentación especializada en noviembre 5 de 2013, hasta el 28 de febrero de 2015, se han registrado en total 511.496 sismos, la gran mayoría presentados en el periodo de mayor sismicidad, que va desde septiembre 29 de 2014 hasta febrero 28 de 2015 con 406.985 sismos, en los últimos meses se nota la clara tendencia descendente con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria (Figura 67).

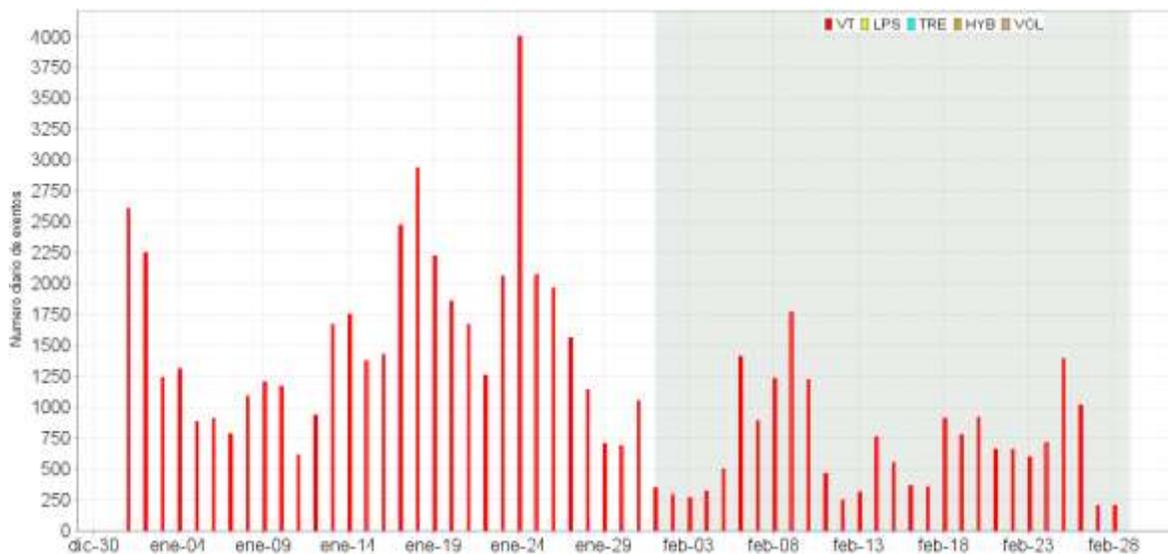
La sismicidad en el mes de febrero de 2015 disminuyó considerablemente, pues solamente se alcanzó un 40% del número registrado en enero, pasando de 48.968 a 19.399 sismos, todos ellos asociados con fractura de roca (VT) (Tabla 18, Figura 68).

**Tabla 18.** Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

| Periodo Evaluado      | VT     | LPS | TRE | HYB | VOL | Total  |
|-----------------------|--------|-----|-----|-----|-----|--------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 48.968 | 0   | 0   | 0   | 0   | 48.968 |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 19.399 | 0   | 0   | 0   | 0   | 19.399 |



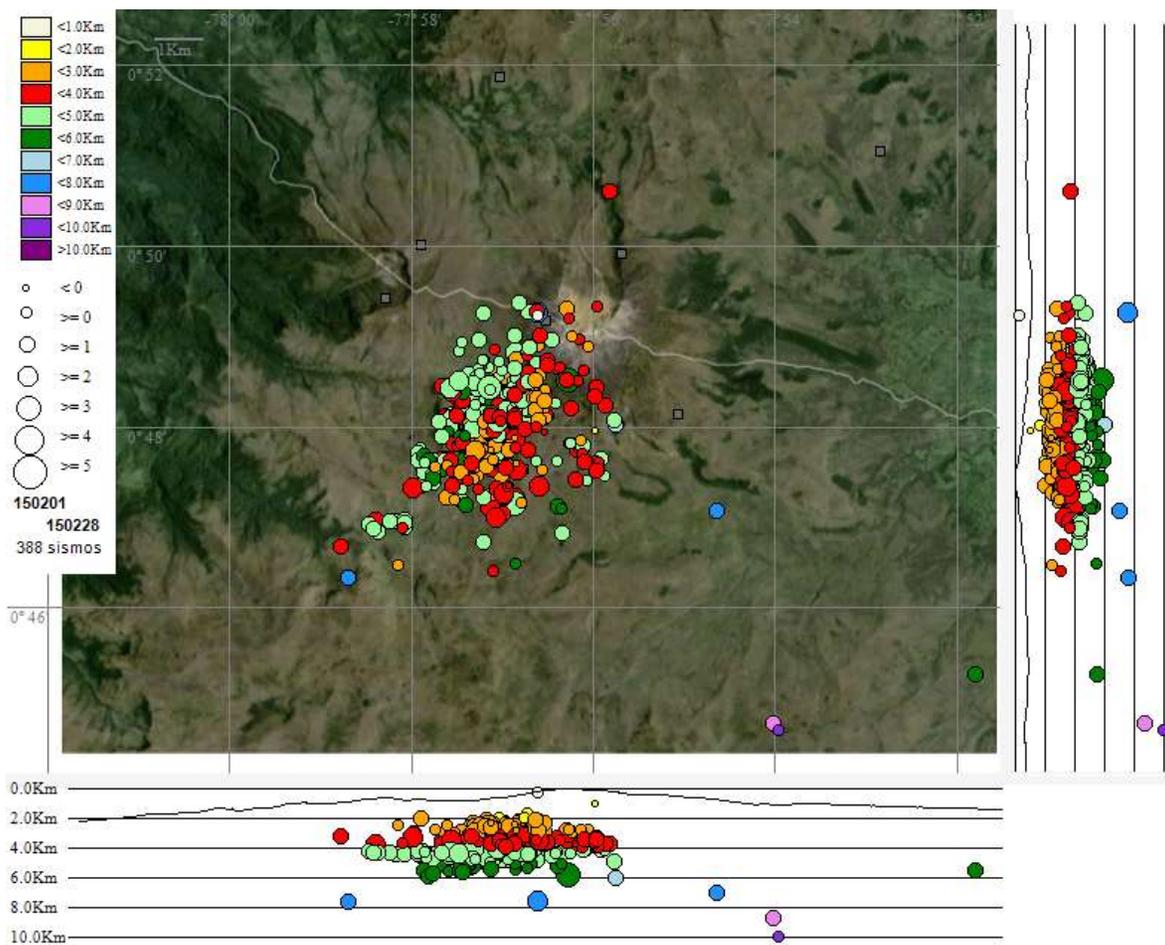
**Figura 67.** Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 01 de 2013 y febrero 28 de 2015.



**Figura 68.** Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro en los meses de enero y febrero de 2015.

En febrero fue posible localizar 388 sismos VT, la gran mayoría ubicados en distancias entre cero y 7 km al suroccidente del volcán Chiles, con unos pocos sismos situados al sur y cinco de ellos situados de manera dispersa (Figura 69). En general la profundidad de los sismos osciló entre 0,3 y

10 km, haciendo una selección por profundidades se tiene que 92 sismos (23,7%) mostraron profundidades menores de 3 km, 258 sismos (66,7%) mostraron profundidades mayores de 3 y menores de 5 km y 37 sismos (9,6%) mostraron profundidades mayores de 5 y menores de 10 km. En general, la magnitud local de los sismos localizados de Chiles – Cerro Negro osciló entre -0,2 y 3,2 grados en la escala de Richter; haciendo una selección por magnitud local se tiene que 142 sismos (36,7%) mostró magnitud local menor de 1 grado, 210 sismos (54,3%) mostró magnitud local mayor de 1 y menor de 2 grados y 34 sismos (8,8%) mostraron magnitud local entre 2 y 3,2 grados. Ningún sismo fue reportado como sentido.



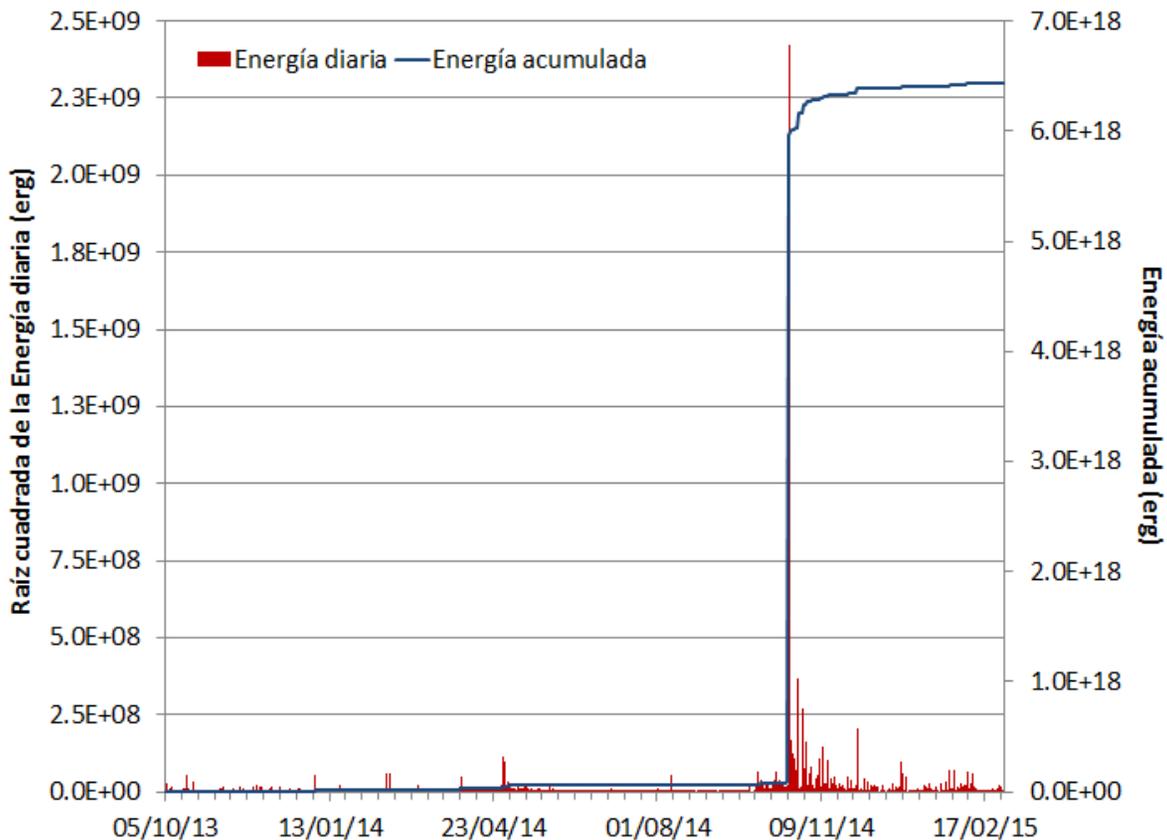
**Figura 69.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en febrero de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad.

La energía liberada se ha estimado con base en la magnitud de los sismos, con lo cual, teniendo en cuenta el periodo desde el inicio de la vigilancia instrumental de la actividad en noviembre 5 de 2013 y el 28 de febrero de 2015 se tiene un valor total de energía liberada de  $6,43 \times 10^{18}$  ergios, para el periodo entre el 29 de septiembre de 2014 y el 28 de febrero de 2015 se tiene un valor de energía de  $6,37 \times 10^{18}$  ergios y para el mes de febrero de 2015 se tiene una energía total liberada de  $1,34 \times 10^{16}$

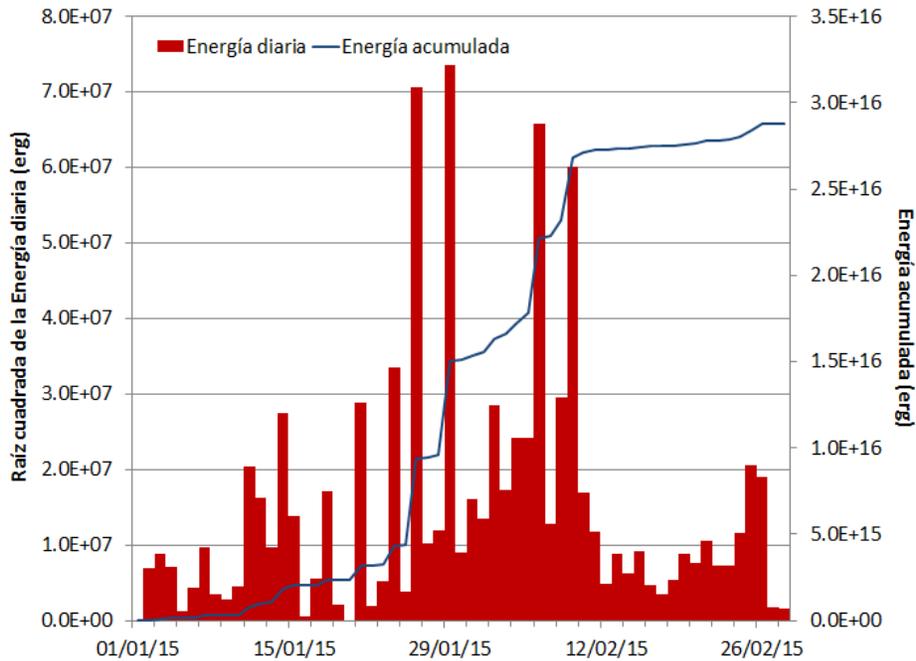
ergios la cual con respecto al mes anterior disminuyó en un 12,3% (Tabla 19, Figuras 70 y 71). Con la magnitud de los sismos también es posible estimar el volumen de magma intruído durante el proceso (McGarr, 1976), entonces se tiene que para el último periodo de actividad desde septiembre 29 de 2014 hasta el 28 de febrero de 2015 el volumen intruído ha sido de 34.828.860 m<sup>3</sup>, con un promedio diario estimado de 227.640 m<sup>3</sup> (Figura 72).

**Tabla 19.** Energía en ergios de los eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

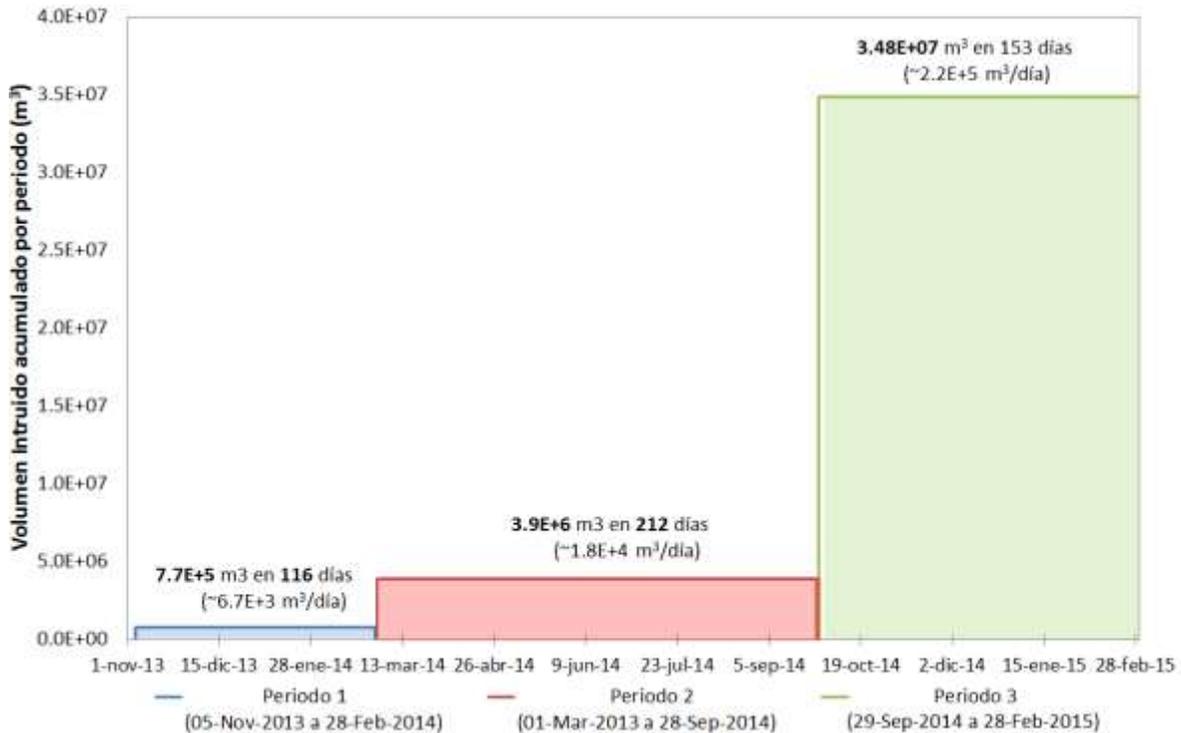
| Periodo Evaluado      | VT       | LPS | TRE | HYB | VOL | Total    |
|-----------------------|----------|-----|-----|-----|-----|----------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 1,53E+16 | 0   | 0   | 0   | 0   | 1,53E+16 |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 1,35E+16 | 0   | 0   | 0   | 0   | 1,35E+16 |



**Figura 70.** Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, la energía acumulada se muestra con su real valor en ergios.



**Figura 71.** Energía diaria y energía acumulada, calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chile – Cerro Negro en enero y febrero de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada, la energía acumulada se muestra con su real valor en ergios.

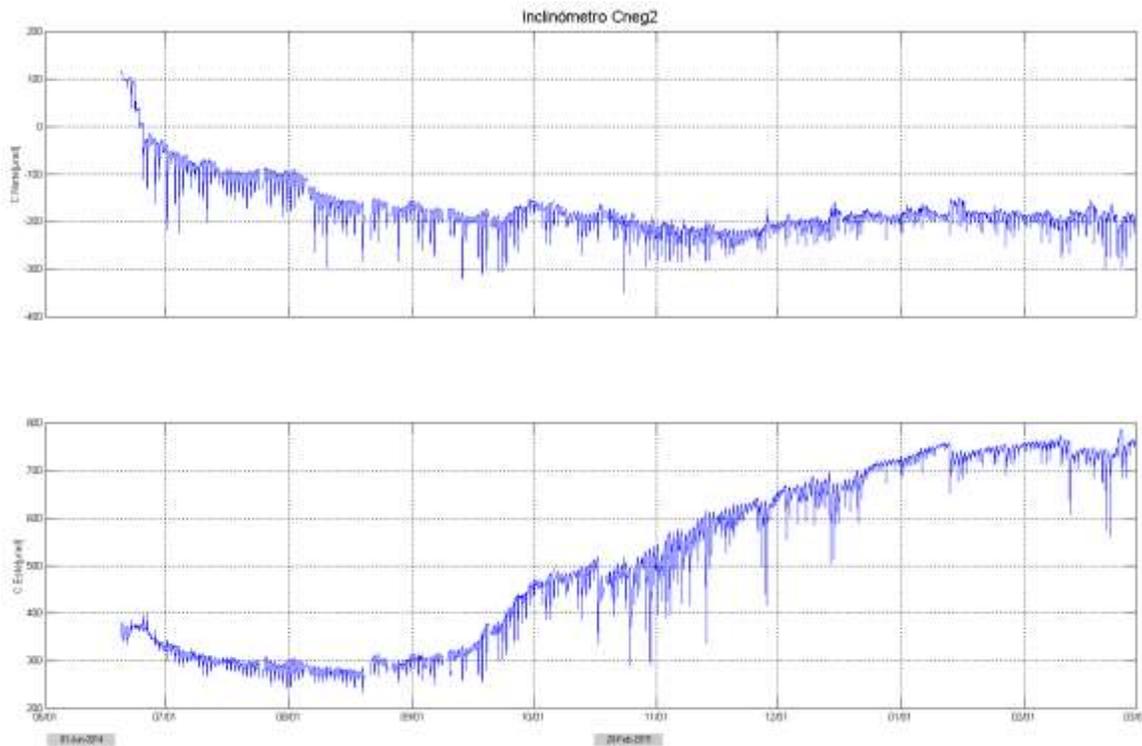


**Figura 72.** Volumen de magma intruído calculado con base en la magnitud de los sismos VT de Chile – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015.

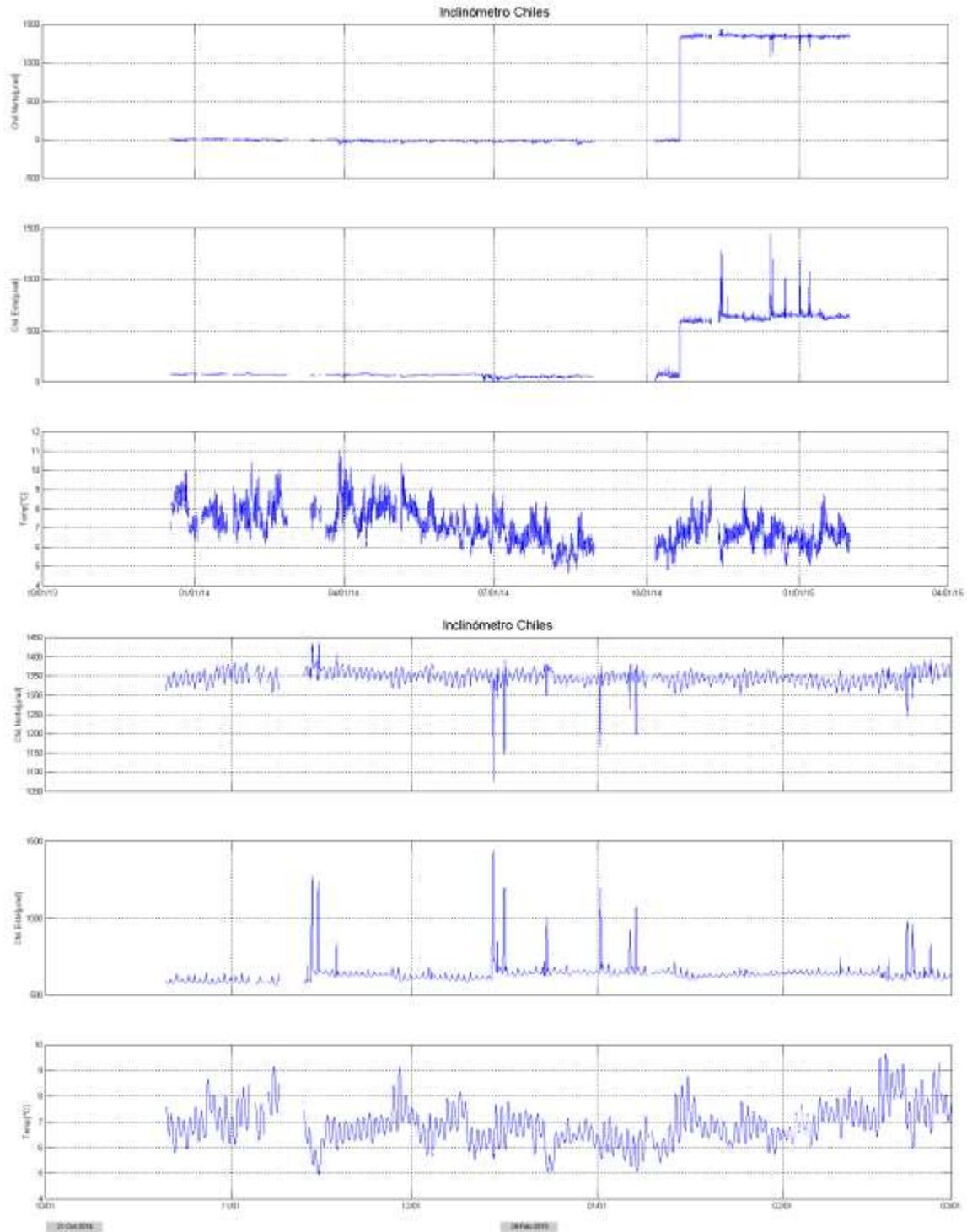
### 3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Las tendencias se reportan para el periodo posterior al cambio brusco presentado en los sensores de medición de la deformación en superficie del edificio volcánico (octubre 20 de 2014, sismo Mw 5,6). El inclinómetro Cerro Negro muestra en sus registros anomalías en relación a su funcionamiento, por lo cual no se tiene en cuenta para documentar su comportamiento o variaciones y hasta el momento no se ha podido corroborar su estado en campo. El inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6 m del otro inclinómetro), siguió mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, acumulando cerca de 495  $\mu$ rad hasta el 10 de febrero de 2015, posterior a esto se observó estabilidad; por su parte la componente Norte muestra estabilidad en su registro (Figura 73).

Para el inclinómetro de Chiles se observa estabilidad en sus registros, tanto en la componente de inclinación Norte, como en la Este (Figura 74).



**Figura 73.** 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 junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.



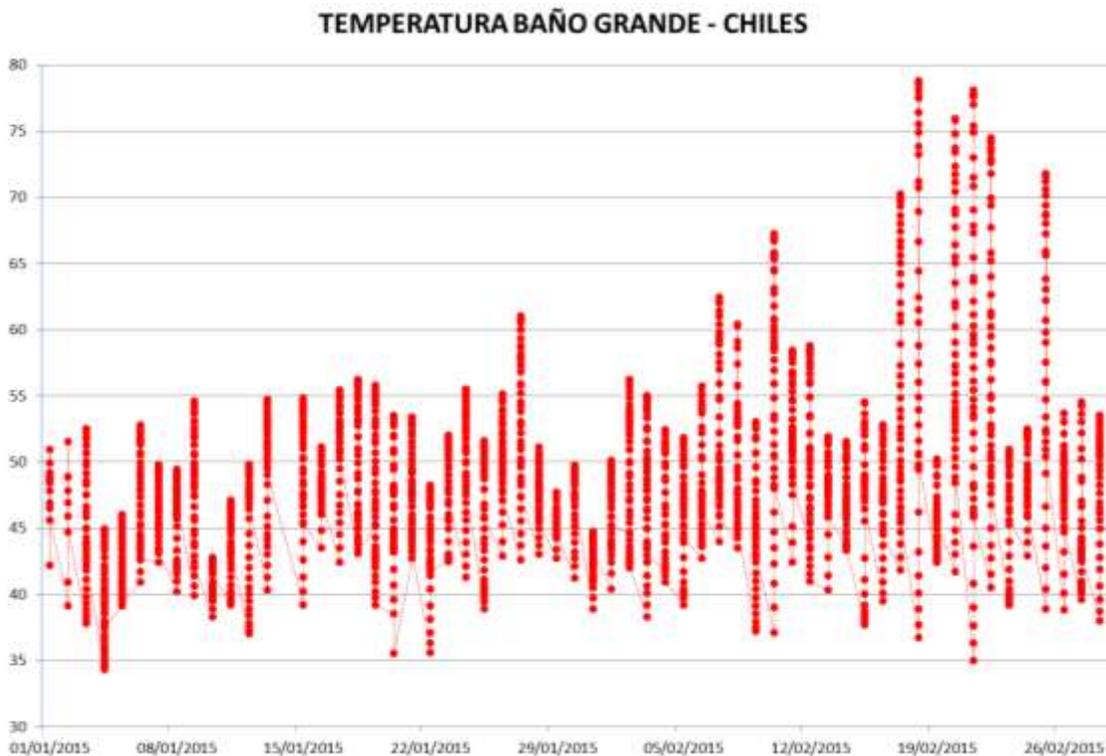
**Figura 74.** Componentes de inclinación Norte y Este, y registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 5 de noviembre de 2013 y el 28 de febrero de 2015 (Parte superior), y entre el 21 de octubre de 2014 y el 28 de febrero de 2015 (Parte inferior).

### 3.5. GEOQUÍMICA

#### 3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles

La variación de temperatura en la FT Baño Grande del volcán Chiles, se obtiene de la estación telemétrica con los datos diarios que se registran cada 10 minutos. A partir del mes de febrero de 2015, la estación térmica Baño Grande registró variaciones atípicas significativas en los valores de temperatura, haciéndose más evidente para el día 17 del mismo mes, por lo que el SGC-OVSP contactó a las autoridades del Cabildo y el grupo de geoquímica procedió a ejecutar una comisión para realizar trabajo de campo en el que se verificó y evaluó simultáneamente con otros equipos las variaciones de temperatura presentadas en el manantial.

En la Figura 75 se muestra la variación de temperatura con respecto al tiempo, registrada por la estación térmica de la FT Baño Grande para los meses de enero y febrero de 2015. Las variaciones en la gráfica corresponden a valores registrados en el transcurso del día, por la operación diaria de la piscina (desde las 9:30 a.m. a las 5:30 p.m.) que afecta el nivel de agua de la fuente termal en la que se encuentra sumergido el sensor de temperatura y también afecta directamente la medición, por lo anterior se depuran los datos para descartar los registros erróneos.



**Figura 75.** Gráfico filtrado por horas de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles - año 2015.

En campo se tomó datos puntuales en la FT Baño Grande con tres equipos diferentes, un termopar digital portátil, un termómetro de mercurio (0-200°C) y una cámara térmica, iniciando el 25 de febrero a las 9:45 am, con mediciones cada cinco minutos, luego cada diez minutos, durante nueve horas y cuarenta y cinco minutos (9:45 a.m. a 7:30 p.m.) registrando un promedio de 41,5°C con variaciones de hasta 0,5°C; el mayor valor registrado fue de 41,6 °C entre las 12:00 p.m. y 1:00 p.m.. A partir de las 2:30 p.m. el valor disminuyó hasta un valor promedio de 41,1°C, que se mantuvo hasta la mañana del día 26 de febrero (Figuras 76 y 77). Según las mediciones de campo anteriores, la temperatura se encuentra en el rango de 39,7°C a 46,3°C.

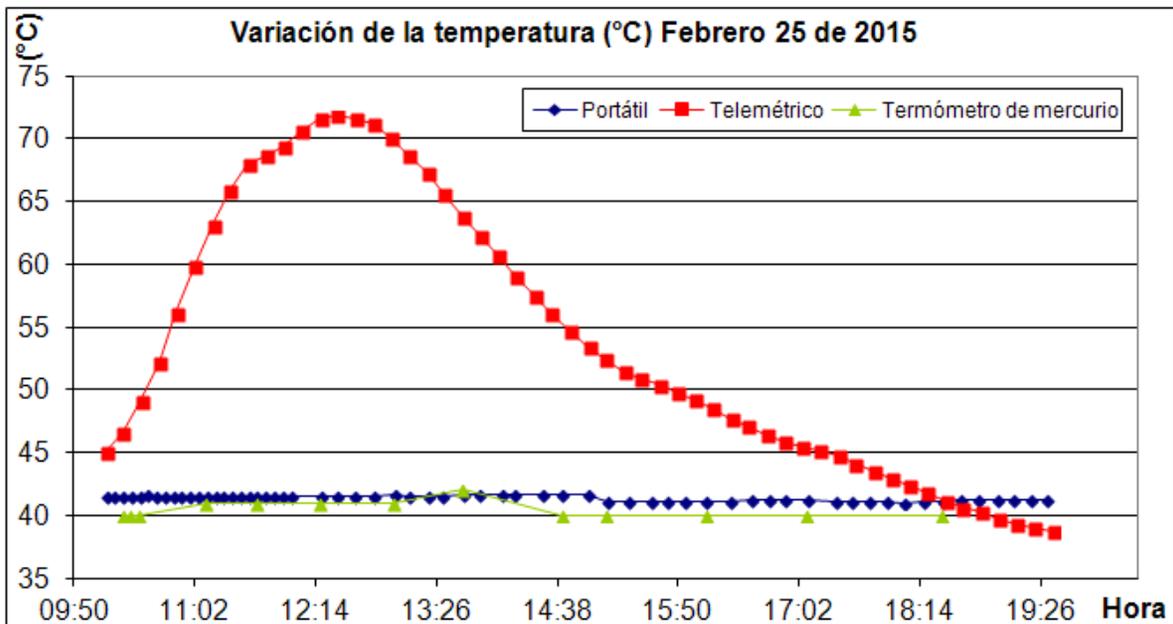


Figura 76. Variación de temperatura en la FT Baño Grande Volcán Chiles - Febrero 25 de 2015.

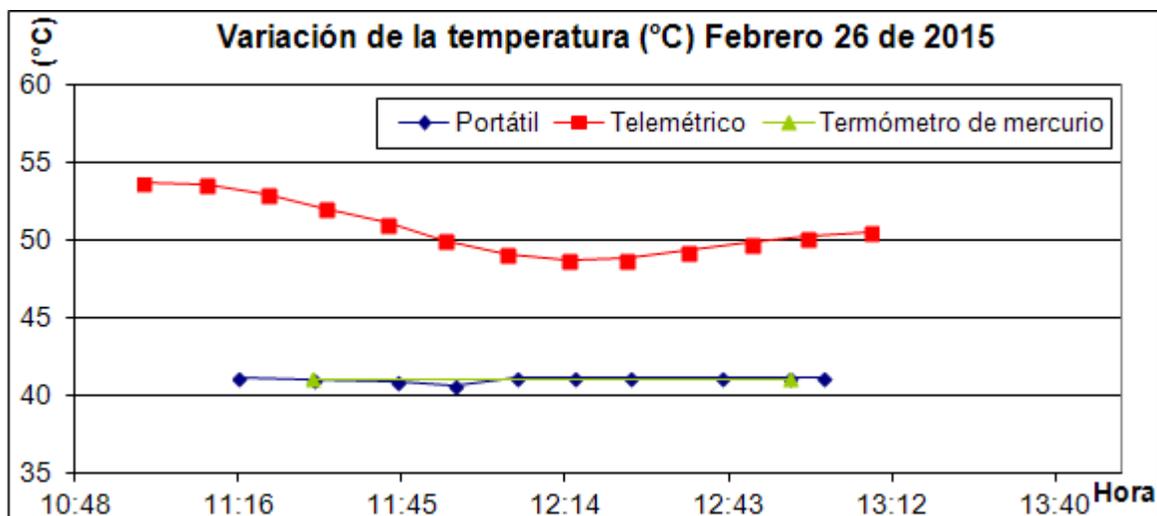


Figura 77. Variación de temperatura en la FT Baño Grande Volcán Chiles - Febrero 26 de 2015.

Se puede observar la variación y diferencia entre los datos obtenidos en la misma línea de tiempo con el sensor telemétrico instalado, el termopar digital y el termómetro de mercurio. Los datos obtenidos por telemetría muestran una dispersión muy diferenciada en comparación con los datos tomados en campo, también se puede observar la estabilidad de la temperatura en el manantial de acuerdo con los datos de los equipos portátiles durante las horas muestreadas en los días 25 y 26 de febrero de 2015.

Adicionalmente, se hizo el seguimiento del pH y la conductividad eléctrica del manantial. La conductividad eléctrica (CE) es un indicador del contenido de sales o partículas con carga eléctrica en el agua y el pH indica el grado de acidez debido a la presencia de iones de hidrógeno disueltos en el agua, las variaciones de ambos parámetros pueden indicar la influencia relacionada con la actividad volcánica. Se midieron valores promedio de pH de 6,2 (ligeramente ácido) y conductividad eléctrica de 1.650 uS/cm (baja salinidad); además se tomaron 3 muestras de agua en frascos de plástico para análisis químico en laboratorio (cationes, aniones e isótopos), cuyos resultados serán reportados próximamente.

Las imágenes obtenidas con la cámara térmica para comparación con los valores tomados con el termómetro digital y de mercurio verifican que no se observa variación de la temperatura a diferentes horas del día.

### 3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de febrero de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro. En las Figuras 78 y 79 se muestran dos fotografías del costado oriental del volcán, registradas por la cámara web ubicada en la población de Nazate.



**Figura 78.** Imagen de Volcán Chiles, 10 de febrero de 2015, 6:51 a.m.



Figura 79. Imagen de Volcán Chiles, 18 de febrero de 2015, 3:11 p.m.

### 3.7. CONCLUSIONES

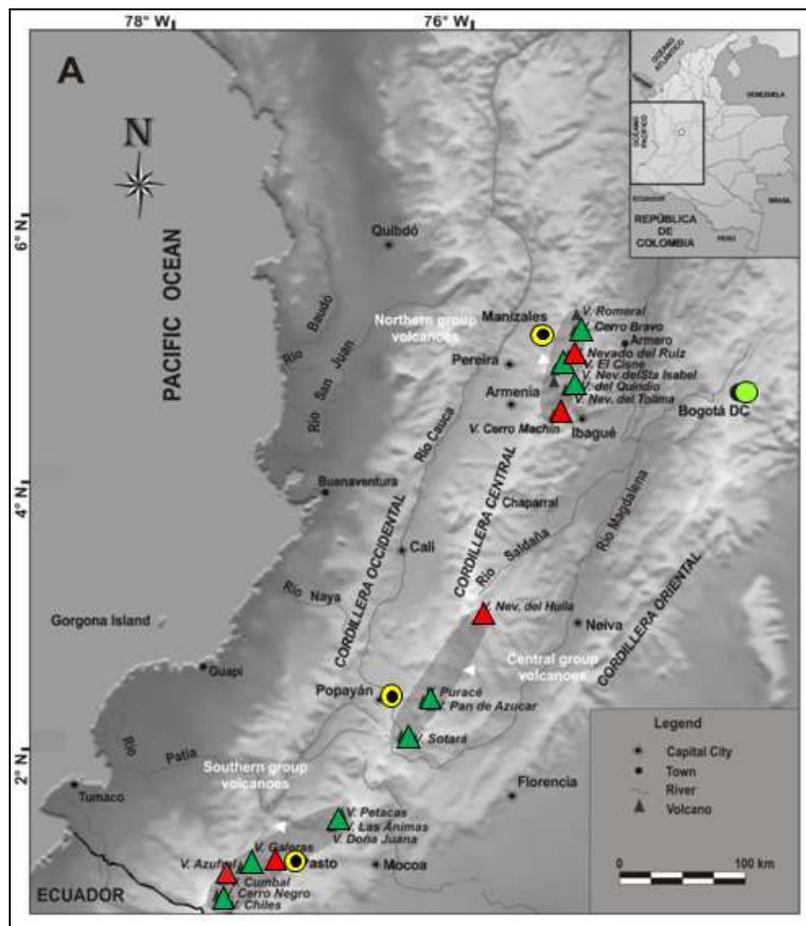
- Aunque la sismicidad ha venido mostrando una disminución gradual, se mantienen valores muy altos de ocurrencia que en febrero superaron los 1.700 sismos por día, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad y que se reitera, no se ha manifestado aún en superficie, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero 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 – FEBRERO DE 2015

El Servicio Geológico Colombiano ha venido monitoreando de manera permanente la actividad de otros volcanes activos de Nariño, como son Doña Juana, Azufral y Las Ánimas (Figura 80), en busca de estimar un nivel base de actividad, hacer seguimiento de sus manifestaciones y en caso necesario, poder establecer situaciones anómalas y la posibilidad de ocurrencia de eventos eruptivos.

La información obtenida por los diferentes métodos de vigilancia, se viene analizando de manera permanente con el fin de obtener un conocimiento del fenómeno volcánico e identificar oportunamente un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.



**Figura 80.** Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.

## 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 81).

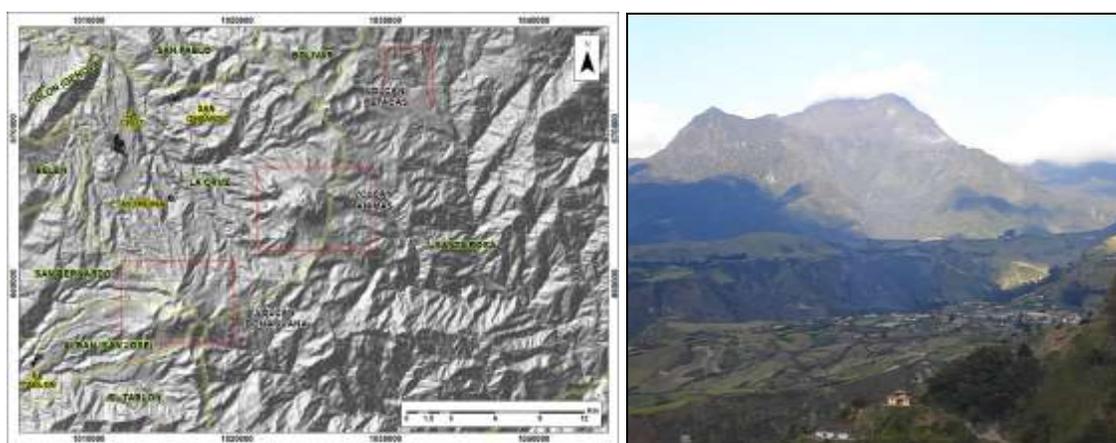


Figura 81. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

### 4.1.2. Red de vigilancia

Actualmente la red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en los puntos Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental (Tabla 20, Figura 82). Es de resaltar que la estación Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero 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           |

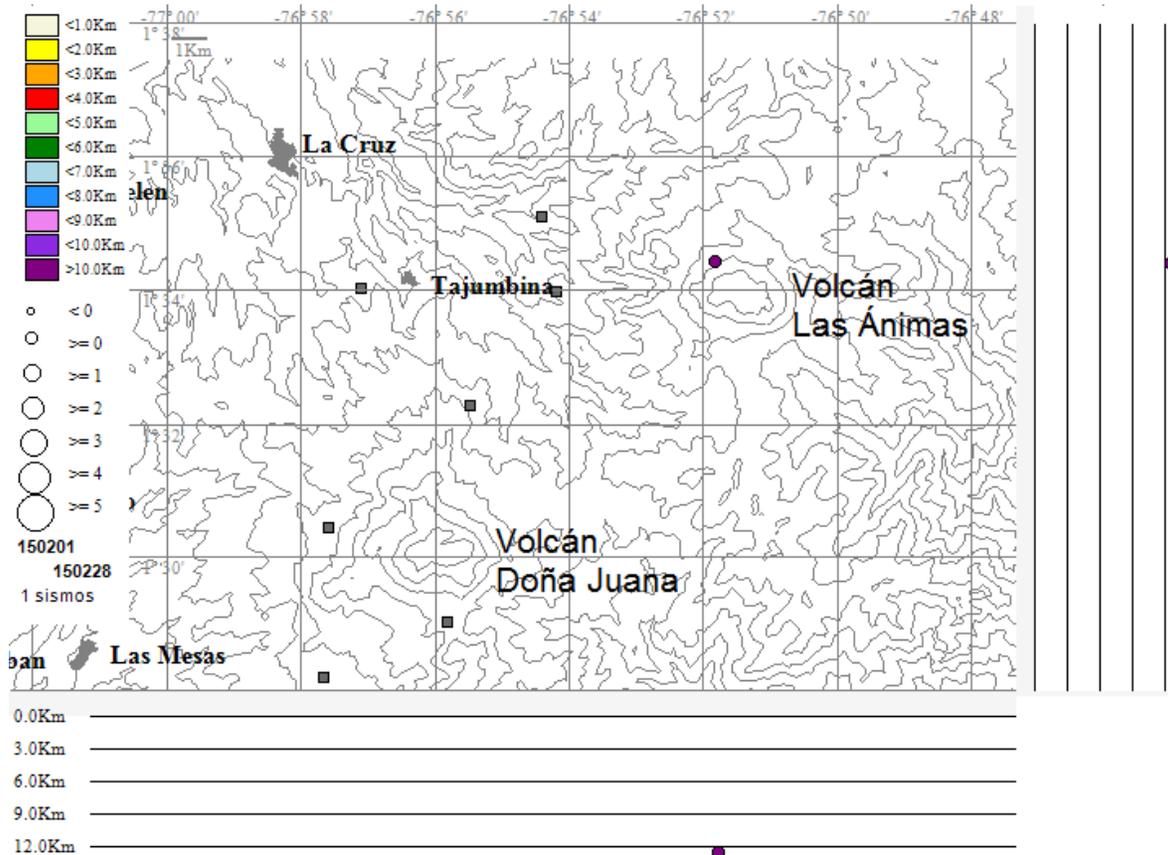


### 4.1.3. Sismología

La sismicidad en la zona de influencia del volcán Las Ánimas permaneció en niveles muy bajos, en febrero solamente se registró un sismo asociado con fractura de roca (VT), el cual fue localizado a una distancia de un kilómetro hacia el noroccidente de la cima volcánica, con una profundidad de 13 km y magnitud local de 0,1 grados en la escala de Richter (Tabla 21, Figura 84).

**Tabla 21.** Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

| Periodo Evaluado      | VT | LPS | TRE | HYB | VOL | Total |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 2  | 0   | 0   | 0   | 0   | 2     |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 1  | 0   | 0   | 0   | 0   | 1     |

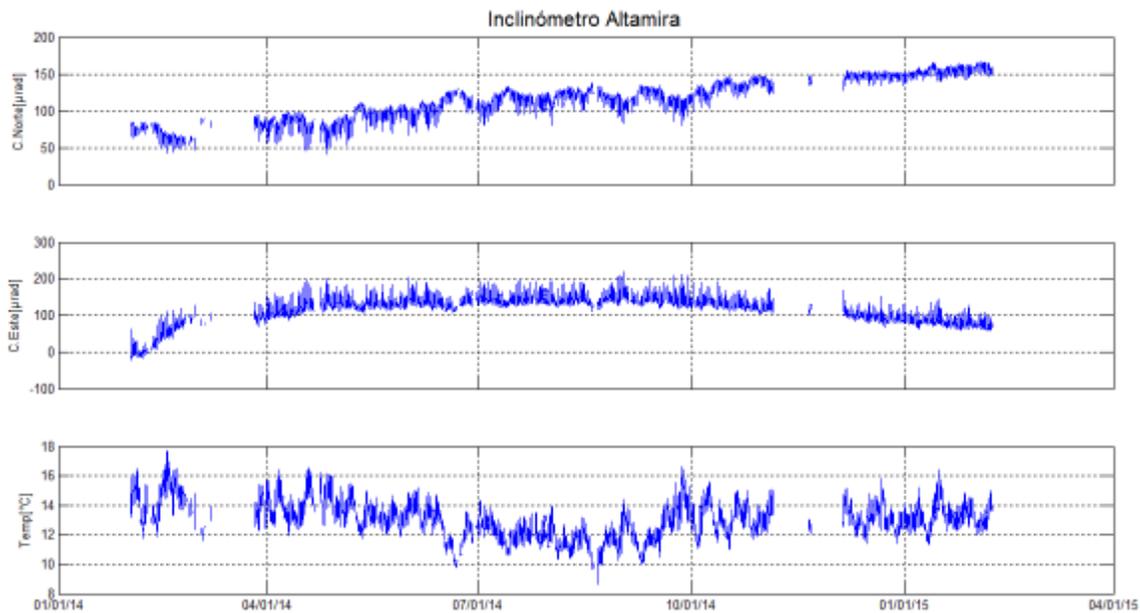


**Figura 84.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de febrero de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.

### 4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclínometría, continua el comportamiento

ascendente en la componente Norte del inclinómetro Altamira, alcanzando desde el 26 de abril de 2014, una variación de 108  $\mu\text{rad}$ , mientras que su componente de inclinación Este desde el 20 de septiembre de 2014 muestra una tendencia descendente en su registro, con un descenso cercano a los 80  $\mu\text{rad}$  (Figura 85), se muestra solo hasta el 7 de febrero de 2015, posterior a esta fecha se presentan anomalías en el registro, las cuales son objeto de estudio. En cuanto al inclinómetro Petroglifo, debido a que posterior al 8 de diciembre de 2014 presentó variaciones bruscas no asociadas con actividad volcánica, a finales de febrero fue necesario nivelar el equipo en campo, por lo cual no se puede decir nada relacionado con su comportamiento (Figura 86).



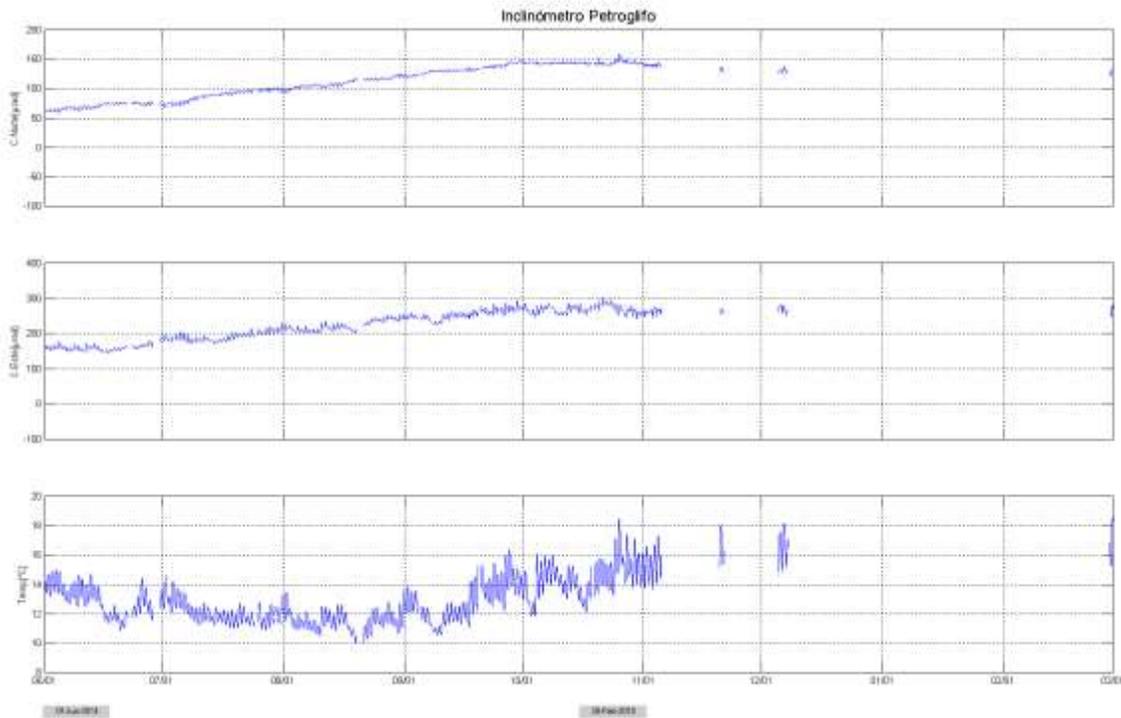
**Figura 85.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 7 de febrero de 2015.

#### 4.1.5. Actividad Superficial

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

#### 4.1.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de febrero de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.



**Figura 86.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

## 4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

### 4.2.1. Red de vigilancia

La red de vigilancia del volcán Doña Juana consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear sismicidad y tres estaciones para monitorear la deformación cortical del edificio volcánico, adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) (Figura 87, Tabla 22). Para el mes de febrero de 2015 las estaciones presentaron un funcionamiento del 83% (Figura 88). La estación sísmica Lavas presentó interferencias en la señal y problemas en el sistema de adquisición.

### 4.2.2. Sismología

En relación a la sismicidad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado no se tuvo registro de eventos asociados con actividad volcánica.

Tabla 22. Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.

| 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      | Análogica            | Sismómetro Corto Periodo | Triaxial   | 4,1                        | SW                             | 3145           |
| I. Lavas   | Análogica            | Inclinómetro Electrónico | Biaxial    | 4,1                        | SW                             | 3145           |
| La Cruz    | Digital              | Sismómetro Corto Periodo | Uniaxial   | 7,5                        | NNW                            | 2761           |

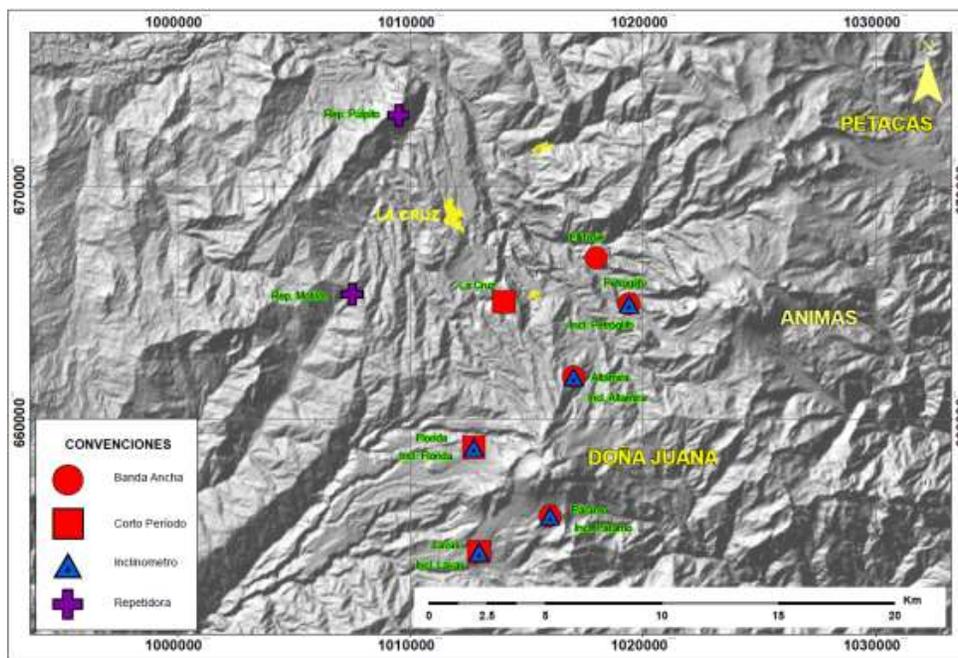


Figura 87. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

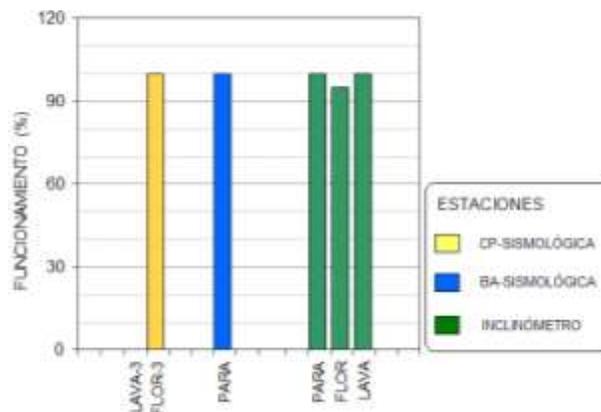
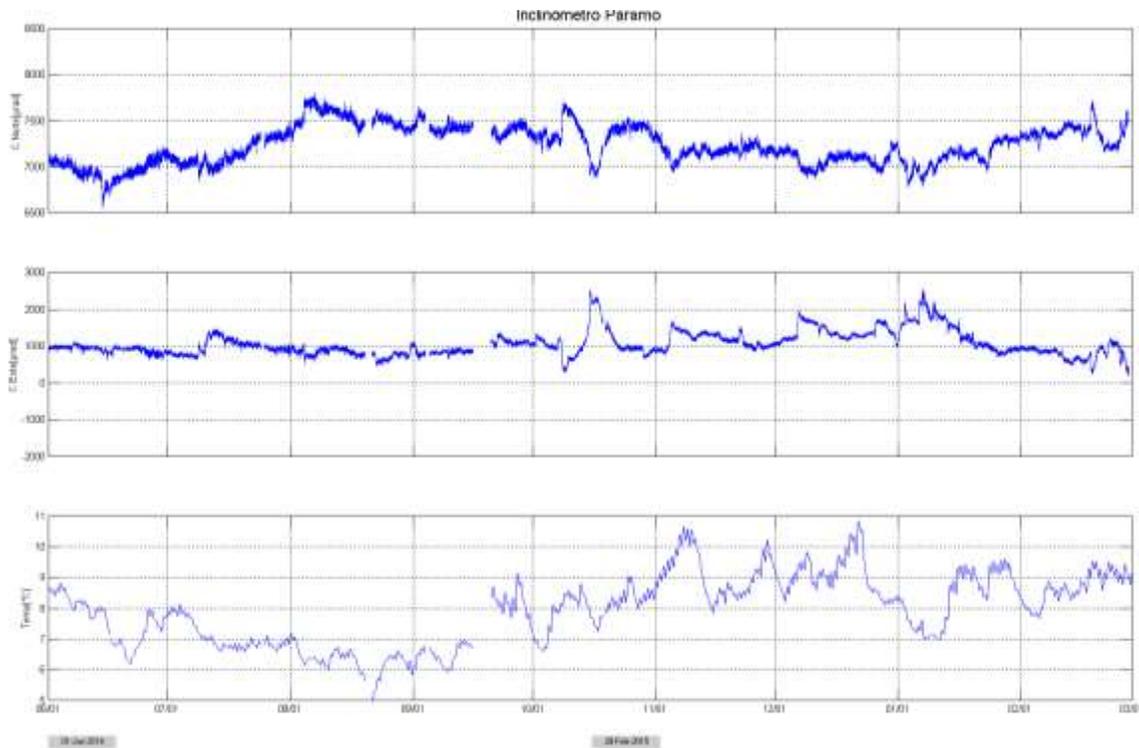


Figura 88. Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en febrero de 2015.

### 4.2.3. Deformación Volcánica

En las componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Páramo, se observó un comportamiento estable (Figura 89). Los comportamientos ascendentes que mostraban las componentes de inclinación de las estaciones Lavas y Florida, culminaron el 10 de febrero de 2015 (Figura 90). En Lavas esta tendencia ascendente se venía presentando desde el 1 de septiembre de 2014, con 300  $\mu$ rad para la componente Norte y 254  $\mu$ rad, para la Este. En Florida desde el 3 de octubre de 2014, totalizando 118  $\mu$ rad en la Norte y 210  $\mu$ rad en la componente de inclinación Este (Figura 90).



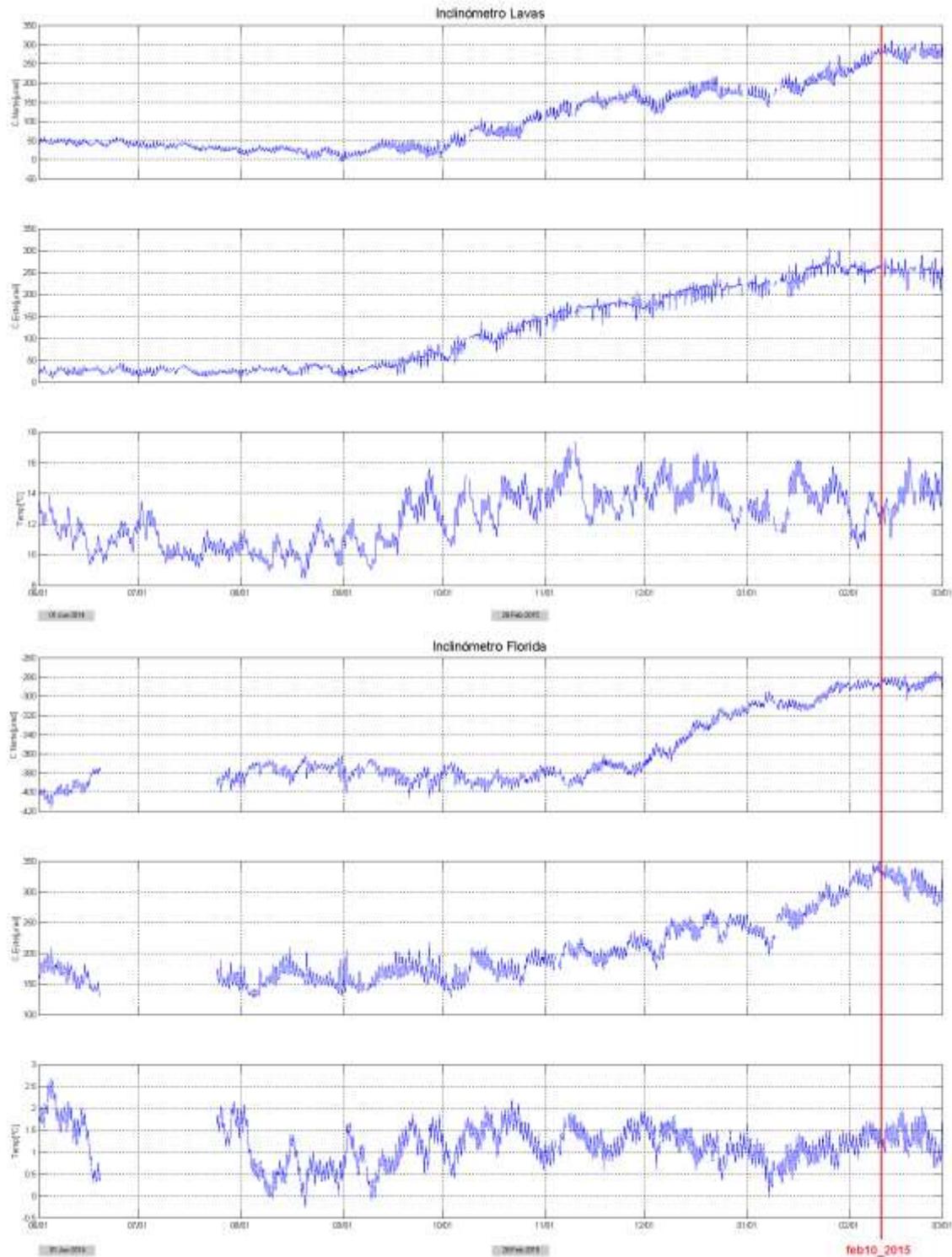
**Figura 89.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

### 4.2.4. Actividad Superficial

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

### 4.2.5. Conclusiones

- La evaluación de los parámetros monitoreados en Doña Juana durante febrero de 2015, permitieron establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.



**Figura 90.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura de los inclinómetros electrónicos Lavas y Florida, instalados en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

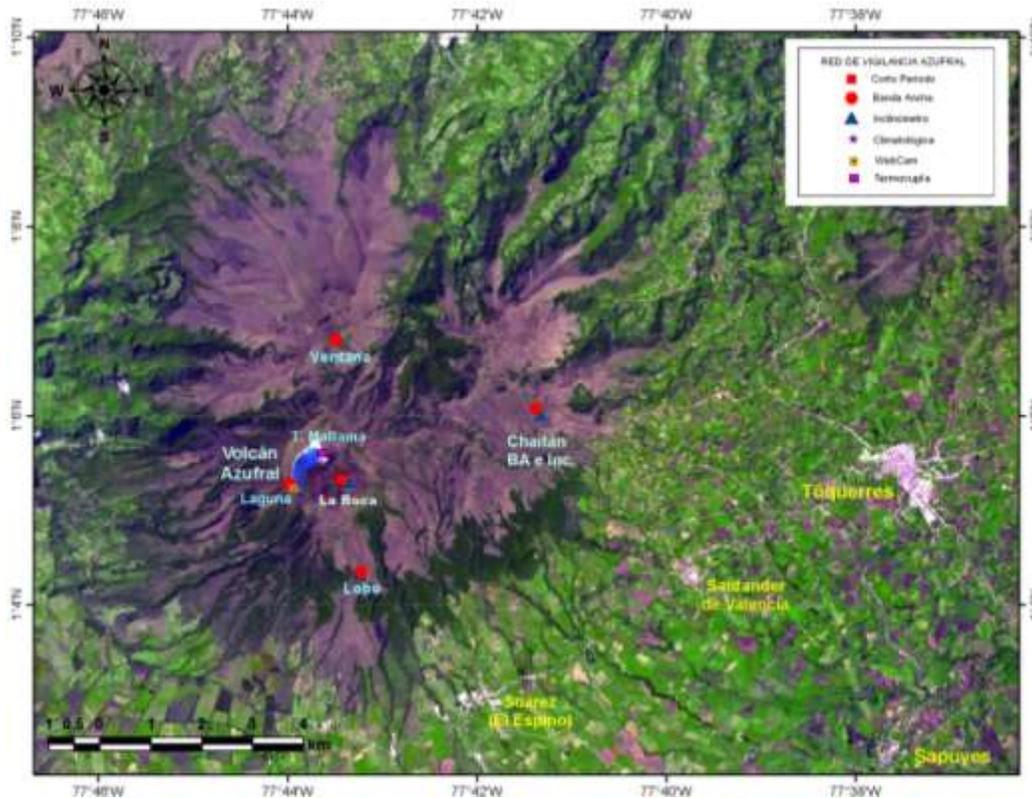
### 4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

#### 4.3.1. Red de vigilancia

Las estaciones para vigilancia sísmica del volcán Azufral son La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan además con inclinómetros electrónicos y Laguna con una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial (Figura 91, Tabla 23). Se tiene una estación climatológica cerca a la estación La Roca, la cual consta de sensores para medir velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica y radiación solar. También hay una estación de medición 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 (Figura 92).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de funcionamiento del 97% para este mes (Figura 93).



**Figura 91.** Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2015.

Tabla 23. Estaciones instaladas en el volcán Azufral.

| 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           |

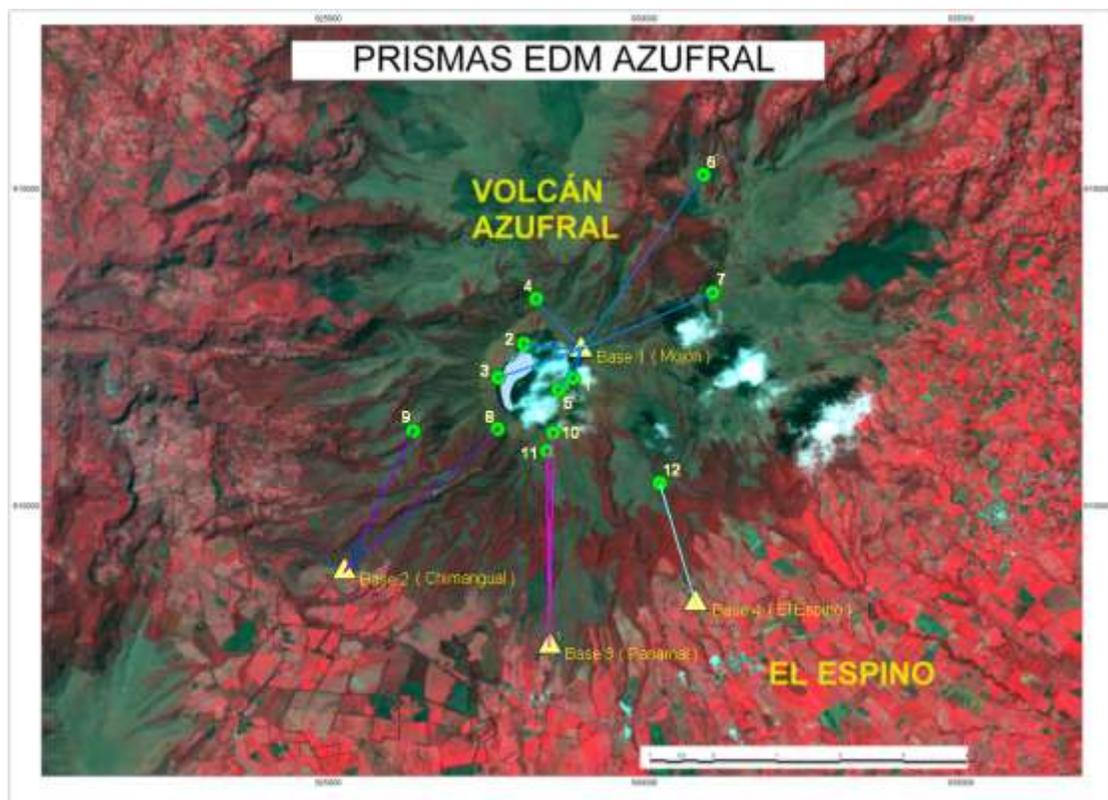
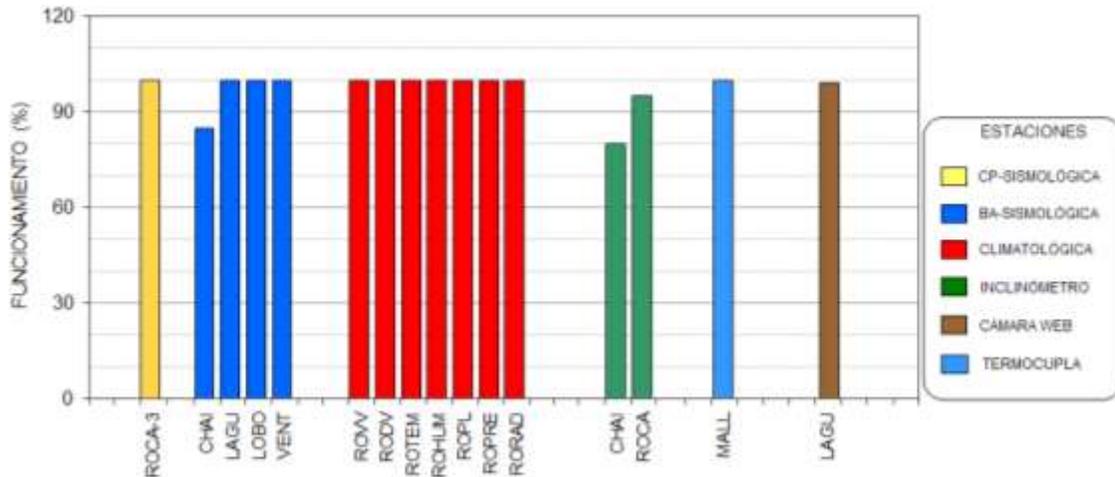


Figura 92. Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

#### 4.3.2. Sismología

La ocurrencia sísmica en Azufral continuó en niveles bajos y asociada con fractura de roca (VT). En comparación con el mes anterior se notó un leve descenso pasando de 9 a 7 sismos, de los cuales fue posible localizar 6 que se ubicaron dispersos en la zona de influencia de Azufral, en distancias

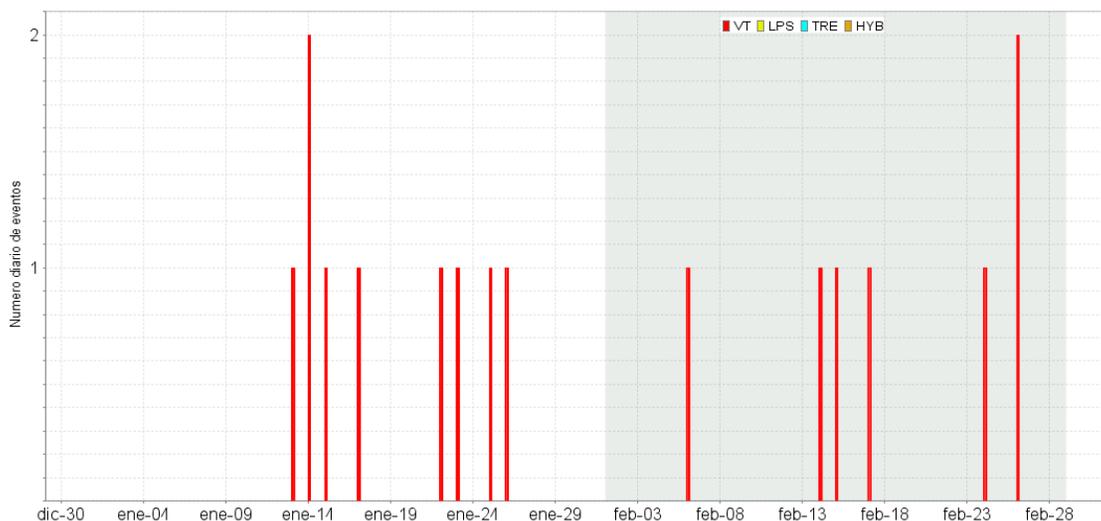
entre 2,5 y 8 km, profundidades entre 6 y 20 km y magnitudes locales entre 0,6 y 2,2 grados en la escala de Richter, ningún sismo se reportó sentido (Tabla 24, Figuras 94 y 95).



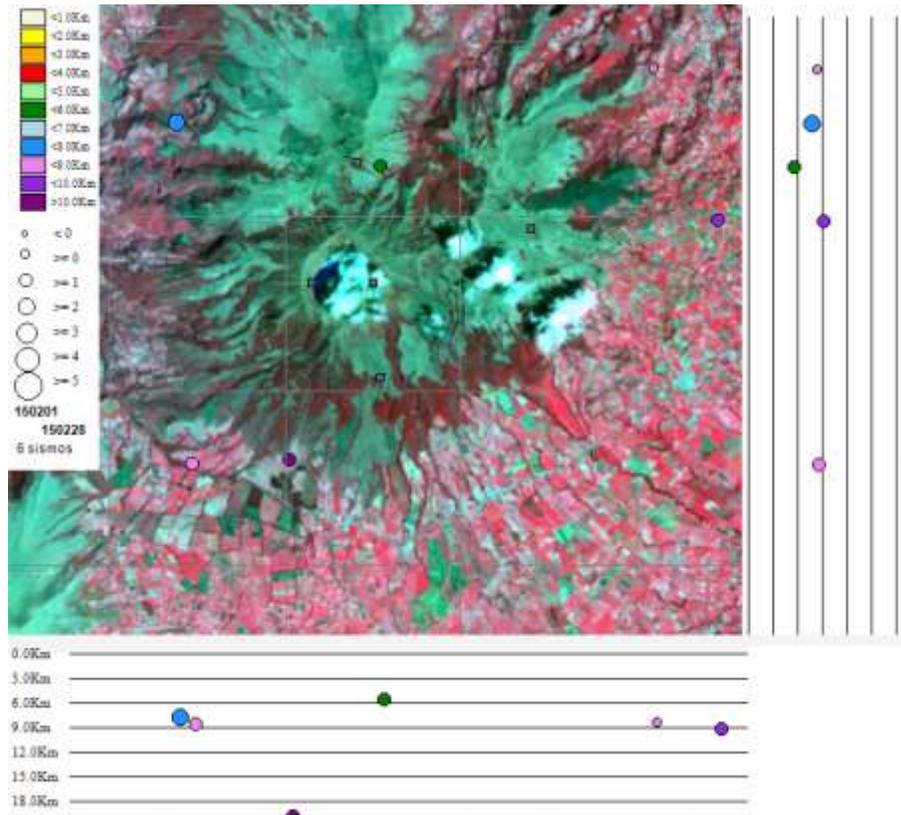
**Figura 93.** Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2015.

**Tabla 24.** Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral en enero y febrero de 2015, resaltando en gris el mes objeto de evaluación.

| Periodo Evaluado      | VT | LPS | TRE | HYB | VOL | Total |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 01-ene-15 a 31-ene-15 | 9  | 0   | 0   | 0   | 0   | 9     |
| 01-feb-15 a 28-feb-15 | 7  | 0   | 0   | 0   | 0   | 7     |



**Figura 94.** Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral en enero y febrero de 2015.



**Figura 95.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en febrero de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.

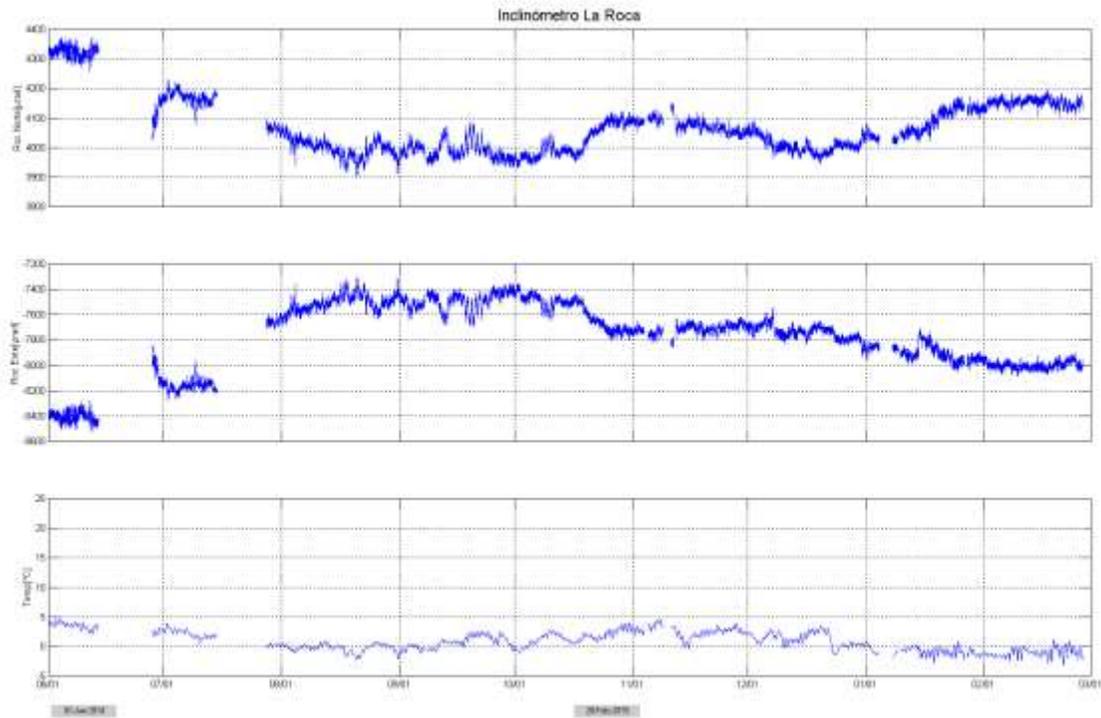
### 4.3.3. Deformación Volcánica

#### 4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

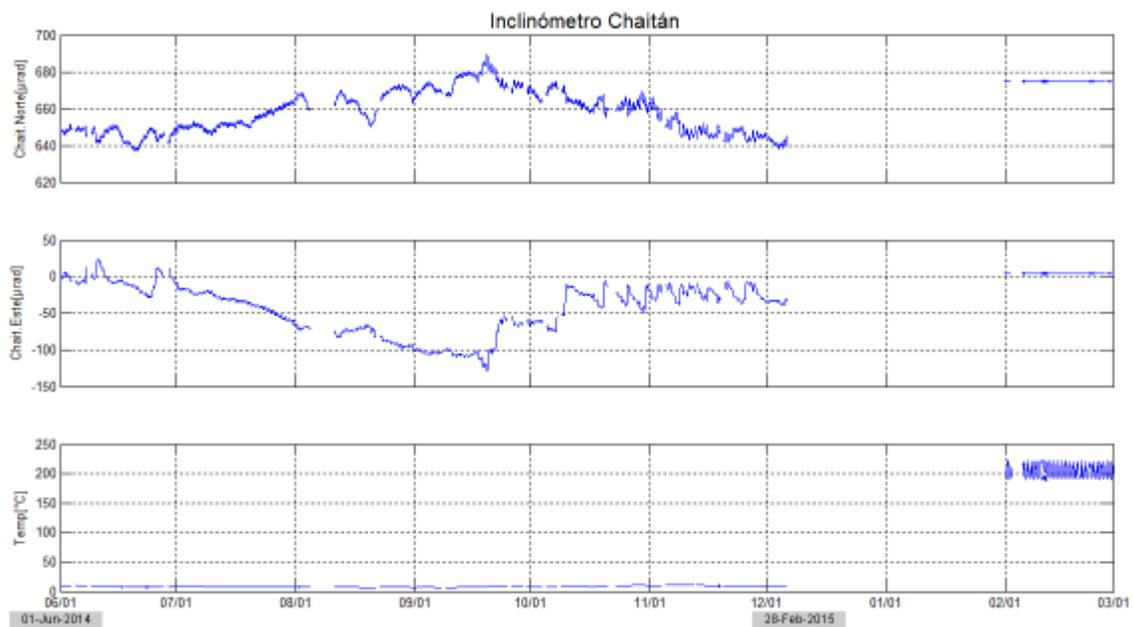
En cuanto a la deformación del edificio volcánico, se observó estabilidad en el registro de las componentes del inclinómetro La Roca (Figura 96). Con respecto al inclinómetro Chaitán no se observan variaciones en el periodo evaluado (Figura 97), es de resaltar que se cambió el sistema de telemetría debido al daño producido por una tormenta eléctrica, por lo cual se está trabajando en la respuesta instrumental.

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

Para el periodo evaluado no se realizó ocupación de las Bases definidas para este tipo de mediciones.



**Figura 96.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

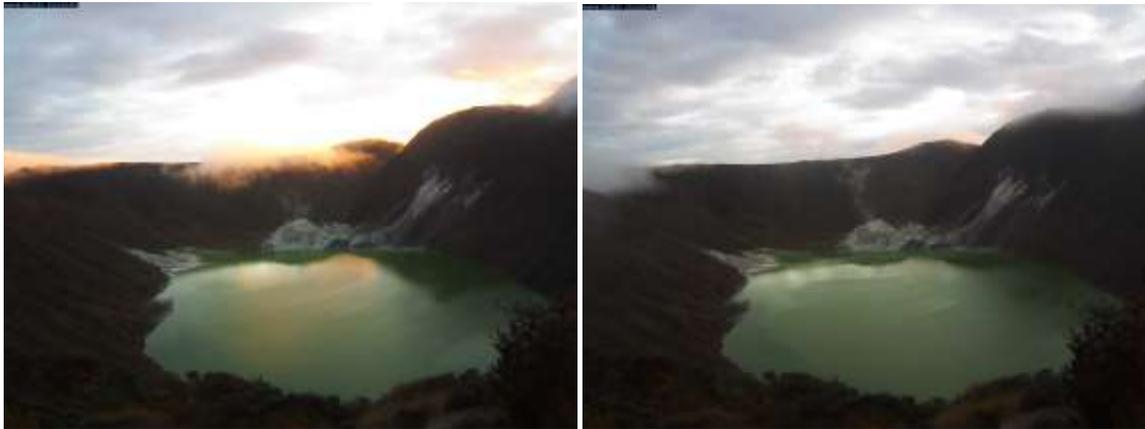


**Figura 97.** Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 28 de febrero de 2015.

#### 4.3.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 18, 20, 21, 23, 25, 26 y 28 de febrero de 2015 permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente de las fumarolas del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 98 a 100 se presentan algunas imágenes con procesos de emisión de gases en Azufral.



**Figura 98.** Emisión de gases desde el domo Mallama, 8 de febrero de 2015, 6:23 a.m. y 6:28 a.m.



**Figura 99.** Emisión de gases desde el domo Mallama, 10 de febrero a las 6:28 a.m. y 18 de febrero a las 8:48 a.m.



Figura 100. Emisión de gases del domo Mallama, 25 de febrero de 2015 a las 7:43 a.m.

#### 4.3.5. Conclusiones

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