

Informe de Gestión



Benjamin Bernard

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Presentación:

El 07 de Febrero de 1983, El Consejo Politécnico de la Escuela Politécnica Nacional, (máximo organismo institucional) resuelve: Crear en la Escuela Politécnica Nacional el Instituto Geofísico, quien orientará sus actividades a la Investigación y estudio de la sismicidad y riesgo sísmico del país y su incidencia en la construcción de obras civiles de infraestructura relacionada con la Ingeniería en base a investigaciones dinámicas y estructurales; y proporcionará la asistencia correspondiente en los aspectos académicos de la Politécnica y en la presentación de servicios requeridos sobre tales campos.

Por Decreto Ejecutivo Nro. 3593, publicado en registro Oficial del 20 de enero del 2003, recibe el Encargo del Estado Ecuatoriano, "... el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional.

Para cumplir con este encargo, el Instituto Geofísico – Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional, realizará las siguientes actividades:

- a) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red nacional de sismógrafos de los movimientos sísmicos ocurridos en el territorio nacional, así como el estudio e investigación de la sismicidad con fines de reducción del riesgo sísmico;
- b) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red de observatorios volcánicos de las erupciones ocurridas en el territorio nacional, así como el estudio de investigación del volcanismo activo con fines de reducción del riesgo volcánico; y,
- c) Identificación de amenazas volcánicas y sísmicas y preparación de los mapas de peligro respectivos.

El Instituto Geofísico funciona como una unidad ejecutora, lo que le permite un manejo administrativo y financiero desconcentrado. Cada año elabora su propio presupuesto, el mismo que es integrado al presupuesto institucional, el que luego de ser aprobado por Consejo Politécnico es enviado al Ministerio de Finanzas para su aprobación final.

En el aspecto legal, al formar parte de la Escuela Politécnica Nacional, está obligado a cumplir con la Ley Orgánica de Educación Superior Ley Orgánica del Servicio Público LOES, LOSEP, el Código de Trabajo, Estatuto Institucional y Normativos Internos de la EPN.

Plan Estratégico Institucional

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional IG-EPN; cuenta con un plan estratégico establecido, mismo que se encuentra alineado a los objetivos institucionales de la Escuela Politécnica Nacional, con los siguientes objetivos estratégicos:

- Ser referente regional de investigación en sismología y vulcanología.
- Incidir en las políticas de gestión de riesgo del Estado para propender al mejoramiento de la seguridad individual y colectiva de los ecuatorianos.
- Formar los mejores investigadores dentro de sus programas de posgrado relacionados a fenómenos sísmicos y volcánicos.
- Disponer de información en tiempo real al servicio de la sociedad y de la comunidad científica para así poder evaluar las amenazas sísmicas y volcánicas de forma efectiva.
- Participar en la educación nacional en lo referente a las amenazas sísmicas y volcánicas y así contribuir a la resiliencia de la sociedad.
- Desarrollar las capacidades de nuestros colaboradores para incentivar la creatividad y proactividad de todos.
- Disponer de las instalaciones propias, con una red monitoreo con cobertura óptima y con tecnología necesaria para brindar nuestros servicios.

Misión

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional es el organismo nacional responsable del diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos, contribuyendo a la reducción de su impacto negativo en el Ecuador. Se integra con diferentes actores de la sociedad nacional e internacional, informando a nivel nacional sobre las amenazas de eventos sísmicos y volcánicos. Consciente de su responsabilidad social y sobre la base de una investigación científica responsable, comunica a la sociedad los efectos y amenazas a los que son vulnerables los ciudadanos. Todo esto gracias a una red de monitoreo instrumental instalada en todo el país y a la experticia y compromiso de sus investigadores, técnicos y funcionarios.

Visión

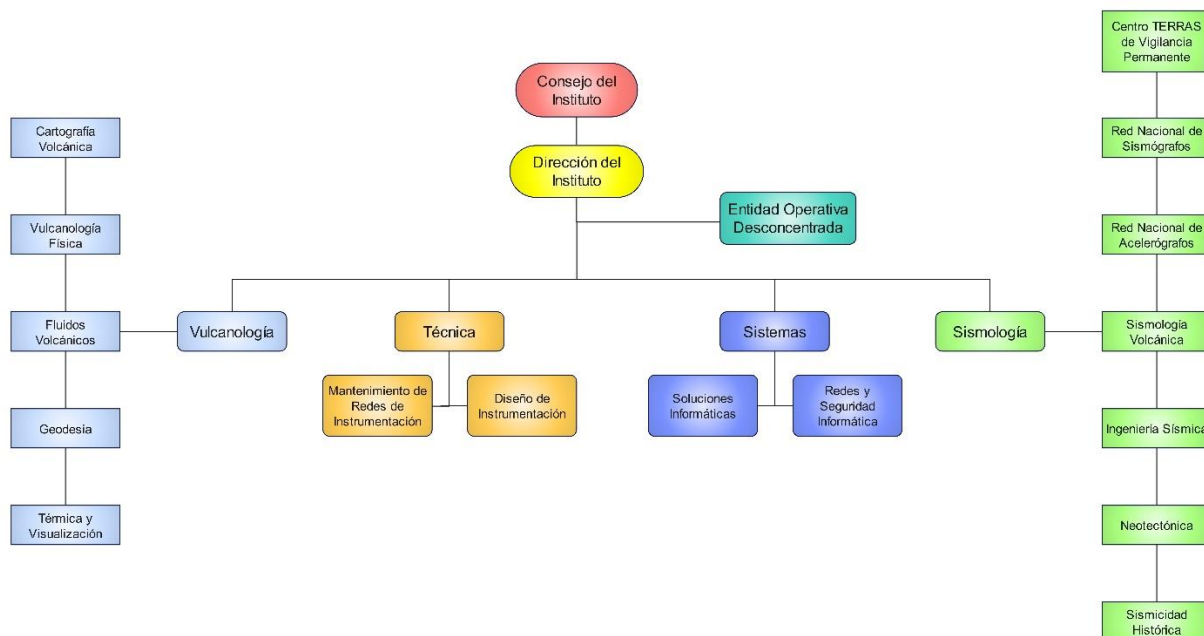
En el 2025 el Instituto Geofísico será un Instituto multidisciplinario de investigación de la Escuela Politécnica Nacional, eficiente y oportuno que vigila los fenómenos sísmicos y

volcánicos en el Ecuador. Dispondrá de información de calidad en tiempo real para evaluar de manera efectiva las amenazas sísmicas y volcánicas, al servicio de la sociedad y de la comunidad científica.

El IG-EPN será el referente regional de investigación en sismología y vulcanología sustentando su producción científica en la formación de los mejores investigadores dentro de sus programas de posgrado. Incidirá en las políticas del Estado para propender al mejoramiento de la seguridad individual y colectiva de la población y está involucrado en la educación nacional en lo referente a prevención de amenazas sísmicas y volcánicas contribuyendo a la resiliencia de la población.

Contará con una red de vigilancia con cobertura óptima y con la tecnología necesaria para brindar sus servicios. El trabajo será realizado en equipo potencializando las capacidades de nuestros colaboradores, apoyándonos mutuamente e incentivando la creatividad y proactividad de todos.

Organigrama



Organigrama del Instituto Geofísico

Contenido

Presentación:	1
Plan Estratégico Institucional	2
Trabajo realizado durante el 2023 por el IG-EPN	5
Área de Sismología	5
Área de Vulcanología	16
Área Técnica – Instrumentación	40
Área de Sistemas	62
Área Administrativa Financiera	78

Trabajo realizado durante el 2023 por el IG-EPN

Área de Sismología

Durante el año 2023, la Red Nacional de Sismógrafos y Acelerógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG-RENAC), localizó 3466 eventos de origen tectónico en el Ecuador (Figura 1) de los cuales 43 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLv (magnitud local).

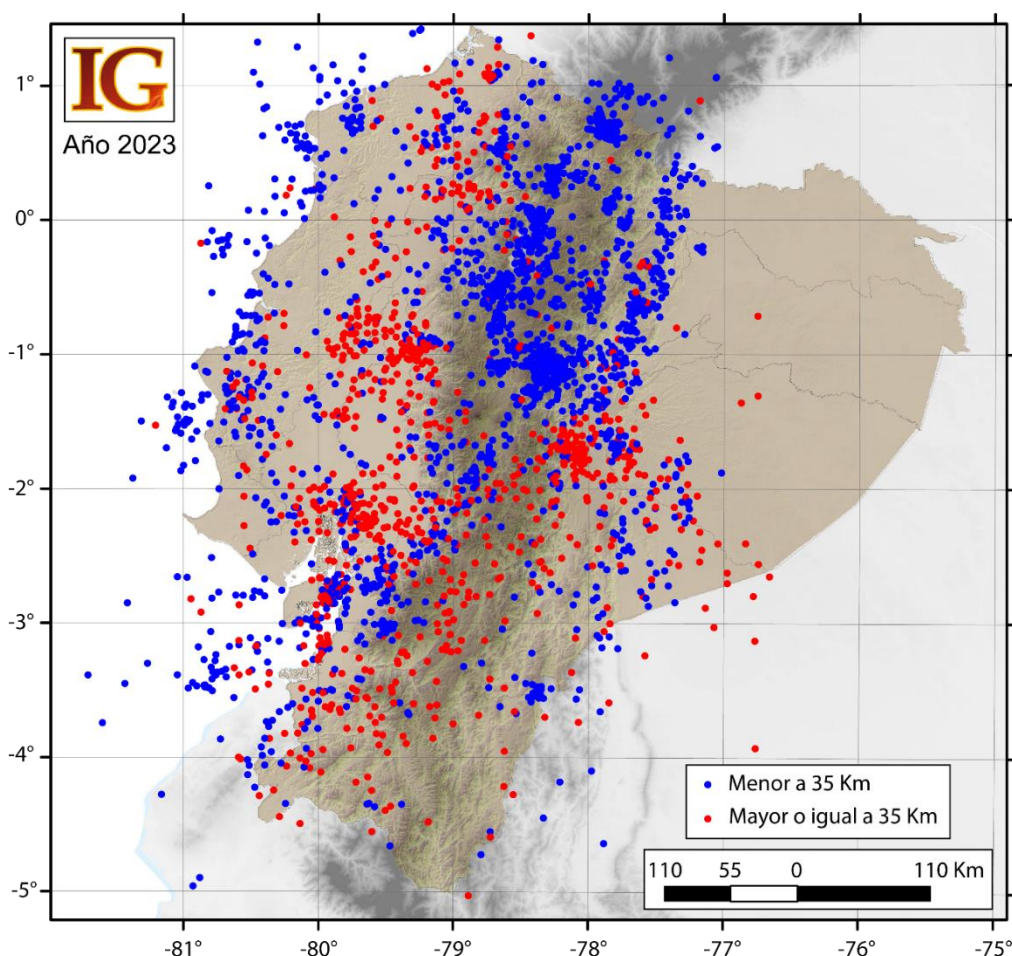


Figura 1. Eventos sísmicos localizados por la RENSIG durante el año 2023. Los sismos superficiales relacionados con las fuentes de la interfaz o con las fuentes corticales se muestran en color azul y los sismos relacionados con las fuentes profundas se muestran en color rojo. Consulta a la base: febrero 2024.

El número de sismos por mes osciló entre 180 el mes de julio y 452 el mes de marzo (Figura 2). El promedio fue de 288.83 ± 71.78 eventos por mes.

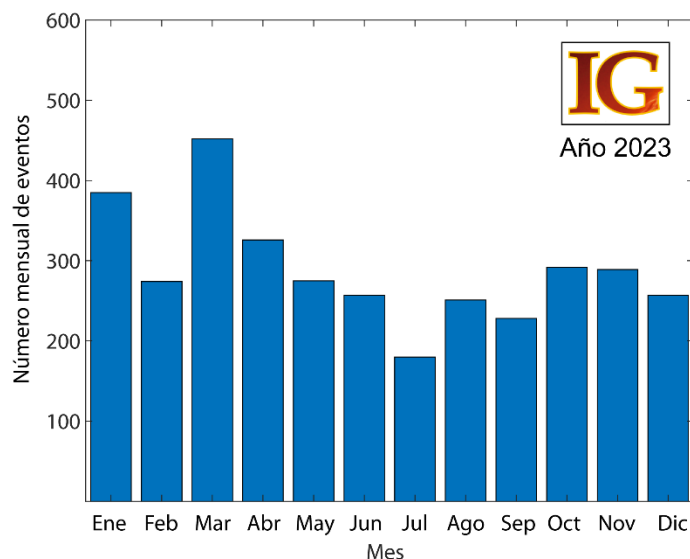


Figura 2. Número mensual de eventos localizados por la RENSIG-RENAC durante el año 2023. Consulta a la base: febrero 2024.

Durante el año 2023, el 73% de eventos tuvieron magnitudes menores a 2.25 MLv (Figura 3).

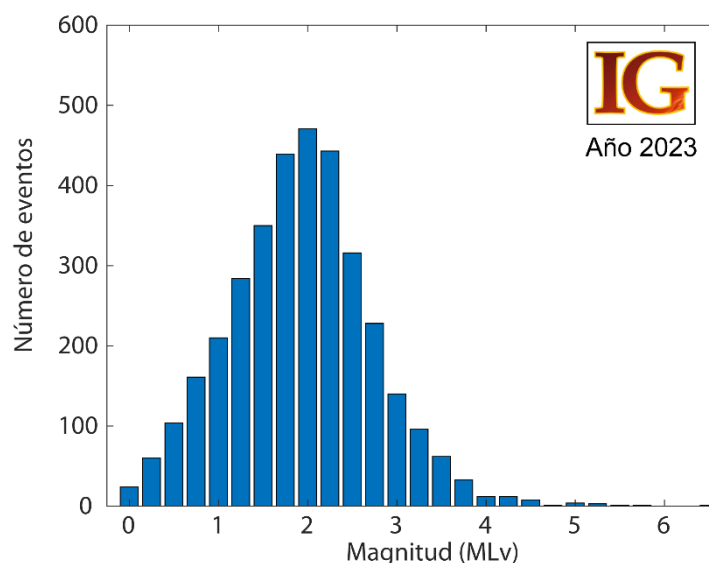


Figura 3. Distribución de las magnitudes de los eventos localizados por la RENSIG-RENAC durante el año 2023. Consulta a la base: febrero 2024.

La tasa de sismicidad fue constante. Una pequeña variación, observada en el mes de marzo, corresponde a un incremento en el número de sismos relacionado con la secuencia evento principal – réplicas del sismo de profundidad intermedia registrado el 18 de marzo en la zona del Golfo de Guayaquil (Figura 4).

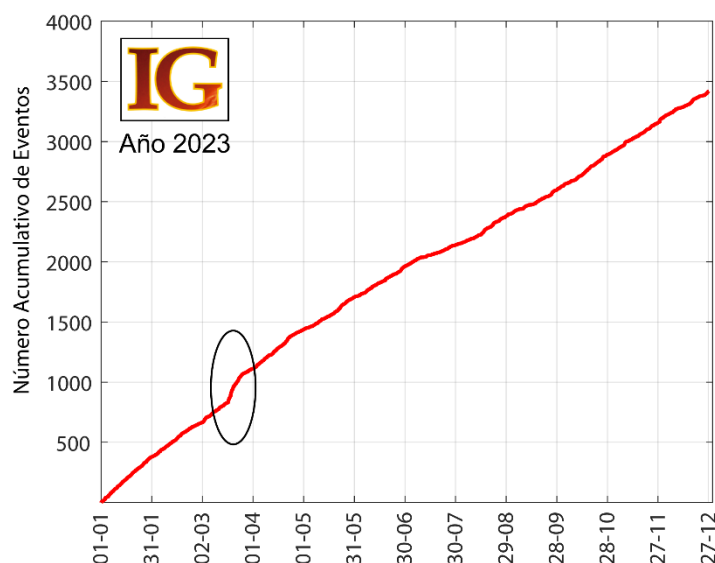


Figura 4. Curva acumulada de los eventos localizados por la RENSIG-RENAC durante el año 2023. Consulta a la base: febrero 2024.

En comparación a años anteriores, durante el 2023 se observó un número bajo de sismos de origen tectónico (Figura 5). Esto se debe a la ausencia de eventos grandes (secuencias evento principal – réplicas) o a la ausencia de enjambres sísmicos importantes durante este año. 43 eventos tuvieron una magnitud igual o superior a 4 y 10 eventos tuvieron una magnitud igual o superior a 5.

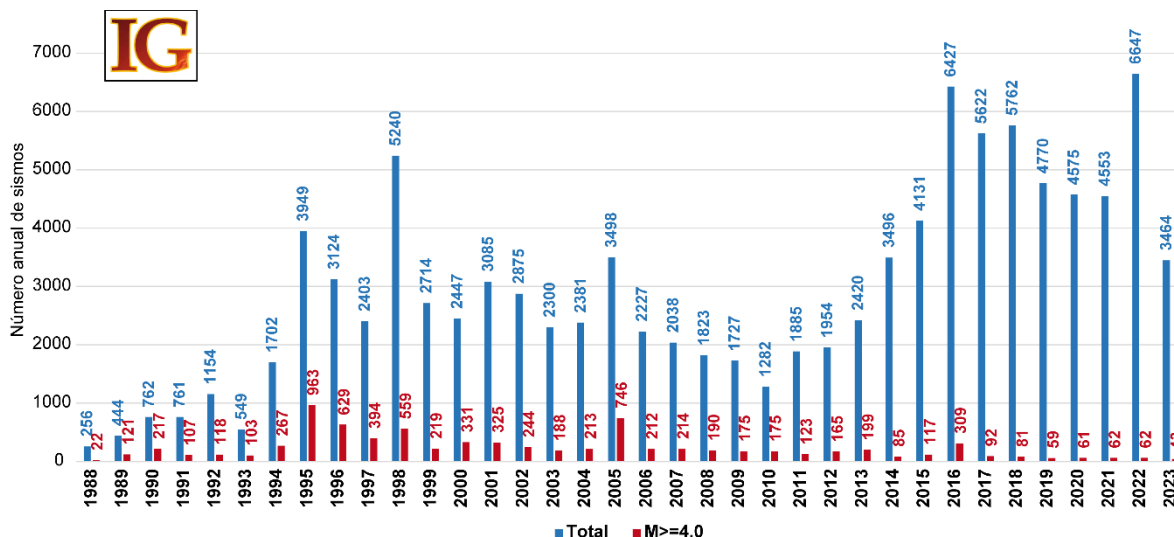


Figura 5. Número anual de eventos localizados por la RENSIG-RENAC desde el año 1988. Consulta a la base para los datos del año 2023: febrero 2024.

A continuación, se presenta los datos paramétricos de los sismos que superaron la magnitud 5 MLv (magnitud local), Tabla 1. Estos eventos, por su magnitud, se observan como saltos en la curva de energía o momento sísmico liberado durante el año 2023 (Figura 6). El evento más grande es el sismo de profundidad intermedia registrado el 18 de marzo en la zona del Golfo de Guayaquil.

No.	Tiempo de origen UTC	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud MLv	Magnitud Mw (preferida)
1	01/02/2023 21:14:57	-1.915	-81.379	1.03	5.22	4.53
2	18/03/2023 17:12:52	-2.799	-79.956	60.00	6.57	6.64
3	25/04/2023 05:35:58	-2.755	-79.883	59.65	5.55	5.26
4	08/05/2023 00:51:54	-2.635	-78.936	93.31	5.27	5.13
5	18/06/2023 09:10:28	-0.646	-77.679	18.00	5.14	4.91
6	27/06/2023 14:07:22	0.568	-80.079	16.75	5.36	5.10
7	04/08/2023 20:17:18	-5.247	-81.065	10.00	5.40	
8	21/08/2023 05:24:08	-3.176	-79.992	60.93	5.90	4.88
9	07/11/2023 03:33:43	-0.879	-79.249	20.03	5.21	4.98
10	22/11/2023 17:45:01	-2.210	-77.273	20.60	5.13	

Tabla 1. Parámetros de los sismos con magnitud MLv ≥ 5.0 durante el año 2023. Consulta a la base: febrero 2024.

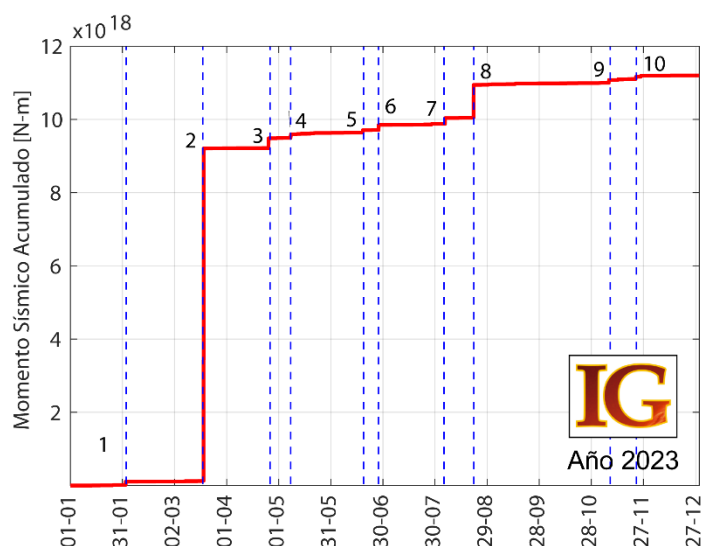


Figura 6. Energía o momento sísmico liberado durante el año 2023; los números corresponden a los presentados en la Tabla 1. Consulta a la base: febrero 2024.

Sismos significativos durante el año 2023

1. Sismos de profundidad intermedia en la zona del Golfo de Guayaquil

Los eventos de profundidad intermedia (~60 km) en esta zona ocurren en la parte superior de la placa oceánica que está en subducción bajo el continente, en fracturas (estructuras pre-existentes) de la placa oceánica.

En los últimos años, se han registrado varios eventos con profundidades y rupturas similares, por ejemplo, en noviembre de 2017, febrero de 2019 y octubre de 2022, con magnitudes superiores a 5 Mw.

El sismo más grande del año 2023 fue un sismo de este tipo. Ocurrió el 18 de marzo a las 13h15 TL con una profundidad de 60 km y magnitud 6.57 MLv – 6.64 Mw (magnitud preferida).

Este evento fue sentido de manera fuerte en: El Oro, Guayas, Manabí, Los Ríos, Chimborazo; de manera moderada en: Azuay, Bolívar, Cañar, Loja, Cotopaxi y de forma leve en: Pichincha, Imbabura, Esmeraldas (*Fuente: SGR*)

De acuerdo con los reportes y al trabajo de evaluación por parte de la SGR para el evento del 18 de marzo se registraron: 13 fallecidos, 126 heridos y 19 personas afectadas. En cuanto a estructuras, resultaron con problemas en diferentes grados: 50 viviendas, 17 unidades educativas, 31 centros de salud, 14 bienes públicos, 14 bienes privados y 1 puente (*Fuente: SitRep No. 2 – Sismo Balao, Guayas*).

Con reportes recibidos mediante la aplicación “¿Sintió el sismo?”, se determinó que, en la parte sur de la provincia de Guayas, en Machala, en Santa Rosa y en Huaquillas, la intensidad fue de 5-6 EMS (Escala macrosísmica europea: https://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Spanish.pdf).

Durante este evento se observaron casos de amplificación de las ondas sísmicas, es decir, dos puntos situados aproximadamente a la misma distancia del epicentro experimentaron aceleraciones diferentes, tal es el caso de dos estaciones en la zona de Machala:

- ACH1: registró una aceleración de 317.52 gales que corresponde a ~30% g
- ACH2: registró una aceleración de 148.50 gales que corresponde a ~15% g

Algo similar se observó en la ciudad de Guayaquil.

En la figura 7 se presentan los acelerogramas de varias estaciones cercanas al epicentro.

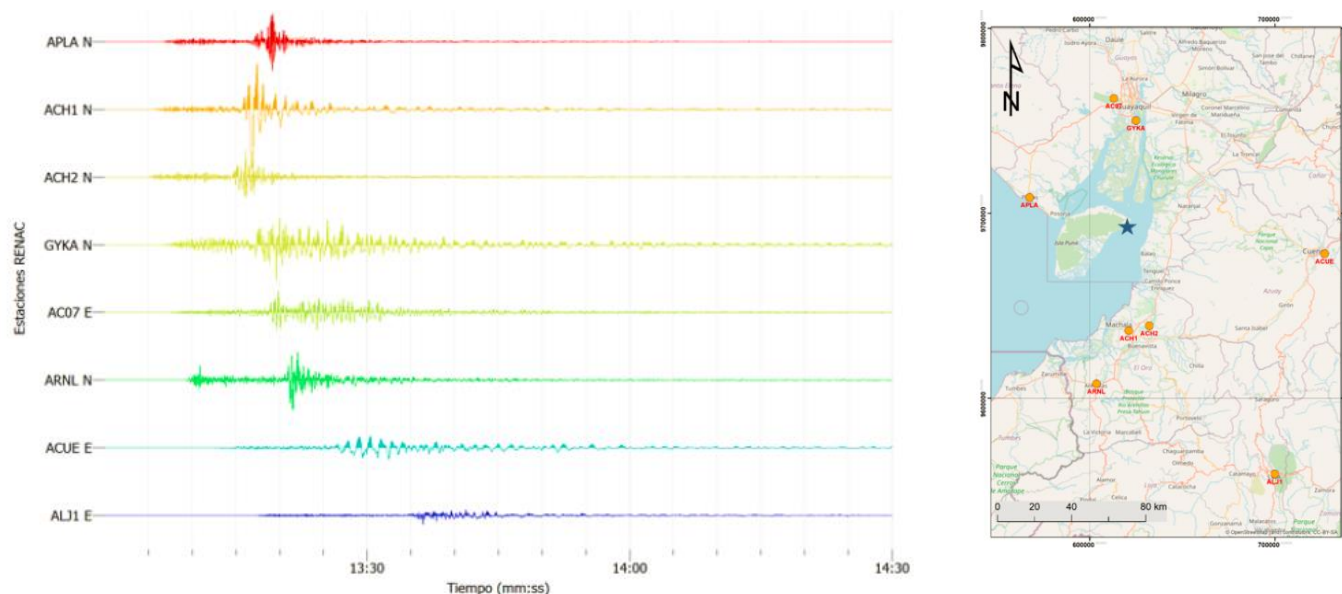


Figura 7. Acelerogramas de las estaciones más cercanas al epicentro.

El siguiente evento en esta zona ocurrió el 25 de abril a las 00h35 TL, con una profundidad de 59.65 Km y una magnitud de 5.55 MLv – 5.26 Mw (magnitud preferida).

Este evento fue sentido de forma moderada en la provincia de El Oro, en Cuenca, en Biblián y en Azogues, y de forma leve en el resto de Azuay, el resto de Cañar, en Guayas, en Loja y en Los Ríos (*Fuente: SGR*).

El tercer evento con una magnitud importante ocurrió el 21 de agosto a las 00h24 TL, su magnitud fue de 5.9 MLv – 4.88 Mw (preferida) con una profundidad de 60.93 Km. Este evento ocurrió más al sur de los eventos antes mencionados, fue sentido de forma moderada en las provincias de Azuay, Cañar, El Oro, Loja y en las poblaciones de Chambo y Guamote y de forma leve en el resto de la provincia de Chimborazo, en Bolívar, en Guayas, en Manabí y en Los Ríos (*Fuente: SGR*).

2. Sismo en La Maná

El 6 de noviembre a las 22h33 TL se registró un sismo con una profundidad de 20 Km y una magnitud 5.21 MLv – 4.98 Mw (preferida); el epicentro se localizó muy cerca de la población de La Maná. Alrededor de la zona epicentral se reconocen varias estructuras tectónicas según lo reporta Egüez et al. (2003). El extremo sur de la sección Valencia (estructura 43A, del mapa de pliegues y fallas del Ecuador), de la falla Valencia-La Maná, coincide con la localización del sismo (Figura 8).

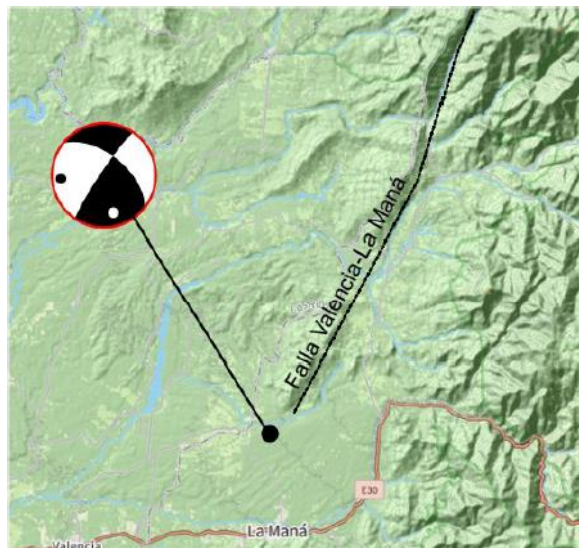


Figura 8. Esquema simplificado de la tectónica de la zona epicentral y su mecanismo focal (método MECAVEL). Base topográfica Openstreetmap.

De acuerdo con los reportes y al trabajo de evaluación por parte de la SGR para el evento del 6 de noviembre se registró: 1 fallecido, 17 personas afectadas, 6 familias afectadas. En cuanto a estructuras, resultaron con problemas en diferentes grados: 6 viviendas, 1 vivienda destruida, 24 unidades educativas, 4 centros de salud, 3 bienes públicos, 1 bien privado (Fuente: Sitrep No. 1 – Sismo 5.2 La Maná, Cotopaxi).

Trabajos de campo – colaboración e investigación

1. Participación en el reforzamiento de la vigilancia sísmica del volcán Cotopaxi con la instalación y modernización de estaciones del anillo externo: RUNA, COSE y PAS1 (Figura 9).



Figura 9. Mapa con las estaciones del anillo externo para la vigilancia del volcán Cotopaxi.

2. Instalación de la estación RAZO en la provincia de Carchi para mejorar la cobertura azimutal de la red que vigila la actividad del complejo volcánico Chiles-Cerro Negro y de la zona de Potrerillos localizada al SE del complejo (Figura 10).



Figura 10. Aspecto de la estación sísmica instalada en la zona de Potrerillos, provincia del Carchi.

3. Junio-julio 2023: Campaña para la recolección de datos de estaciones sísmicas permanentes y de un arreglo temporal en Fernandina y 1 estación permanente en Isabela.
4. Del 31 de octubre al 17 de noviembre de 2023: Un equipo del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IGEPN), la Universidad de Edimburgo (UoE), el Instituto Alfred Wegener (AWI), UNAVCO (ahora Earthscope Consortium), el University College de Dublín (UCD) y el Instituto de Estudios Avanzados de Dublín (DIAS), con el apoyo del Parque Nacional Galápagos (PNG), realizaron trabajos de campo sísmicos, geodésicos y vulcanológicos en los volcanes Sierra Negra y Fernandina. Los trabajos formaron parte del proyecto de investigación "Volcanismo de calderas Basálticas en las islas Galápagos, Ecuador: mecanismos de acumulación, almacenamiento y erupción del magma" con código PC-088-23 (Figura 11).



Figura 11. Trabajos de instalación y recolección de datos realizados en las islas Galápagos.

Área de Vulcanología

Durante el año 2023, el Área de Vulcanología ha mantenido la configuración de trabajo implementada en 2022 mediante subgrupos de vigilancia volcánica. Estos subgrupos son: Deformación, Gravimetría, Ceniza, Fluidos, Termografía y Lahares. En conjunto, se ha logrado cumplir con al menos con **94 comisiones de servicio**, cuyo propósito es la obtención de datos y vigilancia de actividad superficial en campo en los diferentes volcanes activos y en erupción, así como el mantenimiento de la red de vigilancia volcánica permanente. En comparación con el año pasado, la cantidad de comisiones se ha visto ligeramente por debajo del año pasado (126 comisiones en 2022), principalmente en función de que el personal del área tuvo que realizar turnos emergentes de vigilancia volcánica en apoyo al Centro Terras, ausencia de seguros para el personal y la falta de recursos a causa de la crisis económica a nivel Nacional a finales del año.

El personal del área de vulcanología ha efectuado la vigilancia de campo a los volcanes que se mantienen en erupción (El Reventador y Sangay), activos (Cotopaxi, Guagua Pichincha) y potencialmente activos (Cuicocha, Chiles-Cerro Negro) que presenten ocasionales estados de leve agitación (crisis sísmicas, emisiones gaseosas).

Durante 2023 el personal de vulcanología generó/revisó y publicó **al menos 8 Informes Especiales**, con la finalidad de comunicar a la población y autoridades, cambios relevantes en la actividad volcánica. Estos informes fueron emitidos principalmente asociados a la erupción del volcán Cotopaxi, iniciada el 21 de octubre de 2022 y que duró hasta mediados de año (mes de julio: última emisión de ceniza); el pulso eruptivo de mayor intensidad el mes de abril registrado en el volcán Sangay, y la crisis sísmica registrada en la zona del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro en marzo y agosto.

Así mismo, **103 informes de tipo “IGAlInstante”** fueron publicados durante 2023, con la finalidad de informar de manera inmediata eventos de ocurrencia de: lahares, anomalías audibles asociadas a la actividad del volcán Sangay, emisiones de ceniza, emisiones de gas, o eventos sísmicos anómalos en los diferentes volcanes. Dentro de este contexto, el área de vulcanología realiza turnos **24/7 de supervisión de la vigilancia volcánica efectuada por el Centro Terras**. El objetivo principal es conjugar la información recibida y procesada, con interpretaciones rápidas de la actividad volcánica para generar evaluación de la amenaza a corto plazo y gestionar la respuesta del Instituto Geofísico ante estos eventos anómalos. Los turnos, que constan de dos vulcanólogos, generan además informes diarios para los volcanes que se encuentren en erupción o con agitaciones en su actividad.

Los volcanes con informes diarios durante 2023 fueron: El Reventador (326 informes diarios), Sangay (326 informes diarios), Cotopaxi (257 informes diarios hasta el 14 de

septiembre), y Chiles (113 informes diarios hasta el 30 de junio). En total se generaron **1022 informes diarios de actividad volcánica** durante 2023.

Otros informes, tales como: informes semanales (13 informes) y mensuales (2 informes mensuales), son generados cuando la actividad volcánica desciende y no se requiere mayor frecuencia de información.

Durante el 2023 se ha logrado mantener en funcionamiento óptimo todas las redes de vigilancia, recolectar nuevos sets de datos para evaluación de la amenaza volcánica, así como establecer nuevos y mejorados protocolos de manejo de crisis.

Descripción de las actividades por grupo:

Deformación: Actualmente el IG posee alrededor de 85 estaciones geodésicas (**Fig. 12**), incluyendo las temporales post-terremotos y estaciones de monitoreo en tiempo real. A continuación, se detallan algunas de las actividades más relevantes de este grupo de vigilancia:

- 14 salidas de campo para mantenimiento de estaciones geodésicas y equipos de transmisión de datos en la costa ecuatoriana (Aproximadamente 30 estaciones), financiadas en gran parte por el IRD dentro del convenio con el IGEPN.
- Funcionamiento de la red nacional de geodesia RENGEO en más del 85%.
- Instalación de 4 nuevas estaciones GNSS en Manabí, las cuales están operativas.
- Proyecto de transferencia tecnológica para implementación de servidor de procesamiento de datos Real Time proyecto ECU911 para alerta de tsunamis, adquisición de equipos e instalación de software.
- Adquisición de 2 nuevas estaciones GNSS en el proyecto SGR-EPN.
- Adquisición de 2 licencias de software SARSCAPE para procesamiento de datos de INSAR
- Adquisición de un servidor tipo rack para procesamiento de INSAR.

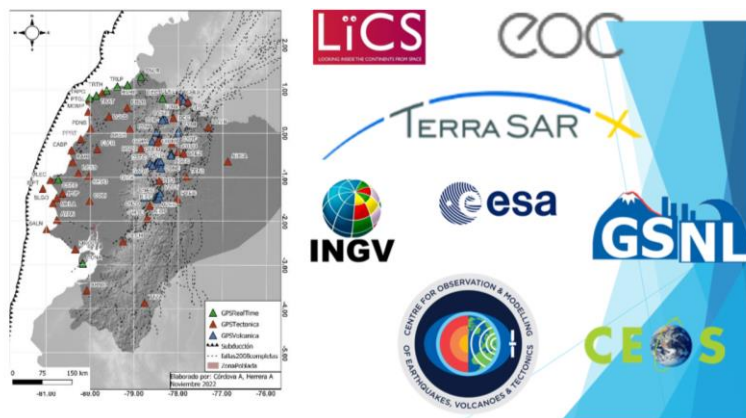


Figura 12. Red de vigilancia geodésica del Instituto Geofísico y colaboradores.

Gravimetría: La gravimetría es un método que se ha implementado de manera más robusta durante el 2022 (**Fig. 13**) y se ha mantenido durante todo 2023. Se lo utiliza principalmente en grandes sistemas volcánicos tales como Chiles - Cerro Negro, Potrerillos y Cotopaxi. A lo largo de 2023 se han realizado 6 campañas gravimétricas de vigilancia: 3 de ellas en Cotopaxi, y 3 en el Chiles – Cerro Negro. En cada una de estas campañas se realizaron al menos entre 11 y 12 ciclos de medidas. Un ciclo de medida consiste en realizar una medida en la estación base, para luego realizar todo el control de ida y vuelta en la zona de interés y retornar a realizar una nueva medida en la base. Gracias a esto se mantuvieron las Bases de datos de medidas relativas de gravedad para los volcanes Cotopaxi, Chiles-Cerro Negro y Potrerillos, y se presentaron gráficos de series temporales con datos de micro-gravimetría para los volcanes Cotopaxi, Chiles-Cerro Negro y Potrerillos como reportes de series temporales en la reunión semanal de volcanes.



Figura 13. Medidas gravimétricas realizadas en el volcán Chiles, provincia del Carchi (Foto: D. Sierra).

Lahares: Los lahares que se han detectado en la red de vigilancia del Instituto Geofísico han estado principalmente asociados a eventos en los volcanes: El Reventador, Sangay, Tungurahua y Cotopaxi. De estos, la mayoría responden a eventos generados en épocas del año con precipitaciones importantes, es decir, todos ellos corresponden a eventos de tipo secundario, por re-movilización de material acumulado en los flancos de un volcán (**Fig. 14**). Se han generado aproximadamente 24 informes mensuales de ocurrencia de lahares en los volcanes Tungurahua y Cotopaxi, 4 informes anuales correspondientes a los volcanes Cotopaxi, Tungurahua, El Reventador y Sangay e informes al Instante (IGalInstante) sobre la ocurrencia de estos fenómenos en los volcanes Cotopaxi, Tungurahua, El Reventador y Sangay. Los eventos laháricos más importantes se resumen a continuación:

Tungurahua: Durante el año 2023, se registraron lluvias de diferente intensidad en la zona alta del volcán mismas que generaron la ocurrencia de flujos de agua lodosa durante los meses de enero, marzo y junio. En total se registraron 6 eventos, todos ellos en la zona norte y noroccidental del volcán, en las quebradas de Vascún, Ulba y Palmaurcu. Todos estos eventos son provocados por las fuertes lluvias que removilizan el material suelto depositado en las quebradas del volcán.

Sangay: Los días 4 de marzo, 10 y 15 de noviembre el ECU-911 reportó la crecida del río Upano en el sector del puente que une a la ciudad de Macas con el Puyo. La vía sobre el lecho del río se inundó por el incremento de agua y sedimentos, y el acceso vehicular se restringió hasta reencauzar el río y la disminución del flujo de agua lodosa.

Cotopaxi: En el 2023 se registraron 5 días cuando ocurrieron flujos de agua lodosa registrados por la instrumentación. Fueron los días 9 y 23 de marzo en la quebrada

Tamboyacu, y 11 y 22 de abril y 18 de diciembre en Cutzulao, que desemboca en la quebrada de Agualongo, sector de la vía al refugio. Estos flujos fueron de tamaño pequeño con caudales entre 3,5 y 17,7 m³/s. El más voluminoso fue de 25 mil m³ y ocurrió el día 22 de abril 2023 en la quebrada Cutzulao con una duración de 2 horas.

El Reventador: El 22 de febrero 2023 se registró un evento lahárico de tamaño moderado en las estaciones sísmicas del volcán El Reventador. El flujo descendió por el río Reventador y causó afectación a la vía principal Quito – Lago Agrio. Al momento de formarse este flujo de lodo y escombros se reportaron fuertes lluvias en el sector del volcán. El lahar que bajó por el río Reventador tuvo un caudal máximo de 27.1 m³/s y un volumen aproximado de 68 mil m³.

De manera general, otras actividades de este grupo fueron:

- Estudio de flujos de lodo y escombros en el volcán Cotopaxi (Mapeo, granulometría, componentes, GPR).
- Secado, tamizaje, granulometría laser y análisis de componentes de muestras de sedimentos.
- Elaboración de modelos digitales de terreno y ortofoto mosaicos.
- Análisis topográficos para determinar optimizar la resolución del DEM para simular modelos dinámicos.
- volcán Cotopaxi (nuevas simulaciones).
- Libro animado sobre la propagación de los flujos.



Figura 14. Cierre del puente sobre el río Upano debido a las fuertes lluvias en la zona alta del volcán. Fotografía cortesía ECU-911 del 10 de noviembre de 2023.

Ceniza: El grupo de ceniza trabajó principalmente en: protocolos de vigilancia volcánica, trabajos de muestreo, análisis de laboratorio e investigación de las caídas de ceniza a nivel nacional (por ejemplo: Cotopaxi, Sangay y El Reventador, **Fig. 15**). Dentro de ello se destacan las siguientes actividades:

De manera general, otras actividades de este grupo fueron:

- Actualización del gráfico de estimación de alturas de las emisiones volcánicas en base a la temperatura de brillo.
- Capacitación sobre las emisiones de ceniza en Cotopaxi y revisión de alertas W-VAAC e imágenes GOES-16 asociadas.
- Presentación sobre la revisión de alertas W-VAAC y las imágenes GOES-16.
- Actualización de la hoja de cálculo para la medición de las alturas reportadas por la W-VAAC.
- Instructivo sobre la Recolección de Ceniza.
- Actualización del Manual de Procedimiento Simulación de dispersión y caída de ceniza y los insumos en formato .KML.
- Gráficos simplificados para los tiempos de arribo de la ceniza Cotopaxi, Sangay y Reventador.

- Elaboración de plantillas con los cantones, localidades importantes, provincias y aeropuertos para las imágenes GOES-16.
- Elaboración de: Manual de procedimiento – Mapa de dispersión de ceniza (AV).



Figura 15. Izquierda: Recolección de ceniza del volcán Cotopaxi en la prov. Cotopaxi, derecha: Limpieza paneles estación del volcán El Reventador (Foto: A. Vásconez).

Fluidos: El grupo de fluidos ha mantenido la red DOAS operativa la mayor parte del año. En el mes de marzo se realizó la instalación de una nueva estación DOAS permanente en el sector oriental del volcán Cotopaxi (TAMBO), con lo cual se cubre el flanco oriental del volcán. Adicionalmente, la estación MultiGAS permanente de la estación multiparamétrica NASA, fue cambiada de lugar. El nuevo lugar para esta estación es el Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro. En este nuevo sitio se consideró instalar la estación en la zona de Aguas Negras del cual se recuperan datos trimestrales de emisión de gas asociado a este complejo. Se generaron 12 informes mensuales de desgasificación (DOAS-SO₂) para el volcán Cotopaxi, así como un informe anual.

Se generó un informe asociado a las mediciones obtenidas con el equipo multigas durante los sobrevuelos en el volcán Cotopaxi y se realizó una comparativa con el procesamiento de los datos DOAS, cuyo objetivo final pretende un artículo sobre la vigilancia multiparamétrica realizada en el volcán (**Fig. 16**).

Proceso de Reapertura de Ascensos al volcán Cotopaxi: En conjunto con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), con la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), la Asociación Ecuatoriana de Guías de Alta Montaña (ASEGUIM) y los Operadores

turísticos (OPTUR), se realizaron charlas preventivas sobre los peligros en la cercanía de cráteres volcánicos Activos, así mismo se generaron documentos e infografías sobre la potencial afección de gases en altas concentraciones durante el acceso a la cumbre, enviadas oficialmente mediante el oficio **EPN-IG-EPN-2024-0018-O**, a pesar de que el oficio corresponde a 2024, este proceso se comenzó desde octubre, fecha en la que se cambió la alerta del volcán a Blanca.

Recomendaciones sobre descenso a las fumarolas del volcán Guagua Pichincha: En conjunto con la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR) y la comunidad encargada de la administración del Refugio del Volcán Guagua Pichincha, de la Parroquia de Lloa, se realizaron charlas preventivas sobre los peligros en la cercanía de cráteres volcánicos Activos y campos fumarólicos, así mismo se generaron documentos e infografías sobre la potencial afección de gases en altas concentraciones, y explosiones freáticas en la zona de los campos fumarólicos, enviadas oficialmente mediante el oficio **EPN-IG-EPN-2023-0081-O**.

De manera general, otras actividades de este grupo fueron:

- 12 sobrevuelos al volcán Cotopaxi para medición de gases volcánicos.
- 4 campañas de vigilancia de fluidos al volcán Chiles Cerro Negro.
- 4 campañas de vigilancia de CO₂ difuso y parámetros fisicoquímicos en la Laguna de Cuicocha.
- 1 campaña para inventariar nuevas fuentes termales en el volcán Quilotoa.
- 2 campañas de vigilancia de fuentes termales en Cotopaxi.
- 2 campañas de vigilancia de fuentes termales en Guagua Pichincha.
- 1 campaña de vigilancia de fuentes termales en Imbabura.
- 1 campaña de vigilancia de fuentes termales en Tungurahua.

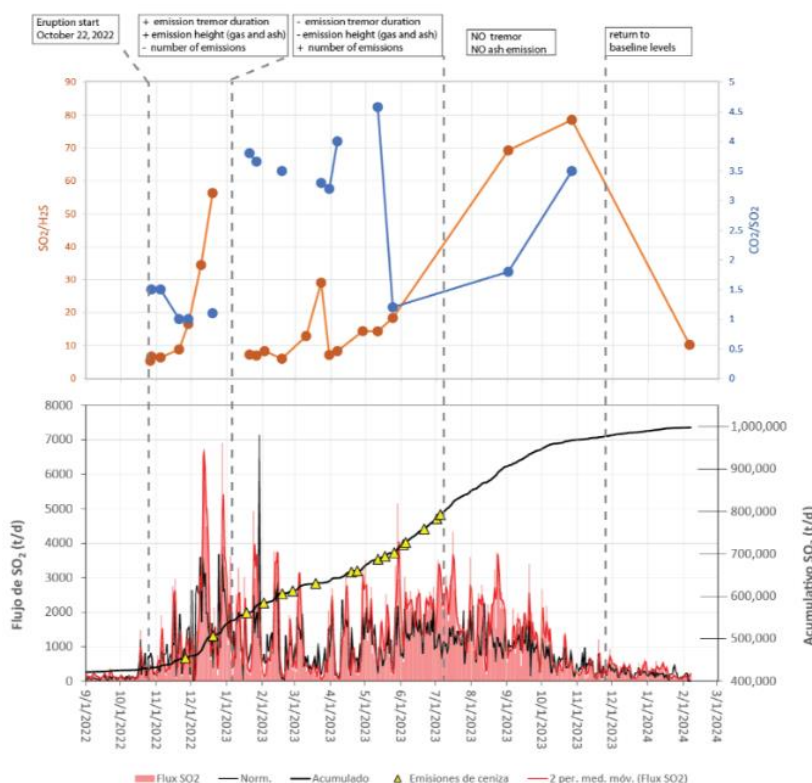


Figura 16. Datos obtenidos mediante MultiGAS (sobrevuelos) y su correlación con los datos DOAS (estaciones permanentes) durante la última erupción del volcán Cotopaxi.

Termografía: El grupo de vigilancia térmica realizó trabajos principalmente en los volcanes Cotopaxi, Chiles - Cerro Negro, Sangay y El Reventador. Los trabajos consistieron en la captura de imágenes térmicas en las labores de campo, así como la instalación de cámaras temporales de rango visible, donadas por el VDAP en la zona de El Hondón (Chiles – Cerro Negro), Azuela (El Reventador) y Sangay. Lamentablemente debido a la dificultad de conseguir helicóptero para el mantenimiento de las cámaras de vigilancia del volcán El Reventador, no se ha podido limpiar la vegetación en la cámara Copete, ni reestablecer el funcionamiento de la cámara térmica REBECA, que funcionó hasta mediados de febrero de 2023. La cámara IR de Sincholagua se ha mantenido operativa y se han presentado análisis frecuentes en la reunión semanal de volcanes.

Finalmente se realizó la preparación y envío de artículo científico a Frontiers: Twenty years of explosive-effusive activity at El Reventador volcano (Ecuador) recorded in its geomorphology: descripción cambios morfológicos 2002-2022, descripción actividad eruptiva 2002-2022, cálculos volúmenes y elaboración de perfiles, visualización de resultados.

De manera general, otras actividades de este grupo fueron:

- 12 sobrevuelos al volcán Cotopaxi.
- Habilitación de un nuevo punto de vigilancia visual (permanente) e infrarrojo (temporal) para el volcán Cotopaxi, desde el sector suroccidental desde el Centro de alpacas y turismo Wiracocha, cámara WIRA.
- Análisis de las imágenes térmicas desde la cámara del flanco norte del volcán Cotopaxi, a lo largo de todo el año y presentación en reuniones semanales (alrededor de 185000 imágenes IR).
- Una campaña para la vigilancia infrarroja del volcán Sangay, aunque las condiciones climáticas no fueron favorables, el 8-9 de agosto 2023 se pudo observar e identificar un importante flujo de lava descendiendo por el canal del flanco suroriental del volcán; además desde la confluencia con el río Upano, se observó la acumulación de sedimentos transportados por el río Volcán.
- 3 jornadas de medición de temperatura de las fuentes termales en Chiles – Cerro Negro.
- 2 visitas al borde del cráter del Guagua Pichincha para captura de imágenes térmicas.
- 2 descensos a la base del cráter para medición directa de temperatura con termocupla.
- 1 informe sobre las observaciones superficiales (visual, térmica) y cambios morfológicos de la actividad eruptiva de Cotopaxi. Este documento fue enviado al Ministro de Gestión de Riesgos. Este informe fue emitido con número de oficio **EPN-IG-EPN-2023-0051-O**, y en respuesta, la SGR con oficio **SGR-SGR-2023-1323-O**, DESTACA: ***“El informe técnico generado a partir de estos sobrevuelos no solo se convierte en un insumo valioso, sino también en un activo crítico para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades” ...***

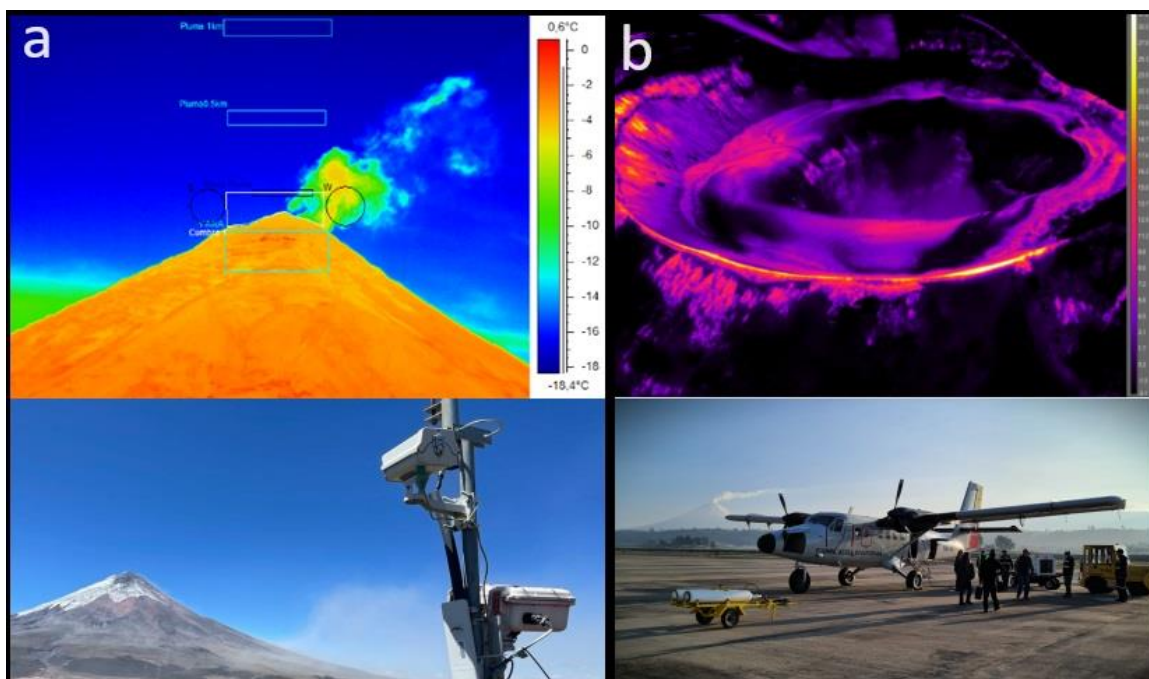


Figura 17. volcán Cotopaxi: a) Vigilancia térmica terrestre desde la Cámara RUMIÑAHUI IR. b) Vigilancia térmica del volcán Cotopaxi mediante sobrevuelos.

Extensión: capacitación, participación del personal de vulcanología en eventos nacionales e internacionales, y proyectos de vinculación.

La extensión es una de las tareas más importantes que posee el Instituto Geofísico, en este ámbito, los diferentes grupos de vigilancia se han enfocado en la enseñanza comunitaria. Diferentes estudios científicos y proyectos sobre peligro volcánico han sido acoplados a la nueva realidad, diferentes capacitaciones y seminarios virtuales se han llevado a cabo. De entre ellos se destaca la creación de informativos de fácil entendimiento (infografías) sobre peligros volcánicos. Se han realizado al menos **81 entrevistas a medios nacionales e internacionales** dentro de la coyuntura relacionada con el proceso eruptivo de los volcanes Cotopaxi, Sangay, El Reventador y de eventos sísmicos como el ocurrido en la Isla Puna; aunque también información sobre ordenamiento territorial y el seguimiento de otros procesos eruptivos relevantes en el mundo, como la erupción en Islandia. **38 charlas informativas** en diferentes eventos relacionados con la vigilancia volcánica, procesos eruptivos y ello, tanto para instituciones del sector público y privado. **14 eventos de asesoramiento técnico por parte del personal del IGEPN**, afines con la temática de actividad sísmica y volcánica. **14 visitas educativas a las instalaciones del IGEPN** por parte de los estudiantes de todos los niveles educativos: escuelas, colegios y universidades nacionales y extranjeras.

A continuación, se detallan algunos de ellos:

- Capacitación sobre: Peligros en las cercanías de cráteres volcánicos activos. Durante 2023, se brindaron estas charlas con el objetivo de capacitar a la gente involucrada en el turismo de montaña, refugios y tomadores de decisiones (SGR, MAATE) asociados al volcán Cotopaxi (Reapertura de ascenso a la cumbre) y Guagua Pichincha (Descensos no autorizados al cráter del volcán).
- Participación en el “Curso de Gravimetría en Monitoreo Volcánico”, organizado por el Servicio Geológico Colombiano (SGS) y la Asociación Latinoamericana de Geodesia Volcánica (GEOVOL), realizada en la ciudad de Pasto durante el mes de mayo del 2023.
- Proyecto académico de vinculación con la comunidad de San Agustín de Callo (provincia de Cotopaxi), para el análisis de la percepción de la comunidad ante la actividad del volcán Cotopaxi.
- FRINGE: Leeds, Inglaterra durante el mes de septiembre (11 – 15). 12th International Workshop on “Advances in the Science and Applications of SAR Interferometry and Sentinel-1 InSAR”.
- Presentación virtual en el IAVCEI 2023 Scientific Assembly, de la charla: Pulsatil lava activity at El Reventador volcano, looking through ground-based infrared and optical cameras. Participantes: S Vallejo, P Ramón, S Hernandez, G Pino, M Almeida, F Vasconez, J Córdova, I Tapa.
- Participación en el proyecto de Investigación de la Escuela Politécnica Nacional, PIM-20-01: Estimación de Parámetros y Modelización Computacional de Flujos de Lava de Volcanes Ecuatorianos.
- Participación en el proyecto de Investigación de la Escuela Politécnica Nacional, PIGR-22-03: Identificación automática de productos volcánicos como instrumento para la construcción de un sistema de alerta temprana. Clasificación de imágenes infrarrojas de emisiones observadas en el volcán Cotopaxi (10000 imágenes IR).
- Proyectos: Anticípate por el Cotopaxi (IG, PNUD, ECHO, CESA, CARE, Plan Internacional) (ET, AV, BB), Vulnerabilidad de la Agricultura y Ganadería a las Caídas de Cenizas de los Volcanes Tungurahua y Sangay (IG y Pierre Delmelle).
- Material de Divulgación: Folleto Cotopaxi, español y kichwa (IG-PNUD).
- Proyecto semilla: Estudio Multidisciplinario de Lagos Cratéricos en el Ecuador – EPN. Cuyo objetivo es: Determinar la actividad de base de estos dos sistemas volcánicos utilizando métodos interdisciplinarios de última generación para restringir las condiciones previas a un periodo eruptivo y determinar el nivel actual de actividad interna.
- Reunión de Buenas Prácticas para Observatorios Volcánicos (VOBP por sus siglas en inglés) celebró su quinta edición entre el 12 y el 18 de noviembre de 2023 en Pucón, Chile. Este evento, cofinanciado por el Programa de Asistencia de Desastres Volcánicos VDAP del servicio Geológico de Estados Unidos (VDAP, USAID, USGS) y el Instituto

Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) de Italia, reunió a representantes de al menos 25 naciones del mundo para discutir sobre metodologías recomendadas para la comunicación (**Fig. 18**).

- Elaboración conjunta del “**PROTOCOLO TÉCNICO PARA EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DE ESTADOS DE ALERTA POR ACTIVIDAD VOLCÁNICA – VOLCÁN COTOPAXI, VERSIÓN 1.0**”, entre el Instituto Geofísico de la EPN y con la Secretaría de Gestión de Riesgos.

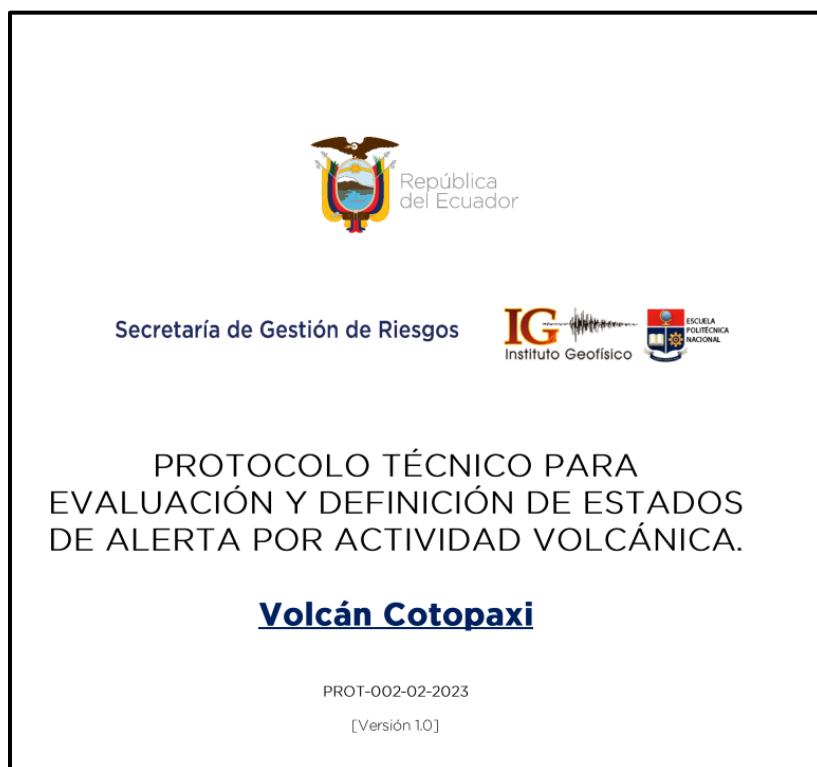


Figura 18. Portada del primer protocolo para el volcán Cotopaxi.

Mantenimiento de las bases de datos

- La base de datos de parámetros físico – químicos, así como de análisis químicos de aguas y fuentes termales se mantiene actualizada.
- Se ha creado la base de datos de alturas de columnas de emisión de campos fumarólicos en el volcán Guagua Pichincha desde 2017.
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de emisión de ceniza de la Washington VAAC, Química de ceniza, cenizoteca, tamizaje-granulometría, densidad y simulaciones diarias.
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de ocurrencia de lahares en los volcanes.

- Se mantiene actualizada la base de datos termográfica permanente: Guagua Pichincha, Cotopaxi y El Reventador.
- Se mantiene actualizada la base de datos geodésicos.

Eventos volcánicos (erupciones o agitaciones)

Gracias a la recopilación, procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante 2023 por la red de vigilancia volcánica, así como la implementación de recopilación de datos satelitales, se han podido manejar de forma adecuada los diferentes eventos asociados a la actividad volcánica. Siendo los más relevantes:

Erupciones

Actividad eruptiva continua en el volcán Sangay (pulso eruptivo del mes de abril)

Comenzó en el mes de mayo de 2019, siendo catalogada como una de las más intensas registradas en este volcán durante los últimos 21 años. Durante 2023, el 20 de abril, a partir de las 22h00 tiempo local (TL), las estaciones sísmicas de la RENSIG detectaron tremor de emisión correspondiente a un pulso eruptivo del volcán Sangay. Esta señal alcanzó tres picos de actividad, un primer pico a las 23h16 TL, un segundo -más fuerte que el anterior- a las 00h52 TL y un último pico de menor intensidad a las 02h50 TL. Luego la actividad bajó gradualmente hasta desaparecer cerca de las 04h00 TL del 21 de abril, lo cual indica una duración total del evento de cerca de 6 horas. Posteriormente, a las 11h50 TL se observó otro pulso de actividad, pero menor que los anteriores. Las columnas de ceniza correspondientes a esta erupción alcanzaron alturas de hasta 9 km sobre el nivel de la cumbre (14,3 km snm) y por la dirección de los vientos hacia el occidente han provocado caída de ceniza leve a moderada en las provincias de Chimborazo (cantones Guamote y Pallatanga), Bolívar (cantón Chillanes), Los Ríos (cantones Montalvo, Babahoyo y Baba) y Guayas (cantones Salitre, Bucay, Juján, Simón Bolívar) (**Fig. 19**). Este pulso eruptivo es de menor intensidad comparado con los pulsos eruptivos de septiembre 2020 y marzo 2021. En base a los datos compilados, se estima que su índice de explosividad volcánica (VEI, por sus siglas en inglés) fue de 2 en la escala que va de 0 a 8 (Newhall y Self, 1982); lo que lo clasifica como una erupción pequeña. Es importante recordar que estos eventos son comunes en el volcán Sangay, desde 2019 y que los principales fenómenos que pueden, eventualmente, afectar a la ciudadanía son, la caída de ceniza y lahares secundarios en caso de que ocurran lluvias fuertes en la zona alta del volcán.

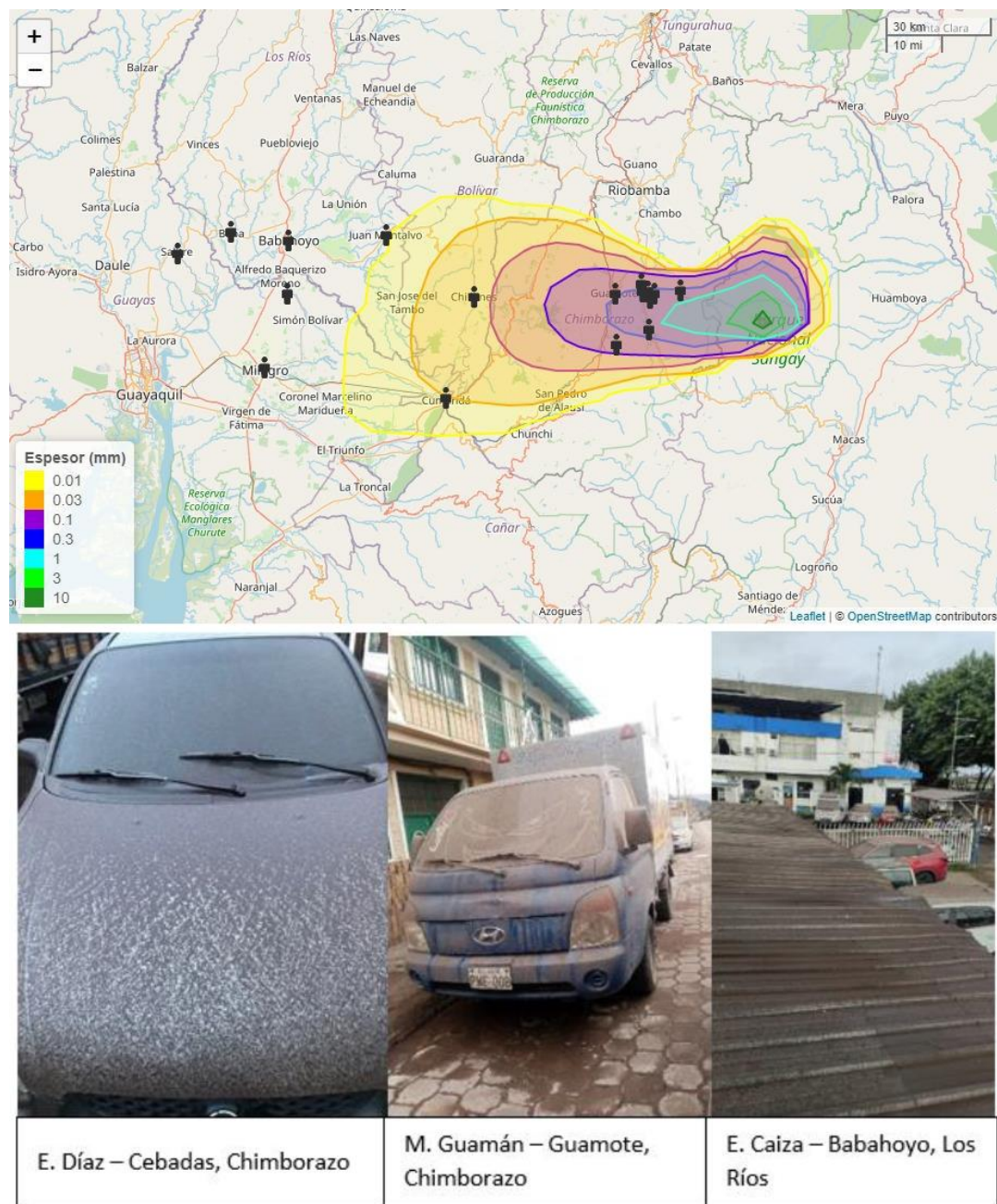


Figura 19. Arriba: Resultado de la simulación de caída de ceniza de Ash3D basada en la observación de las erupciones de la noche del 20 y madrugada del 21 de abril 2023 (altura de 9 km sobre la cumbre, duración de 2,5 horas y un volumen de 0,0024 km³). Los polígonos indican el espesor de la caída de ceniza según la simulación en milímetros. Las figuras negras indican las localidades desde las cuales se reportó caída de ceniza. Abajo: Fotos enviadas por integrantes de la Red

de Observadores Volcánicos (ROVE). Sobre las consecuencias de la caída de ceniza, el día de hoy 21 de abril 2023.

Actividad continua del volcán El Reventador

Este volcán se ha mantenido en erupción durante todo el 2023 (**Fig. 20**), desde 2002. En particular la actividad de El Reventador no suele causar mayores estragos en lo referente a emisión de ceniza o lahares, sin embargo, ocasionalmente pequeñas caídas de ceniza alcanzaron pequeñas zonas pobladas. Durante el año 2023, el volcán El Reventador mantuvo su actividad interna moderada y una actividad superficial entre alta y moderada. Característicamente a nivel superficial estuvo dominada por emisiones de ceniza pequeñas de corta duración y de corto alcance, que raramente causaron caída de ceniza en poblados cercanos en las provincias de Napo y Sucumbíos. Además, los sistemas satelitales reportaron pocas anomalías térmicas, principalmente ubicadas en el cráter del volcán. Finalmente, las medidas de dióxido de azufre registradas en estaciones fijas y satélites se mantienen en los niveles de base.

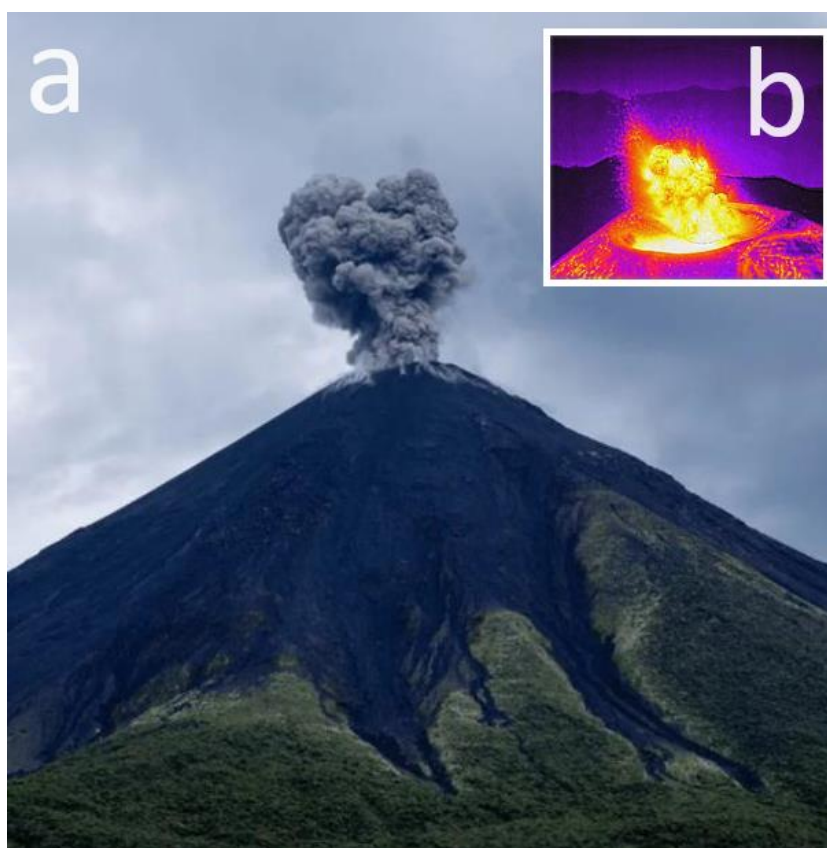


Figura 20. Fotografía (a) de una emisión de ceniza con menos de 500 m de altura sobre el cráter, y en el recuadro (b) una imagen térmica de una explosión del

volcán obtenida con DRON. La fotografía fue capturada desde el este-sureste el día 27/10/2023 (Fotografía e imagen: A. Vásquez - IG-EPN).

Continuación y fin de la erupción del volcán Cotopaxi

El 21 de octubre del 2022, el volcán Cotopaxi inició un periodo eruptivo que se extendió por más de 9 meses. Durante este periodo, el fenómeno eruptivo más frecuente fue la emisión de ceniza, vapor de agua y gases. La actividad fue más intensa entre diciembre de 2022 y febrero de 2023, cuando se registraban hasta diez emisiones de ceniza por semana, la mayoría de ellas de baja altura (<1 km sobre el nivel del cráter) y con bajo contenido de ceniza. Como consecuencia se registraron varias caídas de ceniza en las inmediaciones del Parque Nacional Cotopaxi (PNC), no obstante, en ocasiones el alcance fue mayor, llegando a zonas pobladas en los cantones Latacunga, Mejía, Rumiñahui y Quito. Sin embargo, desde finales de febrero de 2023, se observó un paulatino descenso en las tendencias de los parámetros de vigilancia del volcán Cotopaxi, tanto en la actividad interna como en la superficial. A nivel interno, el cambio estuvo marcado principalmente por una disminución en la cantidad de sismos y una desaceleración en los patrones de la deformación. A nivel superficial, el descenso de actividad se vio reflejado en la disminución del número de emisiones de ceniza y de la masa de ceniza emitida. Así como en la altura de las columnas de emisión de vapor de agua y gases. La última emisión de ceniza se registró el 6 de julio de 2023.

En base a la disminución observada en los parámetros de vigilancia, la actividad del volcán se catalogó como de nivel BAJO con tendencia sin cambios tanto a nivel SUPERFICIAL como a nivel INTERNO, según el informe especial Nro. 5 de octubre de 2023 (ver link: <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/2083-informe-volcanico-especial-cotopaxi-n-2023-005>).

Finalmente, los cambios a nivel superficial en el volcán fueron importantes, principalmente en la morfología de su cráter y el glaciar interno: Se observó el apareamiento de una red de drenajes, hacia el lado norte del cráter, como producto del derretimiento del glaciar circular (dona), en algunos sitios la erosión generada por el agua en circulación mostró que este es un proceso continuo posiblemente ocasionado por las altas temperaturas al fondo del cráter, observadas en dos de los sobrevuelos efectuados en 2023. La zona caliente se mostraba como una estructura rocosa de superficie circular, más o menos ubicada a una profundidad de 120 – 150 metros y con una temperatura máxima aparente de 227 °C para el 17 de mayo y de 173 °C para el 01 de septiembre (**Fig. 21**).

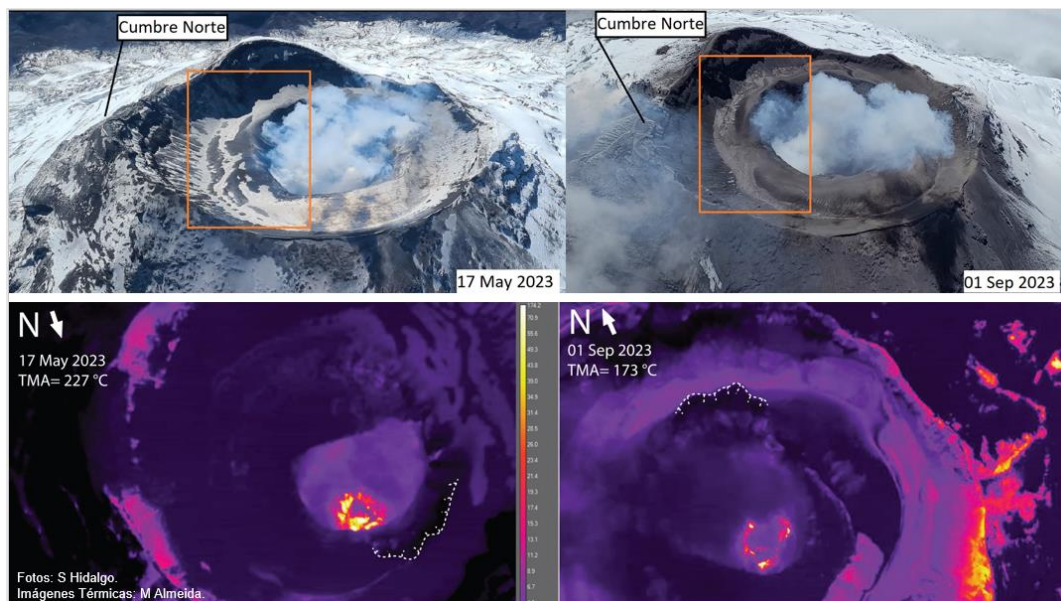


Figura 21. Cambios morfológicos observados durante los sobrevuelos al volcán Cotopaxi en mayo y septiembre de 2023, observados a través de las fotografías de rango visible e infrarrojo obtenidas durante los sobrevuelos del 17 de mayo y 01 de septiembre de 2023. Fotografías: S Hidalgo, Imágenes Térmicas: M Almeida - IGEPN.

Agitaciones

Enjambres sísmicos del mes de marzo y agosto en el Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro

Durante el 2023, al menos en dos ocasiones el Chiles – Cerro Negro presentó etapas de agitación sísmica. Con base en los dos informes especiales generados, estas se resumen a continuación:

Agitación del mes de marzo

El 9 de marzo de 2023 se registró un nuevo incremento en la actividad sísmica del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro (**Fig. 11**). Esta actividad estuvo caracterizada por un enjambre de sismos de tipo volcanotectónico (fracturamiento de rocas). Se registraron más de 63.000 eventos, catalogando a su nivel de actividad interna como moderado. El sismo de mayor magnitud ocurrió el 01 de abril de 2023 a las 11H11 (TL), el cual alcanzó una magnitud de 3.7 MLv. Los epicentros de este enjambre sísmico se encontraron en el flanco sur del Chiles, zona donde, además, se observó deformación superficial. Los resultados de las jornadas de campo realizadas en marzo de 2023, en las fuentes termales, también

mostraron valores altos de concentración de los gases CO₂ y H₂S, lo que implicó una perturbación del sistema hidrotermal.

Agitación del mes de agosto

El 5 de agosto del 2023 se registró un nuevo enjambre de sismos bajo la zona del Chiles – Cerro Negro (**Fig. 22**). Los sismos de mayor magnitud dentro de este nuevo pulso ocurrieron el 6 de agosto a las 00h04 (TL), alcanzando una magnitud de 3.4 MLv (magnitud local) y el 7 de agosto a las 19h04 una magnitud de 3.7 MLv, eventos que, de acuerdo con reportes recibidos, fueron sentidos en la zona. Esta actividad fue una continuación de la sismicidad que se ha registrado en 2023 desde el mes de marzo y que tuvo un descenso en junio, contabilizándose aproximadamente 176.000 eventos.

Cabe mencionar que en esta zona desde el primer trimestre del 2013 se han registrado enjambres sísmicos con elevado número de eventos sísmicos, la mayoría de ellos de magnitudes pequeñas. En ocasiones anteriores, estos enjambres han sido seguidos de sismos de mayor magnitud, tal como ocurrió el 25 de Julio de 2022 con un sismo de magnitud 5.6 Mw.

Sin embargo, en ninguna de estas dos agitaciones se recibieron reportes de afectación a edificaciones. Así mismo, en cada una de las visitas realizadas por el área de vulcanología, el personal técnico realiza visitas informativas al presidente de la junta parroquial de Tufiño.

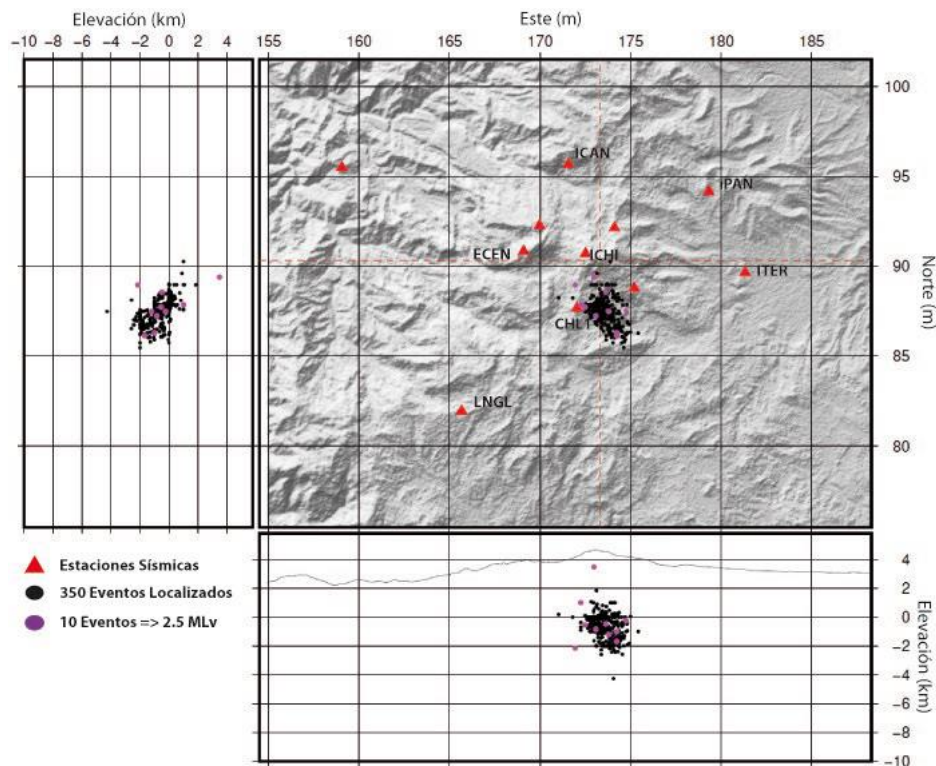


Figura 22. Mapa de localizaciones de los eventos ocurridos en la zona del CV Chiles – Cerro Negro, en el año 2023. Los triángulos rojos representan las estaciones sísmicas del IG-EPN y del Observatorio de Pasto en Colombia (OVP). Los círculos negros representan la sismicidad registrada entre el 5 y 6 de agosto de 2023 y los círculos morados representan los eventos con magnitudes $\Rightarrow$ 2.5MLv.

Enjambres sísmicos y emisiones de gas en el Volcán Guagua Pichincha

El volcán Guagua Pichincha ha mantenido niveles bajos y muy bajos de actividad a nivel interno y superficial durante 2023.

Sin embargo, algunas anomalías en su actividad han sido identificadas dentro de los parámetros de vigilancia. A nivel superficial, en el mes de diciembre se han registrado los mayores valores de altura de las columnas de gas emitidas por las fumarolas, desde 2017 (**Fig. 23 A, B**). A nivel interno se registraron enjambres sísmicos asociados al fracturamiento de roca al interior del volcán (**Fig. 23 C, D**), así como ligeros cambios y anomalías en deformación, sin que estas últimas se puedan considerar aún como relevantes. Esto es importante mencionarlo ya que este volcán ha caracterizado su actividad, principalmente por la generación de explosiones freáticas, que, en 1993 (previo a su erupción en 1999 – 2001), cobraron la vida de dos vulcanólogos del Instituto Geofísico.

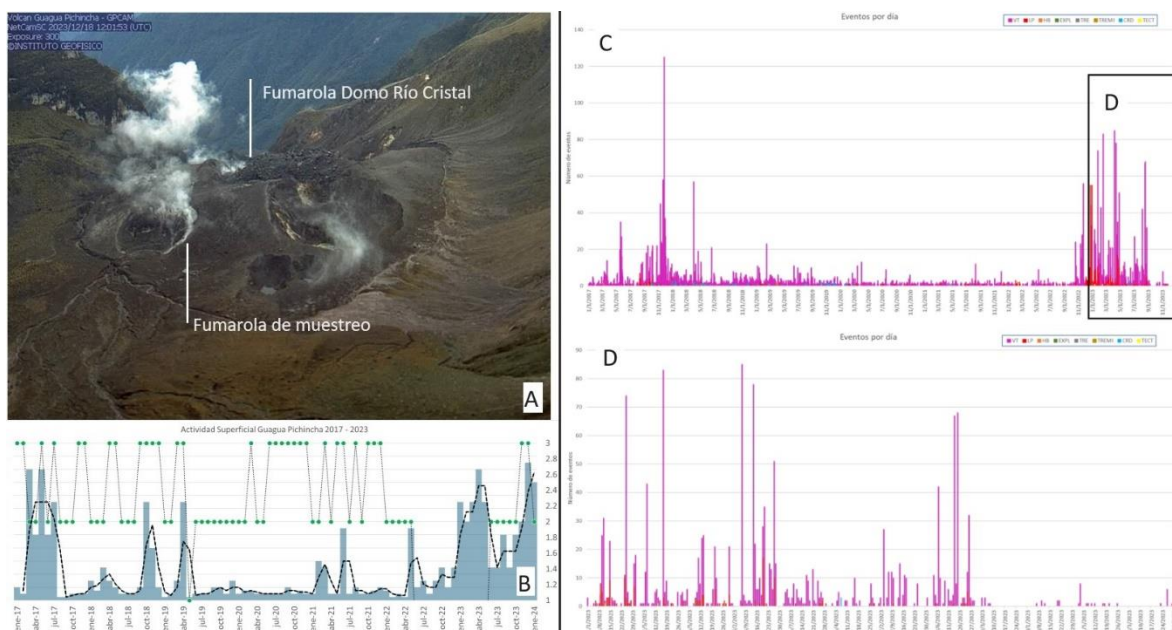


Fig. 23. A) Fotografía de la cámara de vigilancia del GGP del día 18 de diciembre, fecha con la mayor altura registrada en las fumarolas desde el año 2017. B) Serie temporal de las máximas alturas de emisión de gas, por mes, en los campos fumarólicos del Guagua Pichincha. C) Serie temporal de la sismicidad diaria en Guagua Pichincha entre 2017 a 2023. D) Serie temporal de la sismicidad diaria en Guagua Pichincha durante 2023.

Investigación y evaluación de la amenaza Instituto Geofísico

Todos los datos obtenidos durante 2023 en el Instituto Geofísico fueron analizados y estudiados a detalle, gracias a lo que se ha logrado producir:

1. **21 artículos científicos indexados internacionalmente**, con autores y coautores del Instituto Geofísico, cuyo repositorio es manejado por el Área de Vulcanología.
2. **1 participaciones** en capítulos de **libros**.
3. **1 publicación de mapa de amenaza** – Volcán Sumaco.

Artículos en revistas científicas:

1. **Almeida Vaca, M., Bablon, M., Andrade, S. D., Hidalgo, S., Quidelleur, X., Vasconez, F. J., Vásconez Müller, A., Lahitte, P., & Samaniego, P. (2023).** New geological and geochronological constraints on the evolution of the Cotacachi—Cuicocha volcanic complex (Ecuador). *Journal of South American Earth Sciences*, 128, 104489. <https://doi.org/10.1016/j.isames.2023.104489>

2. Anzieta, J., **Pacheco, D.**, Williams-Jones, G., & **Ruiz, M. C.** (2023). Cleaning volcano-seismic event catalogues: A machine learning application for robust systems and potential crises in volcano observatories. *Bulletin of Volcanology*, 85(10), 59. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01674-9>
3. Bablon, M., Nauret, F., Saillard, M., Samaniego, P., Vlastélic, I., **Hidalgo, S.**, Le Pennec, J.-L., Ratzov, G., Michaud, F., **Mothes, P.**, Liorzou, C., & Gannoun, A. (2023). An innovative isotopic method to identify the volcanic source of distal tephra. *Earth and Planetary Science Letters*, 619, 118283. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2023.118283>
4. Colombier, M., Manga, M., Wright, H., **Bernard, B.**, deGraffenried, R., Cáceres, F., Samaniego, P., Vasseur, J., Jakata, K., Cook, P., & Dingwell, D. B. (2023). Pre-Eruptive Outgassing and Pressurization, and Post-Fragmentation Bubble Nucleation, Recorded by Vesicles in Breadcrust Bombs From Vulcanian Activity at Guagua Pichincha Volcano, Ecuador. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128(9), e2023JB026775. <https://doi.org/10.1029/2023JB026775>
5. **Enríquez López, W.**, & Nazate, P. (2023). Seismic Sensor Array for Lahar Detection at Cotopaxi Volcano Based on a Datalogger with Field Programmable Gate Arrays. *Revista Politécnica*, 52(1), Article 1. <https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.01>
6. Falasconi, A., Cioni, R., **Bernard, B.**, Samaniego, P., Pistolesi, M., & Schiavi, F. (2023). What controls the formation of vulcanian bombs? A case study from the 1 February 2014 eruption of Tungurahua (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 444, 107961. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2023.107961>
7. Harrichhausen, N., Audin, L., Baize, S., Johnson, K. L., Beauval, C., Jarrin, P., Marconato, L., Rolandone, F., Jomard, H., Nocquet, J., **Alvarado, A.**, & **Mothes, P. A.** (2023). Fault Source Models Show Slip Rates Measured across the Width of the Entire Fault Zone Best Represent the Observed Seismicity of the Pallatanga–Puna Fault, Ecuador. *Seismological Research Letters*. <https://doi.org/10.1785/0220230217>
8. **Hidalgo, S.**, **Bernard, B.**, **Mothes, P.**, **Ramos, C.**, **Aguilar, J.**, **Andrade, D.**, Samaniego, P., **Yepes, H.**, **Hall, M.**, **Alvarado, A.**, **Segovia, M.**, **Ruiz, M.**, **Ramón, P.**, **Vaca, M.**, & **IG-EPN staff.** (2023). Hazard assessment and monitoring of Ecuadorian volcanoes: Challenges and progresses during four decades since IG-EPN foundation. *Bulletin of Volcanology*, 86(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01685-6>
9. Jarrin, P., Nocquet, J.-M., Rolandone, F., Audin, L., Mora-Páez, H., **Alvarado, A.**, **Mothes, P.**, Audemard, F., Villegas-Lanza, J. C., & Cisneros, D. (2023). Continental block motion in the Northern Andes from GPS measurements. *Geophysical Journal International*, 235(2), 1434–1464. <https://doi.org/10.1093/gji/ggad294>
10. Jarrin, P., Nocquet, J.-M., Rolandone, F., Mora-Páez, H., **Mothes, P.**, & Cisneros, D. (2023). Current motion and deformation of the Nazca Plate: New constraints from GPS measurements. *Geophysical Journal International*, 232(2), 842–863. <https://doi.org/10.1093/gji/ggac353>

11. Jones, T. J., Beckett, F., **Bernard, B.**, Breard, E. C. P., Dioguardi, F., Dufek, J., Engwell, S., & Eychenne, J. (2023). Physical properties of pyroclastic density currents: Relevance, challenges and future directions. *Frontiers in Earth Science*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2023.1218645>
12. Kant, L. B., Sims, K. W. W., Yogodzinski, G. M., Garrison, J. M., Blichert-Toft, J., Reagan, M., Waters, C. L., Mathews, T. P., Scott, S. R., **Mothes, P. A.**, **Hall, M. L.**, **Ramón, P.**, Gaunt, E., **Almeida, M.**, & **Hidalgo, S.** (2023). Effects of crustal assimilation on 238U-230Th disequilibria in continental arc settings. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 354, 165–185. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2023.05.022>
13. Kern, C., Arellano, S., Campion, R., **Hidalgo, S.**, & Kazahaya, R. (2023). Editorial: Remote sensing of volcanic gas emissions from the ground, air, and space. *Frontiers in Earth Science*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2023.1340395>
14. Narváez, D. F., Samaniego, P., Koga, K. T., Rose-Koga, E. F., **Hidalgo, S.**, & Ratzov, G. (2023). Two types of slab components under Ecuadorian volcanoes supported by primitive olivine-hosted melt inclusion study. *Lithos*, 442–443, 107049. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107049>
15. **Palacios, P. B.**, Mader, H. M., Kendall, J.-M., & **Yepes, H. A.** (2023). Seismic tremor location of 10 large paroxysmal eruptions of Tungurahua volcano, Ecuador. *Geophysical Journal International*, 233(2), 1460–1483. <https://doi.org/10.1093/gji/ggac523>
16. Reddin, E., Ebmeier, S. K., Rivalta, E., Bagnardi, M., Baker, S., Bell, A. F., **Mothes, P.**, & **Aguaiza, S.** (2023). Magmatic connectivity among six Galápagos volcanoes revealed by satellite geodesy. *Nature Communications*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42157-x>
17. Santamaria, S., Quidelleur, X., Samaniego, P., Audin, L., Le Pennec, J.-L., **Hidalgo, S.**, Liorzou, C., & Guillou, H. (2023). Timing of Quaternary volcanism and its relationship with tectonics in the central segment of the Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 442, 107895. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2023.107895>
18. Vallée, M., Xie, Y., Grandin, R., Villegas-Lanza, J. C., Nocquet, J.-M., **Vaca, S.**, Meng, L., Ampuero, J. P., **Mothes, P.**, Jarrin, P., Sierra Farfán, C., & Rolandone, F. (2023). Self-reactivated rupture during the 2019 Mw = 8 northern Peru intraslab earthquake. *Earth and Planetary Science Letters*, 601, 117886. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2022.117886>
19. Vlastélic, I., Sainlot, N., Samaniego, P., **Bernard, B.**, Nauret, F., **Hidalgo, S.**, Auclair, D., & Gannoun, A. (2023). Arc volcano activity driven by small-scale metasomatism of the magma source. *Nature Geoscience*, 16(4), Article 4. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01143-0>
20. Wickham-Piotrowski, A., Font, Y., Regnier, M., Delouis, B., Lengliné, O., **Segovia, M.**, & Bletery, Q. (2023). Achieving a Comprehensive Microseismicity Catalog through a Deep-

- Learning-Based Workflow: Applications in the Central Ecuadorian Subduction Zone. *Bulletin of the Seismological Society of America*. <https://doi.org/10.1785/0120230128>
21. Wright, H. M. N., Cioni, R., Cashman, K. V., **Mothes, P.**, & Rosi, M. (2023). Decompression and degassing, repressurization, and regassing during cyclic eruptions at Guagua Pichincha volcano, Ecuador, 1999–2001. *Bulletin of Volcanology*, 85(2), 12. <https://doi.org/10.1007/s00445-023-01626-3>

Sección de libro:

1. Calispa, M., **Vasconez, F. J.**, Santamaría, S., & Samaniego, P. (2023). Los suelos de los páramos del Ecuador. In *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro* (p. 36). USFQ Press. <https://libros.usfq.edu.ec/index.php/usfqpress/catalog/book/71>

Área Técnica – Instrumentación

El principal objetivo del área de instrumentación es mantener operativa la red nacional de vigilancia sísmica y volcánica, para ello se ejecutan tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de las redes de vigilancia volcánica, sísmicas, acelerométricas y de repetidoras dentro en todo el territorio nacional, para que las señales de monitoreo sean captadas por los instrumentos y transmitidas en tiempo real al centro de datos del Instituto Geofísico de manera continua. Este mantenimiento incluye revisión, reparación, configuración y reemplazo de componentes del sistema de alimentación, del sistema de transmisión y del sistema de adquisición de señales. Adicionalmente, para las estaciones que no transmiten en tiempo real, por condiciones limitantes de ubicación geográfica, logística, económica, entre otros, se realiza el mantenimiento del equipo y la recolección de datos.

La reactivación y proceso eruptivo del volcán Cotopaxi entre octubre de 2022 y julio de 2023, ha concentrado todos los esfuerzos del capital humano, logístico y económico para mantener y robustecer la red de vigilancia en el primer semestre de 2023; pero sin descuidar las otras zonas del país.

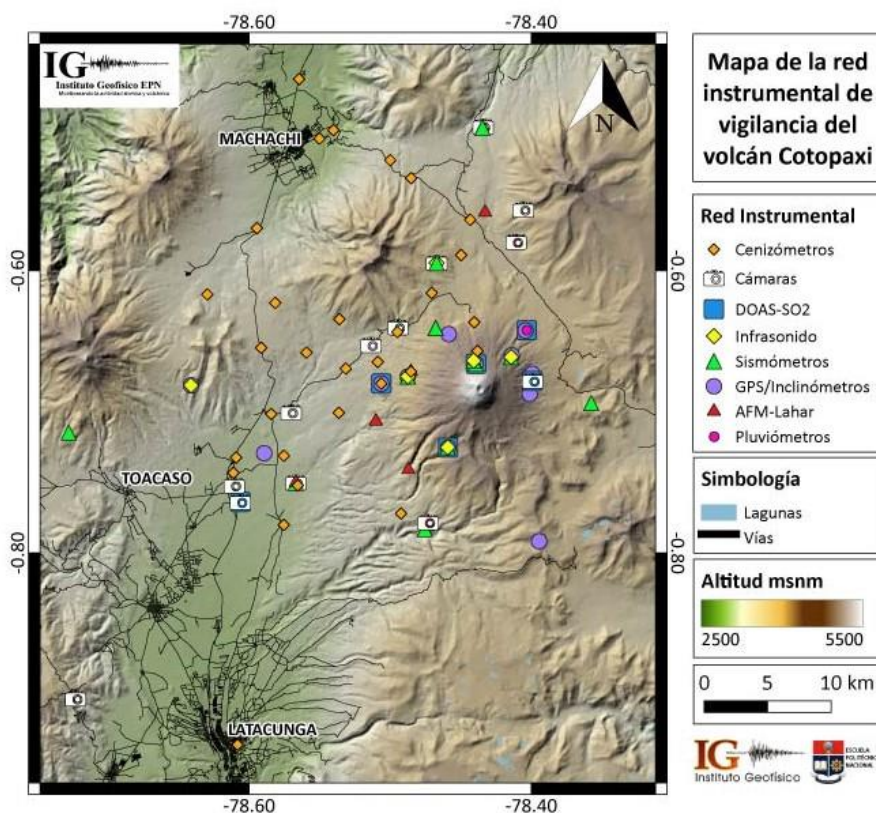


Figura 24: Mapa de la red de vigilancia instrumental en el volcán Cotopaxi (Fuente: IG-EPN).

La figura 24 muestra la red de vigilancia del volcán Cotopaxi, denominado como volcán mejor vigilado de la región.

Durante el período de interés se continuó aplicando el plan de mantenimiento preventivo, que ha sido trabajado y mejorado en los 2 últimos años; el mismo está planificado por provincias, tomando en consideración aspectos relacionados con la logística, clima, localización geográfica como las más importantes. Se realizaron 462 visitas a las diferentes estaciones de monitoreo en todo el territorio nacional, incluidas las estaciones de vigilancia sísmica y volcánica de las Islas Galápagos, con lo que se ha cubierto un 81,27% de toda la instrumentación instalada, en la siguiente tabla se detallan los tipos de trabajos ejecutados en las actividades de campo ejecutadas y la cantidad de veces que se realizó esa actividad:

TRABAJO REALIZADO	TOTAL
Agregar/Retirar equipos	70
Búsqueda de sitio	4
Cambios de accesorios	52
Descarga de datos	140
Desinstalación de Estación	6
Instalación/Reemplazo	86
Limpieza	49
Otro	46
Próximo mantenimiento	1
Pruebas	34
Reparación	29
Total general	517

Tabla 2. Actividades de campo ejecutadas en 2023

Con las diferentes tareas realizadas y detalladas en la Tabla 2, se ha conseguido obtener una disponibilidad de toda la red de monitoreo que transmite en tiempo real del 74.77%, este valor se ha visto afectado con respecto al año 2022, puesto que la red de transmisión satelital dejó de responder el 21 de abril de 2023, una vez que se suspendió la provisión del servicio por parte de la empresa contratante; se realizaron las gestiones correspondientes por parte del área de instrumentación para solicitar el servicio por un período de 24 meses, es así que se entregó el informe de necesidad, ofertas, estudio de mercado y términos de referencia, debido a varias limitaciones administrativas, no se pudo contratar el servicio en el año del presente análisis.

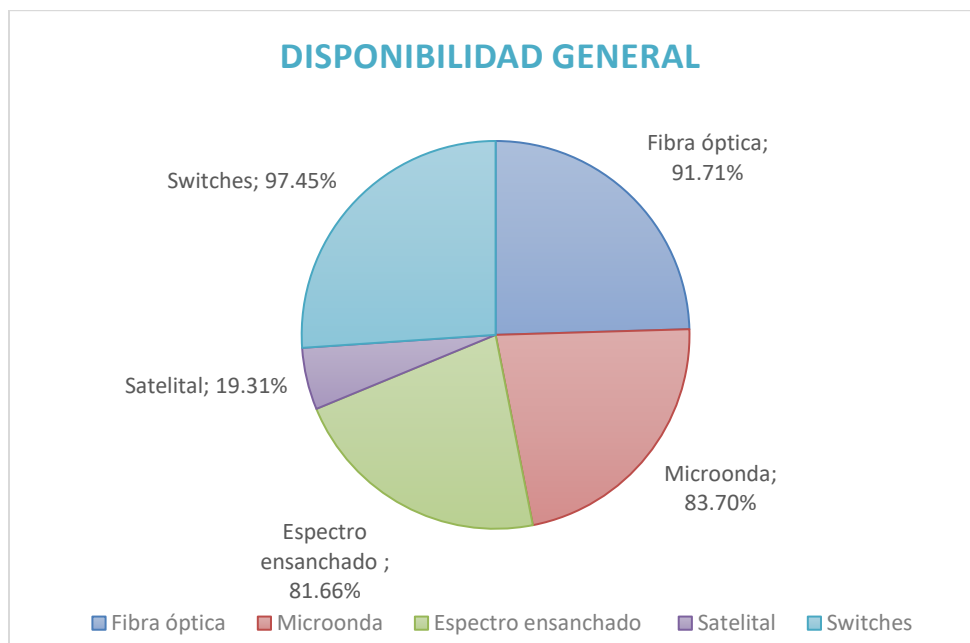


Figura 25. Resumen disponibilidad general

Por otro lado, es importante indicar que, en el período de enero a abril del 2023, todos los esfuerzos estuvieron centrados a atender la crisis eruptiva del volcán Cotopaxi, por tanto, las tareas de limpieza y mantenimiento de los equipos para esta zona del país crecieron porcentualmente, pese a ello, el resto de los sitios con alta demanda de atención, se pudieron cubrir en los siguientes meses del año.

Antes bien, la red de monitoreo está equipada con instrumentación que en varios sitios ya ha cumplido con su vida útil y gracias a todos los esfuerzos técnicos realizados y la optimización de estas, continúan trabajando porque no se dispone de un stock de repuestos; algunas estaciones han sido desinstaladas por su tipo de respuesta o funcionamiento ya que no es óptimo para un monitoreo eficiente.

En la figura siguiente se observa el funcionamiento en términos de disponibilidad de las diferentes estaciones de monitoreo, según el tipo de red de transmisión.

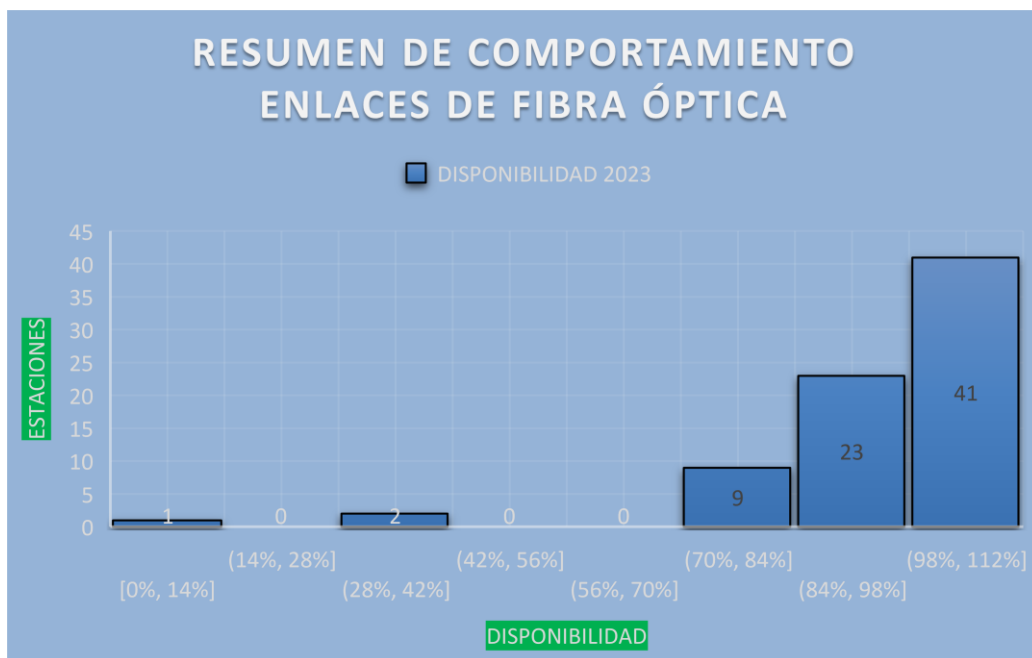


Figura 25: Resumen de disponibilidad enlaces de fibra óptica – año 2023

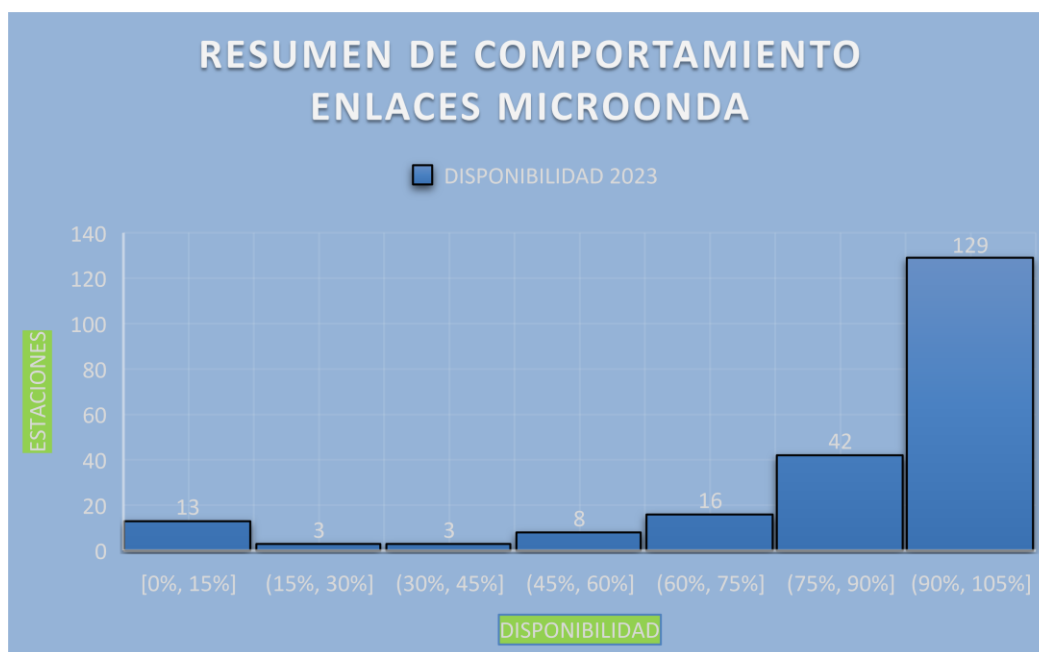


Figura 26: Resumen de disponibilidad enlaces microonda – año 2023

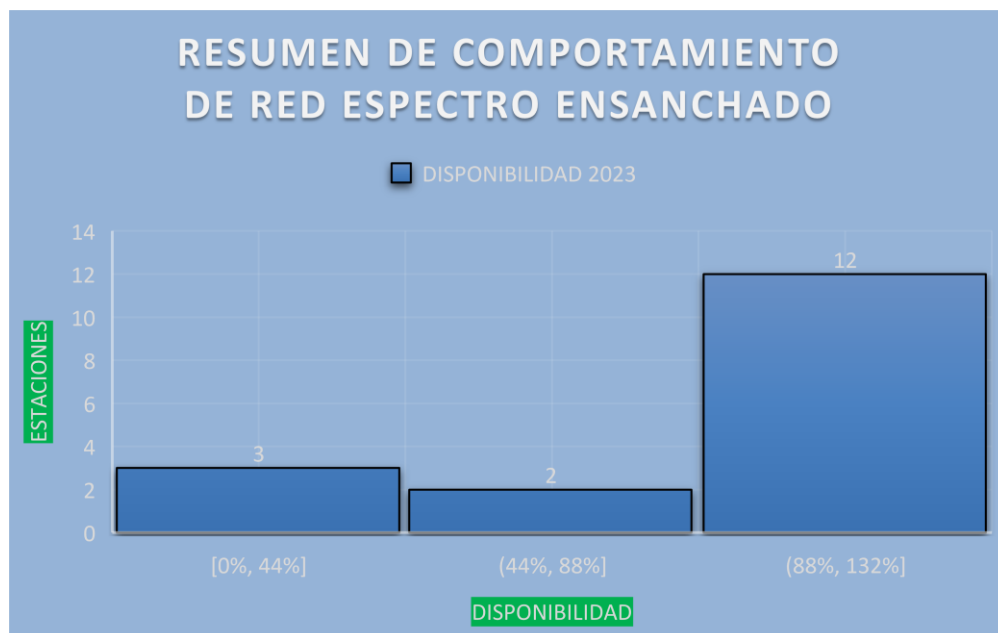


Figura 27: Resumen de disponibilidad enlaces de espectro ensanchado– año 2023

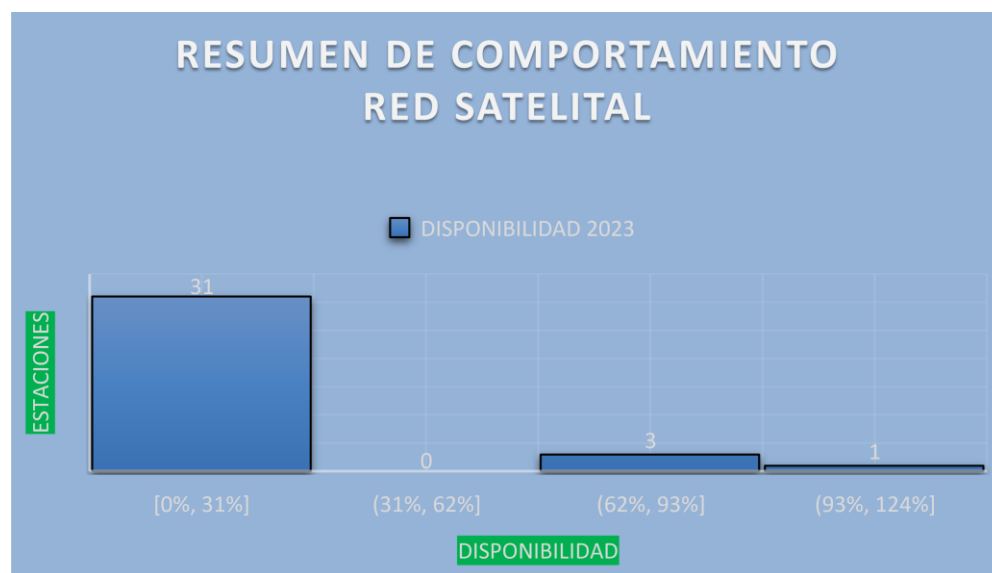


Figura 28: Resumen de disponibilidad enlaces satelitales - año 2023

Mantenimiento instrumentación de redes de vigilancia sísmica y volcánica.

Para dar cumplimiento a la importante labor de vigilar las amenazas sísmicas y volcánicas en el territorio nacional, el IG-EPN realiza trabajos de mantenimiento de las redes ampliamente desplegadas. Estas redes cuentan con sensores de diversos tipos, sistemas de alimentación con energía renovable, sistemas de digitalización y adquisición de las señales y sistemas de transmisión de datos. Para mantener la operatividad de estas redes, se realiza un extenuante trabajo de campo por todo el país. A continuación, se resumen los trabajos categorizados por regiones geográficas, realizados durante el año 2023:

RESUMEN MANTENIMIENTO INSTRUMENTACIÓN IG 2023

REGIÓN	PROVINCIA	TOTAL VISITAS	TOTAL SISTIOS	REPETICIONES	SITIOS NETOS	%
SIERRA	PICHINCHA	55	40	22	33	82,50
	IMBABURA	22	14	12	10	71,43
	COTOPAXI	161	46	116	45	97,83
	TUNGURAHUA	45	31	16	29	93,55
	CHIMBORAZO	13	13	3	10	73,92
	CARCHI	21	10	12	9	90,00
	BOLIVAR	10	5	6	4	80,00
	CAÑAR	2	4	0	2	50,00
	AZUAY	3	3	0	3	100,00
	LOJA	10	8	3	7	87,50
COSTA	ESMERALDAS	20	20	5	15	75,00
	MANABI	45	33	14	31	93,94
	SANTO DOMINGO	1	2	0	1	50,00
	GUAYAS	13	12	2	11	91,67
	SANTA ELENA	2	4	0	2	50,00
	LOS RÍOS	2	2	0	2	100,00
	EL ORO	5	6	0	5	83,33
	SUCUMBIOS	7	8	2	5	62,50
ORIENTE	NAPO	8	14	2	6	42,86
	ORELLANA	0	1	0	0	0,00
	PASTAZA	5	4	2	3	75,00
	MORONA SANTIAGO	5	7	1	4	57,14
	ZAMORA CHINCHIPE	5	4	1	4	100,00
	ISLAS	2	8	0	2	25,00
TOTAL		462	299	219	243	81,27

NOTA

SITIOS PENDIENTES POR VISITAR

56

Tabla 3: Resumen de las visitas realizadas a los distintos puntos de monitoreo desplegados a nivel nacional.

Nótese en la tabla anterior que se han realizado proporcionalmente más visitas a las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua; zona de despliegan los instrumentos que vigilan la actividad del volcán Cotopaxi, el volcán mejor vigilado del país y de la región. En otras regiones donde hay volcanes en erupción (volcán El Reventador) y agitaciones volcánicas (Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro) se observa un alto número de visitas.

En la región Costa, las provincias de Esmeraldas y Manabí cuentan con redes importantes puesto que han sido fuente de sismos históricos y el acople de la subducción puede genera un latente peligro sísmico.

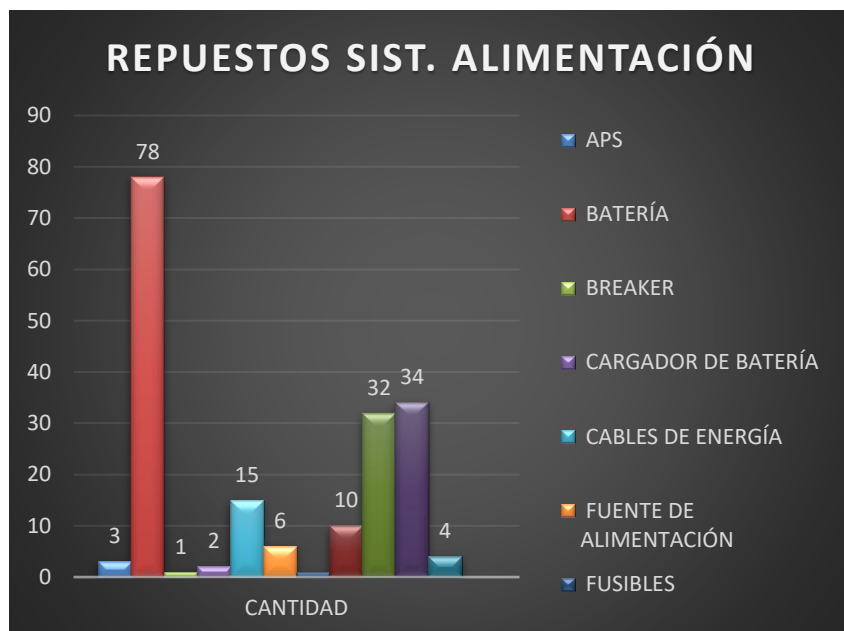
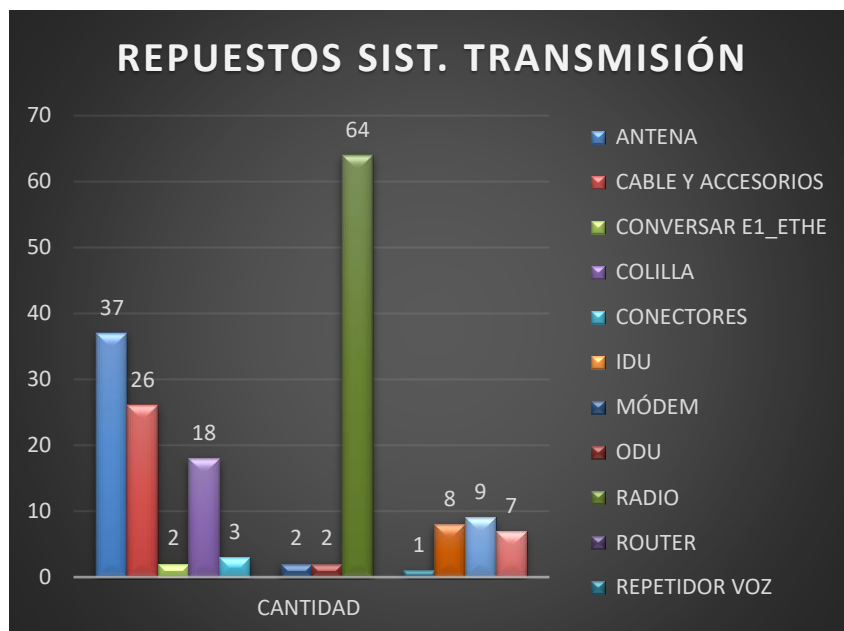
A continuación, se muestra un cuadro comparativo del número de vistas efectuados a puntos de monitoreo dispersos en todo el Ecuador entre los años 2022 y 2023. Se puede apreciar que extenuante trabajo de campo por todo el país. A continuación, se resumen los trabajos categorizados por regiones geográficas, realizados durante el año 2023:

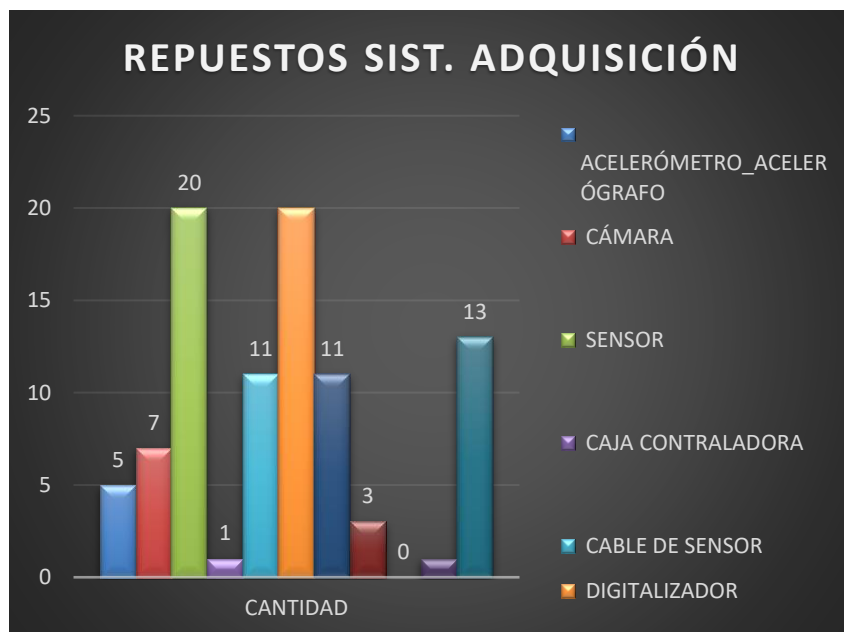
VISITAS EFECTUADAS SITIOS 2022													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
NÚMERO DE VISITAS	5	42	34	41	26	18	42	46	42	34	46	16	392
SITIOS VISITADOS	5	31	22	25	17	13	23	28	25	18	30	8	245

VISITAS EFECTUADAS SITIOS 2023													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
NÚMERO DE VISITAS	56	49	47	50	42	33	22	49	46	33	30	5	462
SITIOS VISITADOS	30	23	26	26	21	13	12	25	25	20	19	3	243

Tabla 3: Cuadro comparativo de las vistas a puntos de monitoreo entre los años 2022 y 2023

A continuación, se muestran la cantidad de equipos, accesorios y otros ítems utilizados en las tareas de mantenimiento de acuerdo con el sistema al que se encuentren asociados:





Con el detalle anterior queda evidenciado la necesidad de mantener un stock de repuestos disponible ante cualquier emergencia, ya que el consumo o la demanda en lo que lleva del año es alta.

Generación de documentación técnica

En el período comprendido entre enero y diciembre de 2023 se continuó trabajando en el registro de las actividades generadas en los trabajos de mantenimiento y reparación de la red y también se trabajó en conjunto con las áreas de sistemas, sismología y vulcanología para mantener actualizada la base de inventarios por sitio y por consiguiente, depurar un listado de estaciones funcionales en la nueva aplicación.

- Diagramas de sistemas de alimentación un 60 % de las estaciones de monitoreo instaladas a lo largo del país
- Informes técnicos para la ejecución de pago de bienes y servicios adquiridos
- Informes de satisfacción para la ejecución de pago de bienes y servicios adquiridos
- Informes de factibilidad para la instalación de nuevos sitios
- Informes de pruebas de equipamiento o radioenlaces
- Manual mantenimiento de la red por tipo de estación

Capacitación interna y externa del personal del Área Técnica

Los miembros del Área Técnica recibieron distintos cursos/capacitaciones, con la finalidad de mejorar las capacidades del grupo, las capacitaciones recibidas se enlistan a continuación:

- Conformación de brigadas de emergencia
- Conducción segura
- Fundamentos de contratación pública SERCOP
- SQL aplicado a análisis de datos
- Sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2015
- Diseño y formulación de proyectos
- Capacitación en técnicas de supervivencia en el campo
- Trabajo en alturas
- Administración de contratos en el sector público
- Introduction to networks CCNA
- Redacción Avanzada

Por otro lado, en cumplimiento de convenios, las siguientes charlas fueron impartidas por los miembros del área:

- BGP IPv6.
- Arquitectura de redes MPLS y QoS
- Programación con Python y aplicaciones
- Radio enlaces
- Energías renovables

Intercambio científico – técnico

Impulsado desde el Área Técnica, se firmó un convenio de cooperación entre IG-EPN y el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH). La colaboración con otros observatorios e instituciones de investigación permite que el personal esté siempre al tanto de las nuevas técnicas de vigilancia y pueda intercambiar valiosas experiencias con colegas que enfrentan problemáticas y desafíos técnicos similares.

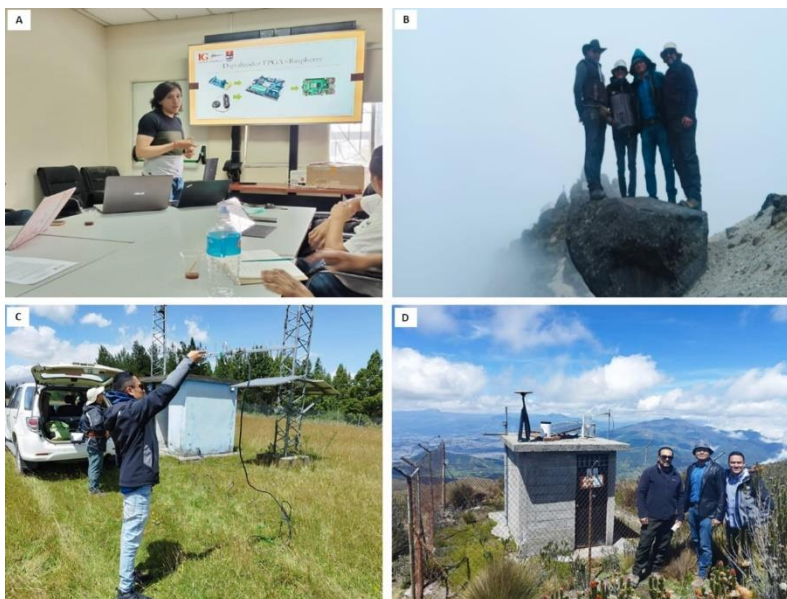


Figura 29: Fotografías de actividades realizadas durante la visita de los técnicos del INSIVUMEH en Ecuador. A) Conferencias en la sede del IG-EPN. B) Visita a la zona del cráter del volcán Guagua Pichincha. C) Repetidor de telecomunicaciones CLIRSEN. D) Actividades conjuntas en campo en estaciones del IG-EPN en Ecuador.

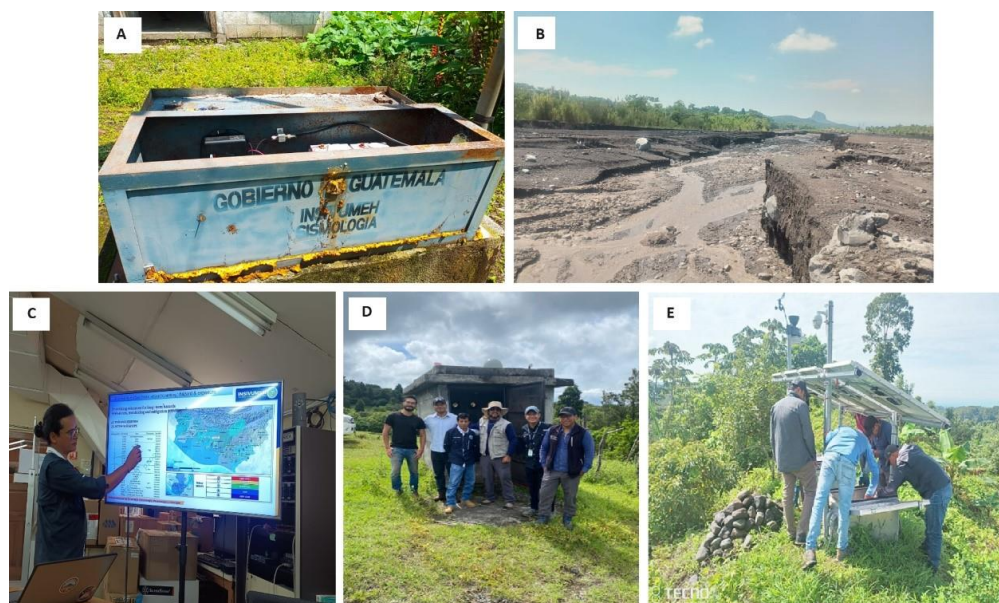


Figura 30: Fotografías, de actividades realizadas durante la visita de los técnicos IG-EPN a Guatemala A) Estación sísmica del INSIVUMEH en la zona de barranca de V. Santiaguito B) Flujos de lodo en la zona de barranca del V. Fuego C) Técnicos del INSIVUMEH exponen

sobre el estado actual de sus redes D) Visita técnica a la zona de flujos piroclásticos del V. Pacaya E) Visita técnica en la zona de flujos de lodo (lahares) del V. Santiaguito.

Este intercambio fue posible gracias a la colaboración técnica y financiera del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) a través del “Volcanic Disaster Assistance Program” (VDAP). Par ampliar la información, puede acceder al siguiente enlace:

<https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/2073-participacion-del-ig-epn-en-el-intercambio-tecnico-cientifico-con-el-instituto-nacional-de-sismologia-vulcanologia-meteorologia-e-hidrologia-de-guatemala-insivumeh>

Suscripción de convenios:

Desde el área de instrumentación se apoyó en la gestión y promoción para la suscripción de un convenio interinstitucional entre la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad Técnica Particular de Loja, tras varios trabajos previos en conjunto en busca de definir los beneficios para ambas instituciones, se llegó a la suscripción de dicho convenio el 24 de noviembre de 2023.



Figura 31: Suscripción convenio UTPL - EPN

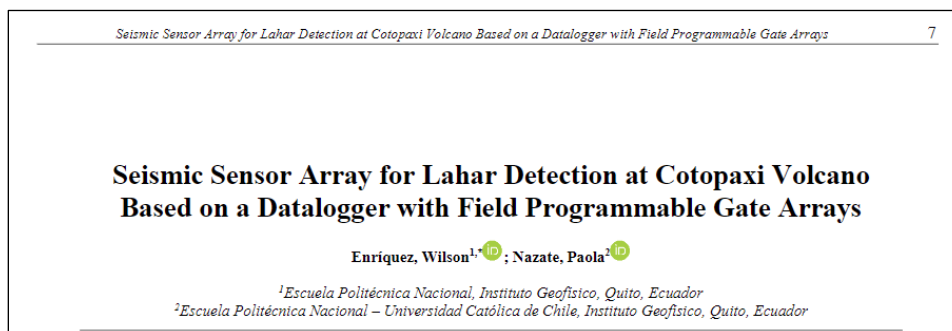
Proyectos de investigación

La investigación permite mantener vanguardia en la instrumentación de vigilancia sísmica y volcánica, es así como se han ejecutado y otros continúan en marcha, a continuación, un detalle:

- Proyecto de la EPN: PII-IG-2023-01: Diseño e implementación de un nuevo sistema de monitoreo para volcanes activos basado en los Campos Magnéticos aplicado en el complejo volcánico Chiles- Cerro Negro en Ecuador.
- Desarrollo de un recolector de ceniza volcánica automático, fase 3
- Proyecto Cedia I+D+I 62 Aplicación de la tecnología IoT en la mitigación del impacto causado por lahares en el volcán Cotopaxi
- Propuesta Modernización de la red de detección de lahares, conjunto con el GAD de Rumiñahui
- Implementación de algoritmos en el sistema de monitoreo Zabbix para la recolección de datos del estado de salud de equipos: Quatterra, Receptores GPS NetRS.
- Estructura organizacional Área de Instrumentación
- Presentación de proyecto PIS: estudio de fuentes sísmicas del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro con aplicación de antena de sensores sísmicos de apertura corta

Publicaciones en las que han participado los funcionarios del área:

- Enríquez López, W., & Nazate, P. (2023). Seismic Sensor Array for Lahar Detection at Cotopaxi Volcano Based on a Datalogger with Field Programmable Gate Arrays. *Revista Politécnica*, 52(1), Article 1. <https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.01>
- Gaunt, H., Mejía, F., 2023, A new automated system for volcanic ash collection and real-time ash fall data: AACE-IG. IAVCEI 2023 Scientific Assembly, Rotorua, New Zealand.
- Enríquez W. Loaiza K. "Sistema Electromagnético basado en tecnología Inalámbrica de Largo Alcance LORA para el monitoreo del complejo volcánico Chiles Cerro Negro. CIECT XVII. Congreso Iberoamericano de Electrónica Telecomunicaciones e Instrumentación. Noviembre 2023 Bogotá Colombia.



CTBT: Science and Technology Conference 2023 - SnT2023

Abstract ID : 58

**Seismic and Volcanic Networks in real time of
Instituto Geofísico in Ecuador: performance,
evaluation and optimization**



IAVCEI 2023
SCIENTIFIC ASSEMBLY
Ko Rūaumoko e Ngunguru Nei
30 Jan - 3 Feb | Rotorua, New Zealand



1012

**A new automated system for volcanic ash collection and real-time ash fall
data: AACE-IG**

Dr Helen Gaunt^{1,2}, MSc Francisco Mejía²

¹University College London, London, United Kingdom, ²Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador

Formación Profesional

La formación profesional en el área de instrumentación es un eje importante por ello, varios miembros de esta han optado por realizar sus estudios en base a sus propios esfuerzos y también a la colaboración internacional.

En ese contexto se detalla el avance de las actividades de formación profesional:

Freddy Vásconez: el 9 de junio de 2023, tras finalizar con éxito sus estudios doctorales con el tema Estudio de las explosiones volcánicas utilizando imágenes térmicas y visibles, obtuvo el título de Doctor en Tierra Sólida geodinámica de las capas superiores paleobiósfera, de la Universidad de Clermont Auvergne.

Santiago Arrais: se encuentra desarrollando un modelo para optimización de disponibilidad de información en sistemas de monitoreo sísmico y volcánico, cuyo trabajo doctoral tiene un avance del 75%, en la Facultad de Sistemas especialización seguridad informática.

Paola Nazate: continúa realizando la investigación basada en inteligencia artificial como parte del Doctorado en Ciencias de la ingeniería de la Universidad Católica de Chile, cuyo avance es del 70%.

Instalación de nuevas estaciones

Dado el proceso eruptivo del volcán Cotopaxi y las agitaciones de otros centros volcánicos, el IG-EPN ha emprendido grandes esfuerzos técnicos para robustecer las redes de vigilancia de los volcanes Cotopaxi, Chiles-Cerro Negro y El Reventador, entre otras.

Para estas acciones ha sido fundamental la cooperación recibida por USAID a través del Programa de Asistencia ante Desastres Volcánicos (VDAP) y colaboraciones con entidades del más alto nivel.

Se instaló una cámara térmica y se instalaron nuevas estaciones sísmica en el volcán Cotopaxi, también se instaló un cenizómetro automático.



Figura 32: Instalación de la estación COSE. Derecha: Instalación de la cámara en la estación WIRA (Cotopaxi) (Fotos: C. Espín)

En cooperación con la Universidad de Sheffield, se instaló una cámara UV que permite la medición del flujo de Dióxido de Azufre (SO_2) en el volcán Cotopaxi, el método es basado en la espectroscopía óptica y la absorción de luz por parte de este gas en el rango de la luz ultravioleta.



Figura 33: Instalación de Cámara UV - volcán Cotopaxi (Fotos: D. Sierra).

En las cercanías del volcán El Reventador, se inició la instalación de una torre para montar una estación multiparamétrica en el sector suroriental del volcán, durante el año 2024 se instalarán cámaras, un DOAS, entre otros equipos.



Figura 34: Cimentación e instalación de la torre de comunicaciones en la OVR (El Reventador) (Fotos: F. Vásconez)

Mejorando la red de vigilancia del Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro, se instaló un instrumento MultiGAS que permite la medición de las especies gaseosas mayoritarias emitidas por los volcanes. Y la estación sísmica RAZO

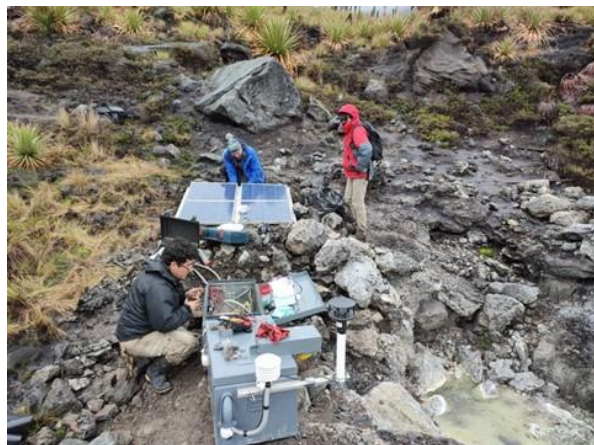


Figura 35: Izquierda: Instalación de MultiGAS en el sector de Aguas Negras, volcán Chiles (Foto: C. Espín). Derecha: Estación sísmica RAZO (Fotos: I. Tapa)

Se cambió el medio de transmisión de la estación estratégica Pacayacu para lo cual fue necesario agregar una nueva estación repetidora denominada “Km.26”, en la carretera Puyo-Macas de esta manera se optimiza la transmisión de datos de esta zona puesto que anteriormente era necesario un enlace satelital. De este modo manera se recupera la vigilancia en tiempo real de esta zona importante del territorio ecuatoriano. Este trabajo se efectuó gracias a fructíferas relaciones y cooperación interinstitucional con la Corporación Nacional de Telecomunicación (CNT)



Figura 36: Instalación de la estación Km.26, Carretera Puyo-Macas

Se realizó la instalación de una estación sísmica, denominada Las Guardias, en la misma se utilizaron los equipos de la estación Balsapamba, que fue reubicada a este lugar, cuya ubicación geográfica presta todas las facilidades para mantener un enlace estable que permita la transmisión en tiempo real de los datos obtenidos desde esta zona estratégica del país.



Figura 37: Instalación de la estación sísmica, Las Guardias

Desarrollo tecnológico

Continúa el desarrollo de un recolector de ceniza automático, este trabajo se ha venido llevando a cabo durante los últimos años, ha sido probado en la parroquia de Palmira, donde usualmente cae ceniza volcánica del Sangay. Dado el proceso eruptivo actual (octubre 2022-julio 2023) del volcán Cotopaxi, se instaló este equipo en el sitio de la estación multiparamétrica NASA.



Figura 38: Instalación de cenizómetro automático en la estación NASA (Cotopaxi) (Fotos: F. Mejía)

Desarrollo de la plataforma para administración y control de calidad de las redes de transmisión.

Se continúa mejorando la base datos de las estaciones remotas y la refactorización de scripts desarrollados en lenguaje Python. A continuación, se da una descripción general de los avances del sistema de monitoreo.

Se tiene implementado en el sistema Zabbix un total de 756 host, 14526 números de items, 3367 triggers y 31 usuarios.

Host inventory					
Group: all					
Field: Alias contains Apply Reset					
Host	Group	Name	Type	OS	Serial number A
Achupashal - ACHPSH_FW	36. RMO/ROR_Loma Grande	ACHPSH_FW	Cámara		7102641
Achupashal - ACHPSH_NC	36. RMO/ROR_Loma Grande	ACHPSH_NC	Cámara		
Aeropuerto de Riobamba - RIOP_FW_1	11. ROR/RFO_Riobamba	RIOP_FW_1	Repetidora / GPS		8422984
Aeropuerto de Riobamba - RIOP_FW_2	11. ROR/RFO_Riobamba	RIOP_FW_2	Repetidora / GPS		8423810
Aeropuerto de Riobamba - RIOP_GP	11. ROR/RFO_Riobamba	RIOP_GP	Repetidora / GPS		4927175199
Agualongo - AGUL_CM	25. RMO/ROR_Putzalshua	AGUL_CM	Cámara		
Agualongo - AGUL_XW	25. RMO/ROR_Putzalshua	AGUL_XW	Cámara	xw-EBX.5.2.20f	E50290C9
Alamor - LAMO_FW	8. ROR/RFO_Loja	LAMO_FW	Sísmica / Acelerográfica		8423856
Alamor - LAMO_QA	8. ROR/RFO_Loja	LAMO_QA	Sísmica / Acelerográfica		6007
Alamor - LAMO_RK	8. ROR/RFO_Loja	LAMO_RK	Sísmica / Acelerográfica		DBA4
Alpacas - WIRA_AX	25. RMO/ROR_Putzalshua	WIRA_AX	Cámara		
Alpacas - WIRA_CF	25. RMO/ROR_Putzalshua	WIRA_CF	Cámara		55007659
Alpacas - WIRA_XW	25. RMO/ROR_Putzalshua	WIRA_XW	Cámara		
Ana Tenorio - PIAT_QA	42. RS_Ana Tenorio	PIAT_QA	Sísmica		4840
Ana Tenorio - PIAT_RS	42. RS_Ana Tenorio	PIAT_RS	Sísmica		
Angureal - ANGU_FW	18. ROR_Quito	ANGU_FW	Sísmica		8420658
Angureal - ANGU_RK	18. ROR_Quito	ANGU_RK	Sísmica		D99D
Anisana - ANTI_FW	29. RMO/ROR_Sincholagua	ANTI_FW	Sísmica		9390390
Anisana - ANTI_RK	29. RMO/ROR_Sincholagua	ANTI_RK	Sísmica		B908
Anisana Guamaní - ANTG_FW	21. ROR_Atacazo Militares	ANTG_FW	Sísmica		7100877
Anisana Guamaní - ANTG_QA	21. ROR_Atacazo Militares	ANTG_QA	Sísmica		4438
Anisana Mica - ANTM_FW_1	21. ROR_Atacazo Militares	ANTM_FW_1	Sísmica / Repetidora		7100854
Anisana Mica - ANTM_FW_2	21. ROR_Atacazo Militares	ANTM_FW_2	Sísmica / Repetidora		8420727
Anisana Mica - ANTM_QA	21. ROR_Atacazo Militares	ANTM_QA	Sísmica / Repetidora		4569
Anisana Sarahuasi - ANTS_FW	21. ROR_Atacazo Militares	ANTS_FW	Sísmica		8422983
Anisana Sarahuasi - ANTS_QA	21. ROR_Atacazo Militares	ANTS_QA	Sísmica		4575
Arenillas - ARNL_FW	2. ROR/RFO_Machala	ARNL_FW	Sísmica		9387900
Arenillas - ARNL_RK	2. ROR/RFO_Machala	ARNL_RK	Sísmica		4579
Arenillas EMAP - AEMAP_FW_1	2. ROR/RFO_Machala	AEMAP_FW_1	Repetidora		9387529
Arenillas EMAP - AEMAP_FW_2	2. ROR/RFO_Machala	AEMAP_FW_2	Repetidora		8422952
Arenillas EMAP - AEMAP_FW_3	2. ROR/RFO_Machala	AEMAP_FW_3	Repetidora		9387873
Arenillas Hillary - ARNS_FW	2. ROR/RFO_Machala	ARNS_FW	GPS		8423825
Arenillas Hillary - ARNS_GP	2. ROR/RFO_Machala	ARNS_GP	GPS		5937R40061
Arrayan - ARA2_FW	26. RMO/ROR_Igualata	ARA2_FW	Sísmica		8423130

Figura 39: Listado de host - Zabbix

El servidor principal esta implementado con 55 mapas de visualización correspondientes a las diferentes redes, red GPS, Red Satelital, Red SW Capa 2, Red de Inclínómetros etc., con funcionalidades tales como: reinicio de equipos, ingreso al equipo por su dirección IP. Además, se han realizado actualizaciones de los mapas de acuerdo con los cambios realizados en las comisiones de servicios.

Para mejorar el monitoreo, en la sección de mapas se añadió las métricas de los equipos GPS y digitalizadores Kinometrics modelo Q330.

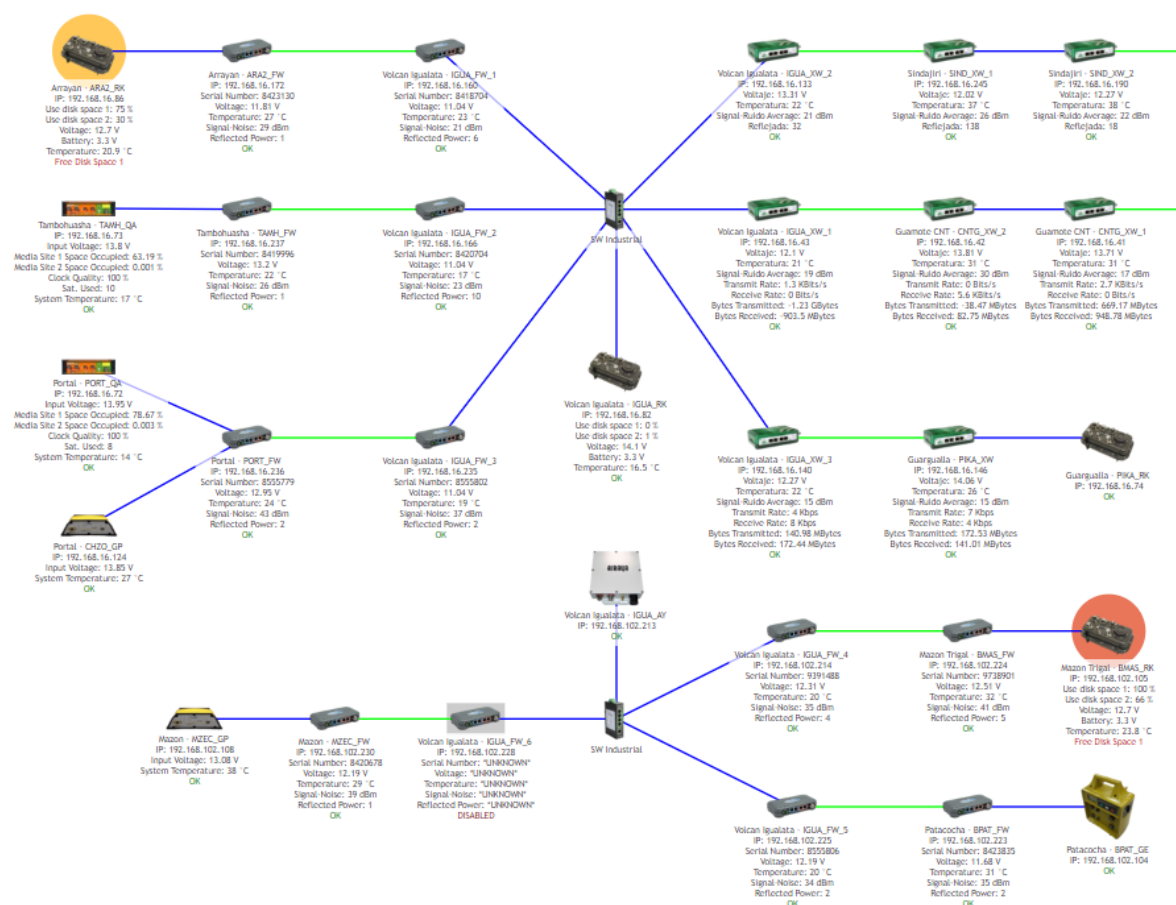


Figura 40: Visualización de métricas.

Dentro del tema de seguridad y autenticación, la interfaz web de Zabbix admite varios métodos de autenticaciones, de los cuales se implementó el método de autenticación LDAP e integrando con el Active Directory del IGEPN. Esto permite acceder al sistema Zabbix con las mismas credenciales de los servicios del IGEPN.

Los trabajos pendientes para realizarse es la actualización y migración a la versión 6.2 LTS de Zabbix para tener mejores prestaciones y optimizaciones.

Compras públicas

Cómo todos los años los funcionarios del área técnica han gestionado la compra de nuevos equipos y repuestos que son fundamentales para el buen desempeño de los objetivos institucionales, se han llevado a buen término varios procesos de compra y otros se han visto limitados por otros temas ajenos a la gestión realizada. Durante el 2023 se ejecutaron compras relacionadas al proyecto vigente con la Secretaría de Gestión de Riesgos y al POA Institucional.

Los procesos llevados a cabo desde el área son:

1. Adquisición de Baterías
2. Adquisición de Radios
3. Adquisición de Switch
4. Adquisición de Conversores E1-ETH
5. Mantenimiento torre Cerro 507
6. Adquisición de alfombras electroestáticas
7. Adquisición de reguladores de voltaje
8. Ferretería

Pese a que otros procesos no llegaron a concretarse, desde el área de instrumentación se elaboraron los documentos preparatorios requeridos en la normativa de contratación pública.

Área de Sistemas

El Área de Sistemas es la encargada de mantener los sistemas informáticos que incluyen: adquisición y procesamiento de datos, almacenamiento y respaldo de datos, implementación y mantenimiento de bases de datos y desarrollo de aplicaciones que apoyen el monitoreo, procesamiento e investigación en el campo sísmico y volcánico del país y la difusión de la información generada a la población y autoridades locales y nacionales. Para este objetivo, se debe mantener actualizada y funcional la infraestructura tecnológica: servidores, redes y sistemas de comunicación para llevar adelante el procesamiento, almacenamiento y comunicación de la información generada.

Infraestructura tecnológica

Centro de datos:

Se adquirió un Aire Acondicionado de precisión que permite mantener una solución redundante de climatización para el datacenter del IG.

Se adquirió un sistema de detección y control de incendios con agente limpio para la extinción de conatos de incendios. En el datacenter se instaló un sistema de contención de aire que permite separar los ambientes frío y caliente, optimizando de esa manera el consumo energético

Se adquirió switches de acceso para reemplazar los obsoletos equipos de red que se tenía en las diferentes áreas del IG, este cambio permitió incrementar la velocidad de red en 10 veces a nivel de usuario; además, con el cambio de switches se completó la última fase de mejora continua de la red, permitiendo cambiar el backbone (línea principal de la intranet) del IG a fibra óptica con velocidades que alcanzan los 10 Gbps

Se adjudicó la compra de equipo para procesamiento y almacenamiento de datos

Centro de monitoreo

Reemplazo de un Sistema de pantallas

Se reemplazó un sistema que tenía todas las pantallas con fallos en su visualización por 6 nuevas pantallas y un nuevo servidor



Figura 41. Imagen del nuevo sistema de video Wall para visualización de los sistemas de monitoreo

Reemplazo de computadores personales e impresoras

Se logró la adquisición de 15 nuevos computadores y 3 impresoras que para reemplazar equipo con más de 10 años de existencia.

Desarrollo

Se continuo con el proceso de automatización de los procesos que se ejecutan en la institución, con el mantenimiento de estos y la mejora de los ya implementados.

Aplicativo Web

La aplicación integra varios módulos para la generación de servicios, reportes, la comunicación con la comunidad y entes externos como la SGR.

Se levantaron nuevos requerimientos, se ajustó el diseño del modelo de datos, se realizan pruebas e implementa en el ambiente de producción, migración de datos antiguos para las funcionalidades requeridas y el mantenimiento constante de la aplicación que debe estar funcional todo el tiempo.

Mantenimiento a Funcionalidades existentes:

- Soporte de usuario
- Actualización de funcionalidad

- Análisis de factibilidad e implementación de mejoras
- Reestructuración de código
- Se modifica el sistema para soportar seguridades del servicio web
- Mantenimiento y mejoras
- Mantenimientos correctivos



Figura 42. Diferentes módulos del aplicativo web

Módulo de Informes (producción)

- Mantenimiento y mejoras
- Registro de Actividad Volcánica
 - Migración de datos del aplicativo Sistema de Administración y Mantenimiento – SAM
 - Migración de datos del archivo Excel macros, donde se registraba las bitácoras antiguas
- Informes Periódico Mensual
 - Levantamiento del requerimiento.
- Encuesta sintió el sismo
 - Dashboard de consumo de datos
 - Hoja electrónica de consumo de datos en línea
- Observadores Volcánicos
 - Dashboard de consumo de datos
 - Dashboard de consumo de datos cenizometro

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

INSTITUTO GEOFISICO
IG
Instituto Geofísico

Módulo de Informes

Usuario:

Clave:

Figura 43. Ventana de ingreso al módulo de Informes

Módulo de Estaciones (producción)

- Verificación y validación de datos migrados (en proceso)
- Mantenimiento y mejoras

Módulo de Inventario (desarrollo)

- Revisión de levantamiento de necesidad

Servicios Web (desarrollo, pruebas)

- Servicio de consumo de información de estado de los volcanes – SGR: mejoras
- Servicio de nivel de alerta de los volcanes – SGR (temporal): mejoras
- Servicio Alerta Sismo - SGR
- Servicios para el consumo aplicativo de Observadores Volcánicos y uso por medio de la web
- Servicio ubicación geográfica
- Servicio creación códigos QR
- se añade seguridades con JWT
- Mantenimiento y mejoras
- Mantenimiento correctivo

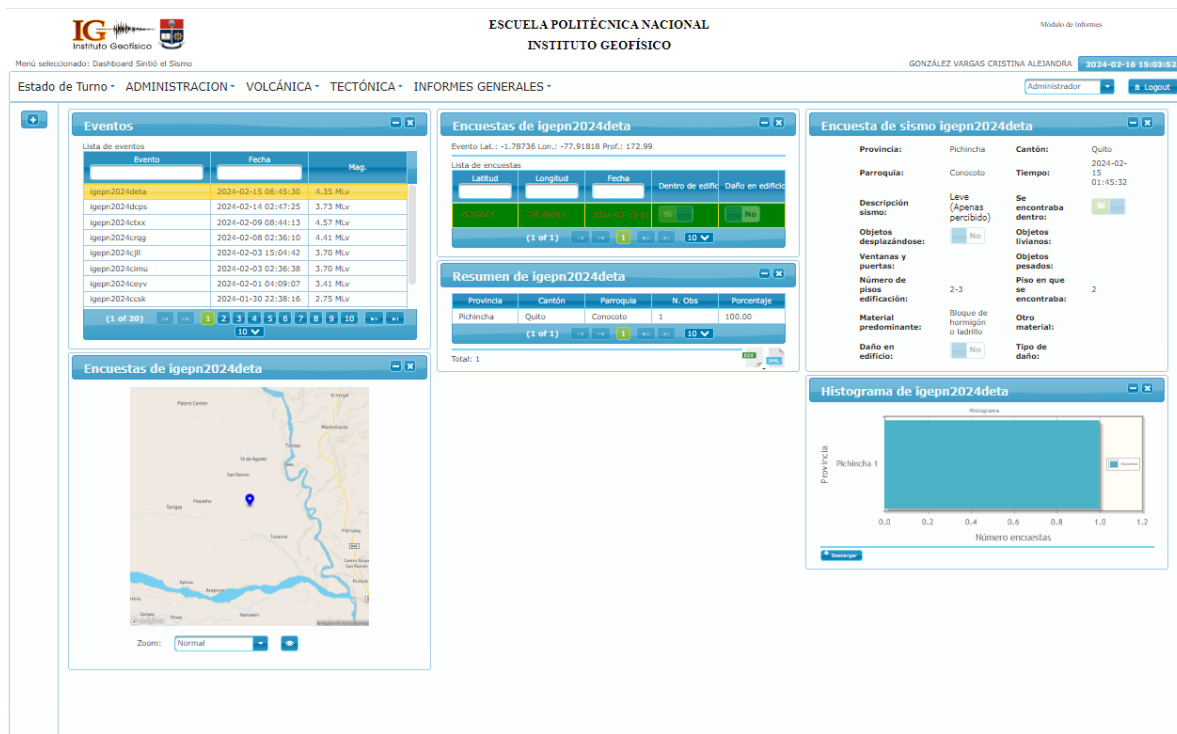


Figura 44. Dashboard Sintió el Sismo

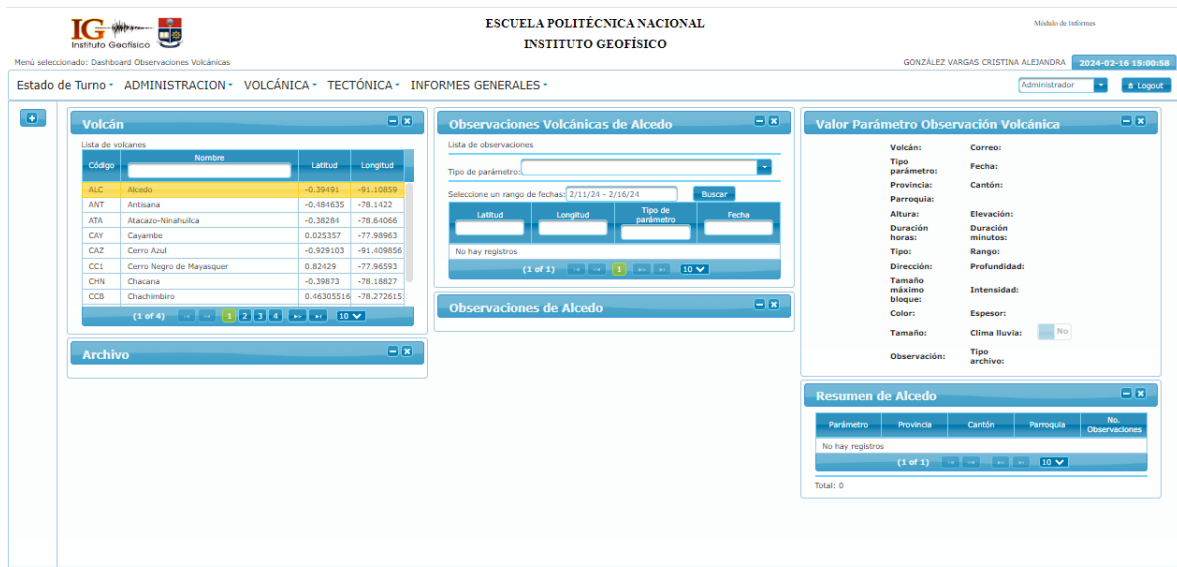


Figura 45. Dashboard Observaciones Volcánicas

Sincronización y Replicación de bases de datos

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento y mejoras

Migración de Seiscomp

- Mantenimiento correctivo
- Migración de eventos definidos en un periodo de tiempo
- Mejoras al proceso de sincronización

Librería bitly: actualización

Chat GPT: prueba de concepto

Base de Datos

- Mantenimiento correctivo
- recuperación de datos

Sistema SIPASS (producción)

Se realizó actualizaciones y mejoras solicitadas por los usuarios

Aplicación de observatorios volcánicos

Se realizó una reingeniería de aplicativo APP OV para la implementación de nuevos requerimientos y para integrar la subida de datos con una base de datos centralizada.

- Se crearon varios servicios web para la sincronización de datos
- Se añadieron nuevas UI y nuevos componentes

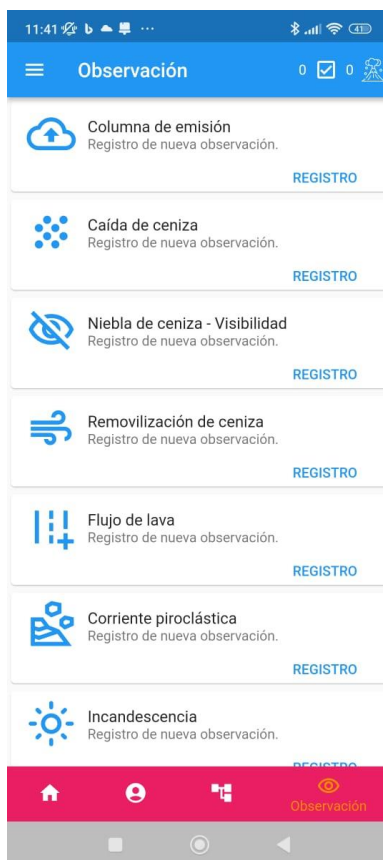


Figura 46. Captura de pantalla de algunas funcionalidades de la aplicación de Observatorios Volcánicas

Línea base de APP Cotopaxi

Se establece lo que podemos llamar una línea base para el desarrollo de una aplicación móvil que permita acceder a la información del volcán Cotopaxi.

VISUALIZACIÓN Y análisis de datos

Instalación y configuración de un sistema para registro de videos volcánicos: servidor ZoneMinder.

El servidor almacena los videos en períodos de 10 minutos y permite eliminar los que no se consideran útiles.

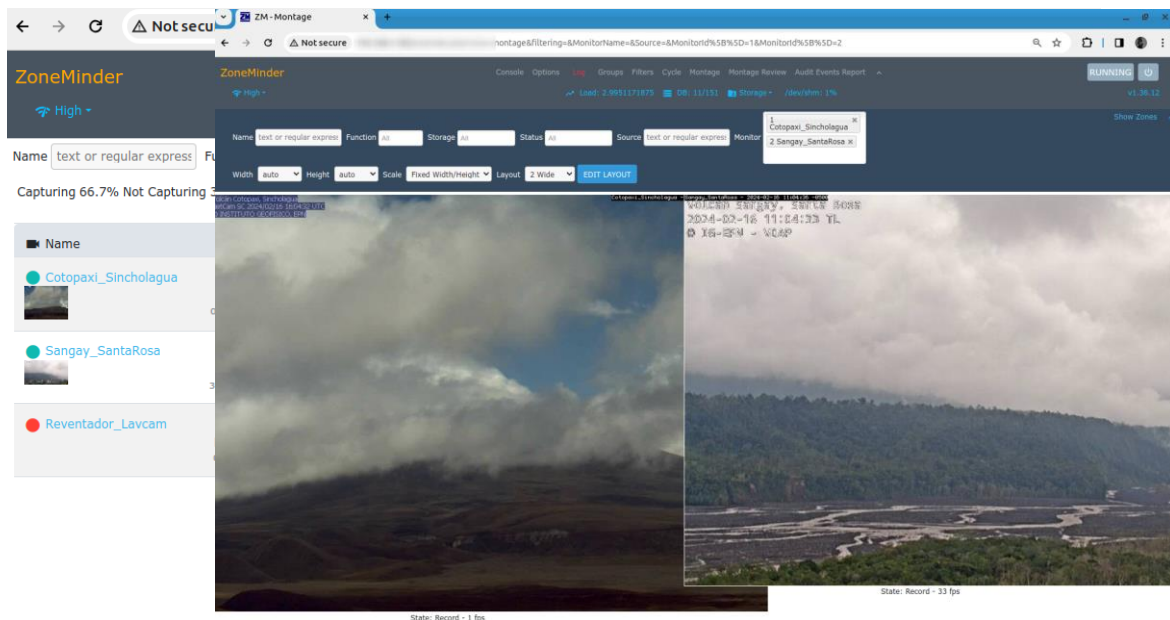


Figura 47. Vista del sistema de registro de videos y un par de imágenes

Actualización del servidor Grafana

Se migró el servidor Grafana y todos los tableros a la versión más reciente.

Tableros de visualización de sismos volcánicos.

Tablero de visualización RSAM.

Tablero de visualización de sismos tectónicos.

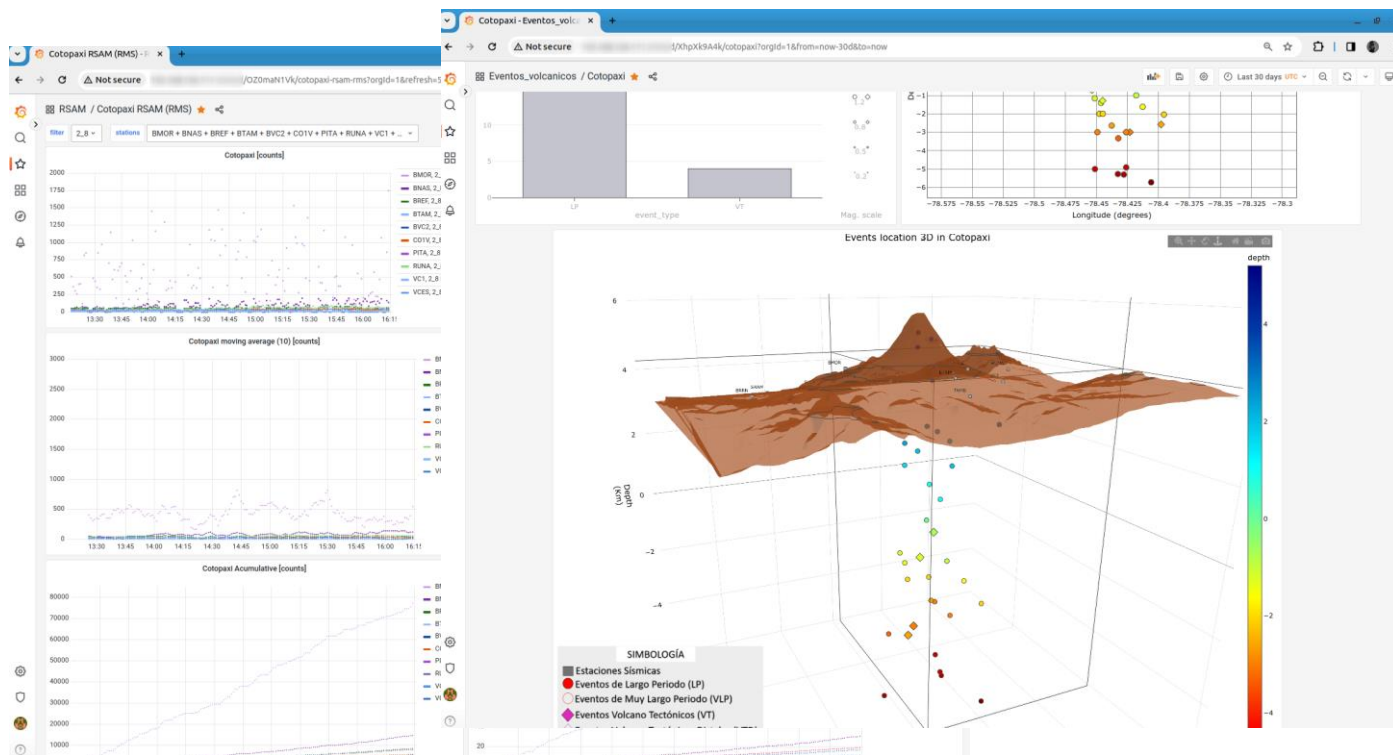


Figura 48. Vista del RSAM y localización de eventos en 3D

Detección de eventos sísmicos con Deep Learning en XAAP

Se modificó el código del programa XAAP para que emplee detección automática.

Se compararon varios modelos pre-entrenados para el volcán Cotopaxi.

Se entrenó un modelo propio para el volcán Cotopaxi a partir de la arquitectura PhaseNet.

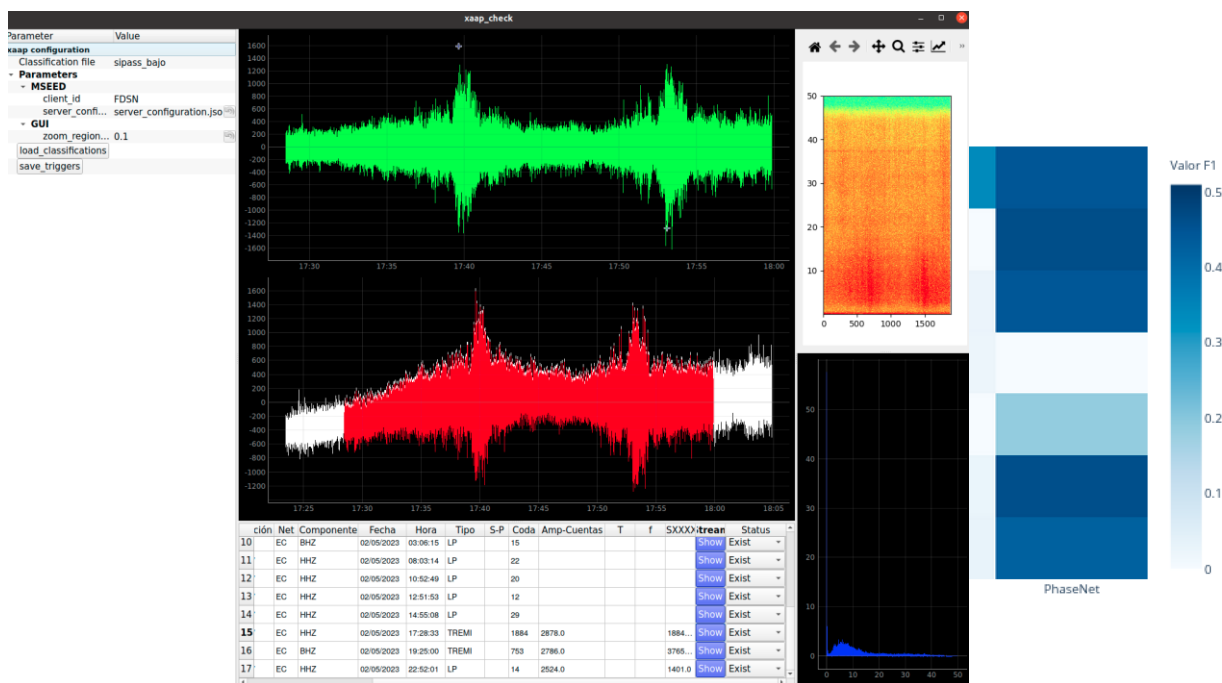


Figura 49. Vista del uso de sistema de detección de eventos

Calculo probabilístico de caídas de ceniza

Se creo un conjunto de scripts en Matlab y se trabajó en ArcGIS PRO para el cálculo probabilístico de las caídas de ceniza.

Se realizó los cálculos para algunos escenarios de 6 volcanes de los que se dispone datos de 120 corridas, una por mes por un periodo de 10 años, con la finalidad de considerar la dirección de los vientos.

1. Atacazo – 3 escenarios
2. Cayambe – 4 escenarios
3. Cotopaxi – 4 escenarios
4. Guagua Pichincha – 4 escenarios
5. Sumaco – 3 escenarios
6. Tungurahua - 5 escenarios

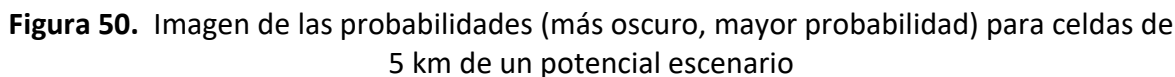


Figura 51. Ejemplo de un mapa creado con el nuevo servicio

Creación de un módulo para análisis de localización en Grafana

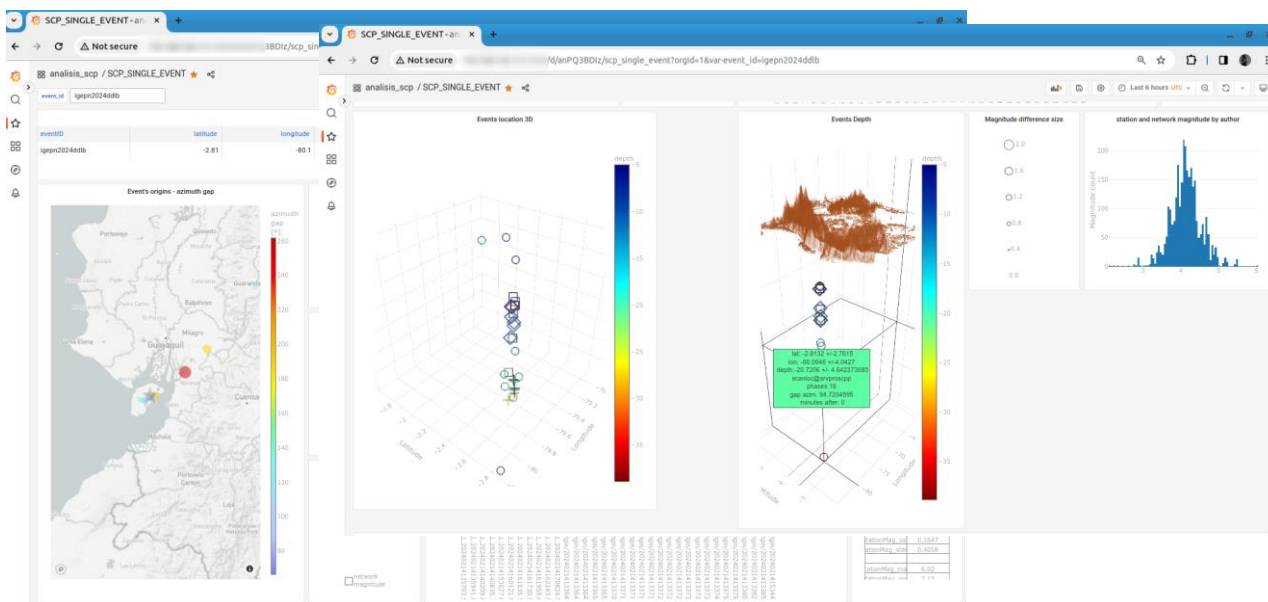


Figura 52. Ejemplo de la localización de eventos

Difusión de datos e información

Migración y actualización de todos los mapas de amenaza sísmica a la nube

Se reestructuro la base de datos del peligro volcánico con nuevos atributos y se volvió a crear los mapas ya publicados y se creó 3 nuevos mapas que hacen un total de 15 Story Maps de 15 volcanes con varios mapas e información detallada de los peligros asociados. Estos mapas se encuentran en la nube y se puede acceder desde la página web del IG.

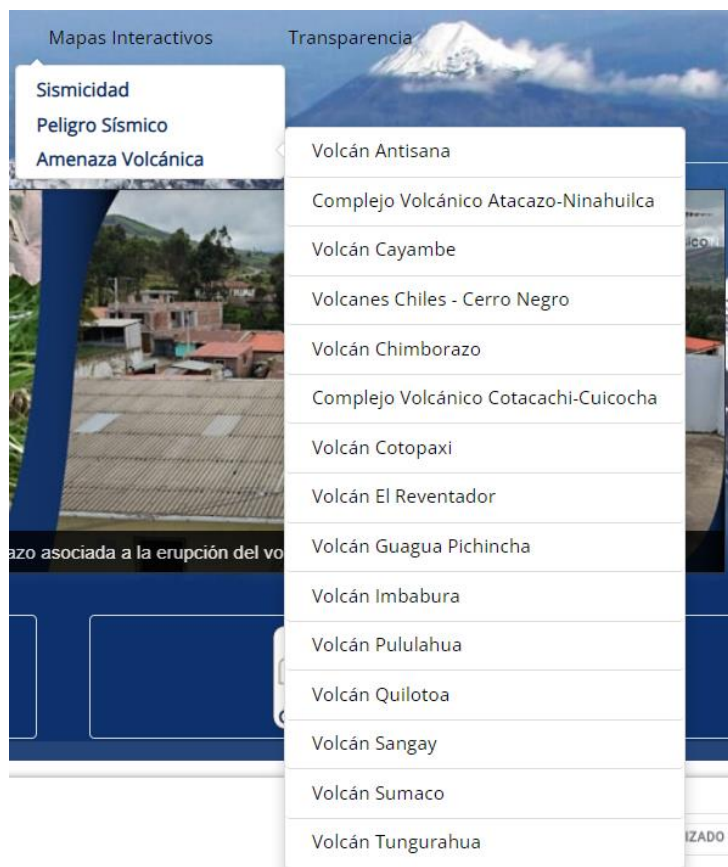


Figura53. Parte del menú en la página web que permite acceder a los mapas interactivos

Vista 3D de los peligros del volcán Sumaco

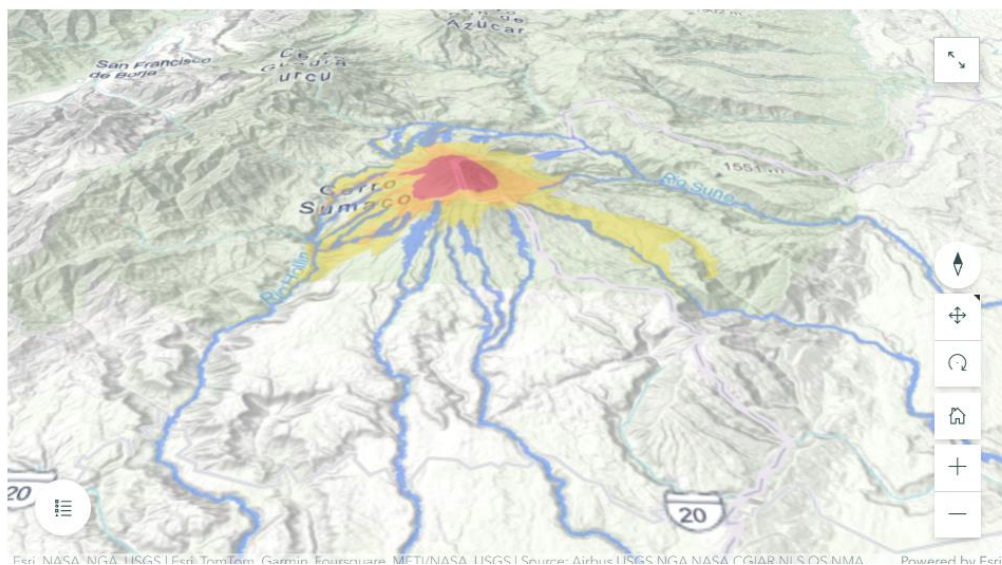


Figura 54. Una vista en 3D de los peligros del volcán Cotopaxi (cada volcán cuenta con varios mapas y una amplia explicación de los fenómenos asociados)

Estos mapas están disponibles en la página web del IG en la sección de mapas interactivos, ejemplo para el volcán Cotopaxi:

<https://www.igepn.edu.ec/mapas/amenaza-volcanica/mapa-volcan-cotopaxi.html>

DATOS PÁGINA WEB Y REDES SOCIALES IG-EPN

Durante el año 2023, del 01 de febrero al 31 de diciembre, la página web del IG-EPN tuvo 855 228 usuarios, teniendo un total de 1'251.870 páginas vistas y una media de 6.33 páginas por visita. El pico de visitas se dio el 18 de marzo de 2023 con 28.329 usuarios, producto de un sismo de magnitud 6.8 ocurrido cerca de la ciudad de Guayaquil.

Sesiones por Grupo de canales predeterminado de la sesión a lo largo del tiempo

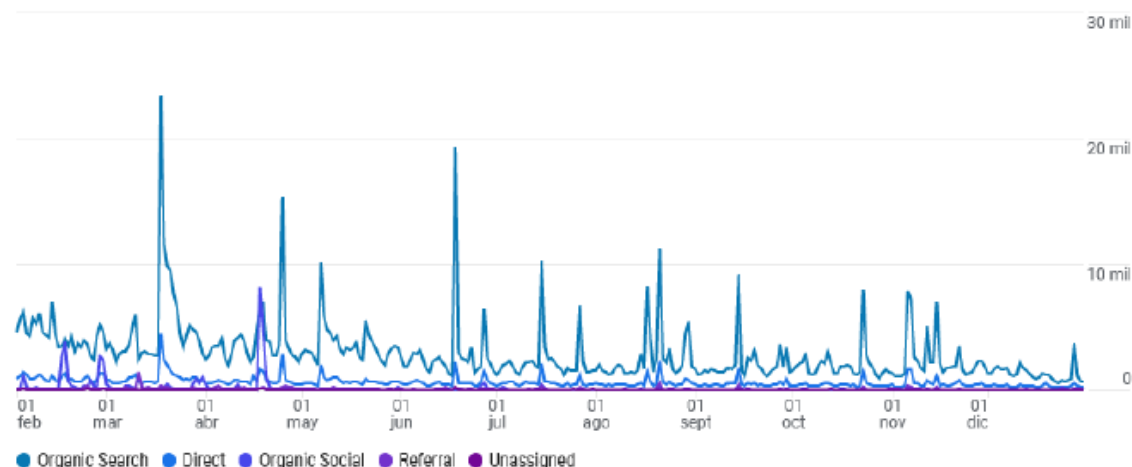


Figura 55. Vista de accesos en el tiempo a la página web

En nuestras redes sociales tuvimos las siguientes estadísticas hasta el 31 de diciembre de 2023:

- Facebook con 1'768.124 seguidores en la página antigua y 6.565 seguidores en la página nueva;
- Twitter con 1'947.752 seguidores;
- YouTube con 7.047 suscriptores,
- Instagram con 82.865 seguidores,
- Threads con 9.736 seguidores,
- TikTok con 1.023 suscriptores y el canal público de
- Telegram con 23.996 suscriptores.

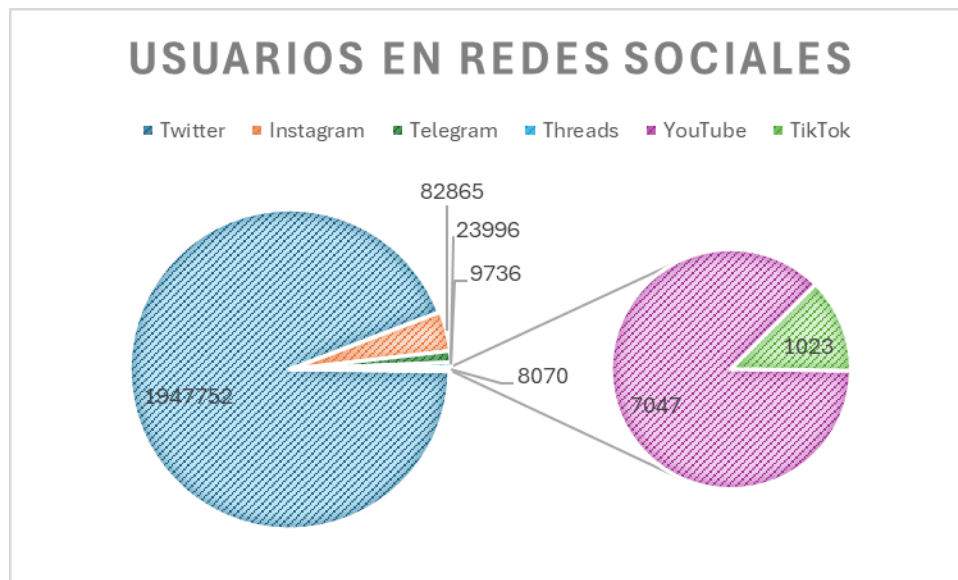


Figura 56. Usuarios en redes sociales del IG

Por medio del formulario de descarga de datos la comunidad realizó 4.244 descargas de datos sísmicos y volcánicos durante el período del 01 de febrero al 31 de diciembre de 2023.

Área Administrativa Financiera

EJECUCION PRESUPUESTARIA 2023

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para el cumplimiento de su misión institucional y los objetivos estratégicos señalados en la Planificación operativa, en el ejercicio económico 2023 dispuso de un presupuesto que alcanza el valor de 1'445.561,38 dólares, el mismo que se encuentra registrado en el Programa 83 GESTION DE LA INVESTIGACION.

El presupuesto señalado se encuentra descompuesto en: Proyecto de Inversión "Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos" cuyo presupuesto codificado alcanza el valor de US\$ 239.545,97; Proyecto de inversión "Fortalecimiento de conocimiento volcánico en el Ecuador para disminuir el riesgo de desastre en la población", con un presupuesto codificado de \$733.449,08, Fondos del Decreto Ejecutivo 3593 que constituyen transferencias corrientes del Presupuesto General del Estado por el valor de \$247.286,36, y los Recursos de Autogestión que constituyen recaudaciones producto de la gestión del Instituto Geofísico por el valor de \$\$225.279,97.

La ejecución del presupuesto se detalla en la siguiente Tabla 4 y se muestra en el gráfico de la figura 57.

MONTO CODIFICADO POR PROYECTO

AREAS PROGRAMAS Y PROYECTOS	PRESUPUESTO CODIFICADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	% CUMPLIMIENTO
Proyecto Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos	239.545,97	138.325,88	57,75%
Proyecto Fortalecimiento del conocimiento	733.449,08	200.202,00	27,30%

volcánico en el Ecuador para disminuir el riesgo de desastre en la población			
Decreto Ejecutivo, fuente 001	247.286,36	212.760,95	86,04%
Autogestión, fuente 002	225.279,97	69.439,05	30,82%
TOTAL US \$	1.445.561,38	620.727,88	42,94%

Tabla 4. Ejecución de presupuesto año 2023 Instituto Geofísico - Fuente: Sistema ESIGEF

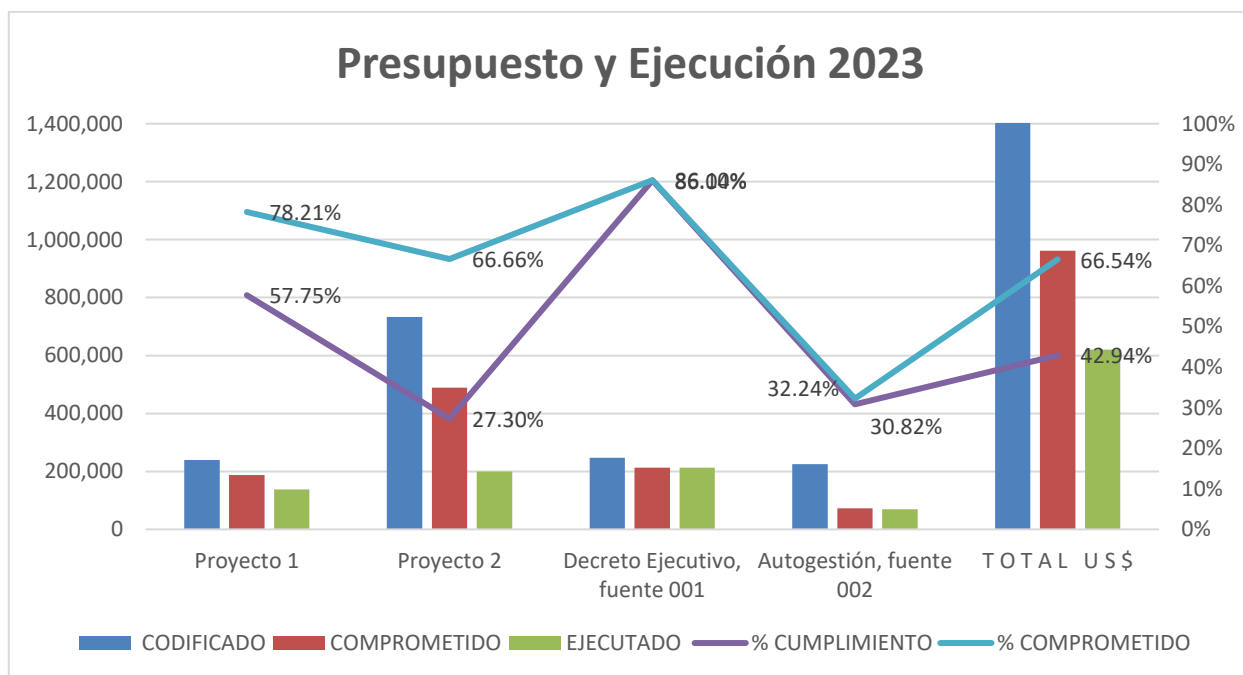


Figura 57. Gráfico Ejecución de presupuesto año 2023 Instituto Geofísico

En la tabla No. 5, se muestra la ejecución presupuestaria por tipo de gasto:

TOTAL PRESUPUESTO INSTITUCIONAL	GASTO CORRIENTE PLANIFICADO	GASTO CORRIENTE EJECUTADO	GASTO DE INVERSIÓN PLANIFICADO	GASTO DE INVERSIÓN EJECUTADO
Proyectos			972.995,05	338.527,88
Decreto Ejecutivo y Autogestión	472.566,33	282.200,00		

Tabla 5. Detalle presupuesto año 2023 por tipo de gasto Instituto Geofísico

Con la finalidad de observar la orientación de la planificación del Instituto Geofísico, es necesario evidenciar a que grupo de gasto se canalizaron los recursos financieros asignados al Instituto en el ejercicio 2023, por lo cual se presenta la ejecución del presupuesto por Grupo de Gasto, en la tabla No. 6 y se puede observar en el gráfico de la Figura 58.

MONTOS CODIFICADOS, COMPROMETIDOS Y DEVENGADOS POR GRUPO DE GASTO

GRUPO DE GASTO	Monto Codificado	Monto Comprometido	Monto Devengado
53 Bienes y servicios de consumo	216.991,11	166.679,20	166.678,98
57 Otros gastos corrientes	144.075,22	98.422,48	95.086,02
73 Bienes y Servicios para Inversión	245.413,97	106.192,34	103.391,44
84 Bienes de Larga Duración	839.081,08	590.525,45	255.571,44
TOTAL US \$	1.445.561,38	961.819,47	620.727,88

Tabla 6. Ejecución de presupuesto año 2023 por grupo de gasto Instituto Geofísico

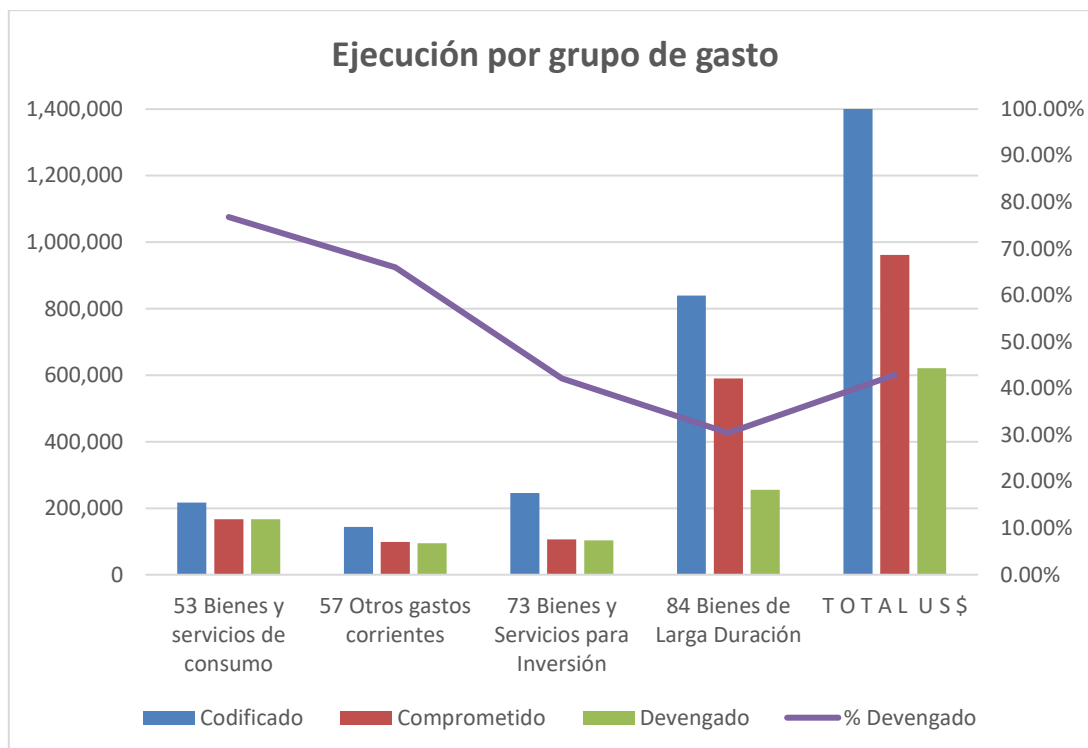


Figura 58. Gráfico Ejecución de presupuesto año 2023 por grupo de gasto Instituto Geofísico

El cuadro corresponde a la distribución de la ejecución presupuestaria por Grupo de Gasto, en el mismo se puede observar que la mayor aplicación del gasto corresponde al Grupo 84 Bienes de Larga Duración, por adquisiciones de equipo computacional fijo y portátil, radios modem, equipo videowall, equipos digitalizadores, equipos sensores sísmicos, estaciones geodésicas, sistemas contra incendios y equipo de aire de precisión, y otros equipos de monitoreo que ascienden al valor de \$ 255.571,44 y que en términos relativos representa el 30,46%.

En segundo lugar, tenemos el Grupo 53 Bienes y Servicios de Consumo, que agrupa procesos tales como servicios básicos; servicios generales; materiales de oficina y aseo; repuestos; accesorios; gastos de informática; edición, impresión, reproducciones, publicaciones, suscripciones; servicios eventuales; honorarios por contratos civiles de servicios y otros, por el valor de \$ 166.678,98 que equivale al 76,81%.

A continuación, tenemos el Grupo 73 Bienes y Servicios para Inversión, al que solo se aplicó el mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos; mantenimiento de equipos; adquisición de repuestos informáticos; contratación de servicios en la nube; adquisición de

alfombras electroestáticas; reguladores de voltaje; baterías; y otros accesorios, que asciende al valor de \$ 103.391,44 y que en términos relativos es el 42,137%.

Por último, tenemos el Grupo 57 Otros Gastos Corrientes, que comprende gastos por concepto de seguros de bienes y accidentes personales; tasas generales e impuestos; matriculación de vehículos, comisiones generadas por las actividades operacionales y otros, por un valor de \$ 95.086,02 y que representa el 66,00 %.

COMPRAS PÚBLICAS

A continuación, se presenta en la tabla No. 7, un resumen de los procesos de contratación de compras públicas por tipo de contratación realizados en el año 2023.

PROCESOS DE CONTRATACIÓN Y COMPRAS PÚBLICAS DE BIENES Y SERVICIOS				
TIPO DE CONTRATACIÓN	ESTADO ACTUAL			
	Adjudicados		Finalizados	
	Número Total	Valor Total	Número Total	Valor Total
Ínfima Cuantía	22	71.957,86	22	71.957,86
Licitación	1	89.885,59		
Subasta Inversa Electrónica	10	586.289,57	7	220.613,82
Menor Cuantía	1	9.888,00		
Régimen Especial	2	60.190,00	2	60.190,00
Catálogo Electrónico	20	17.354,07	20	17.354,07
TOTAL		835.565,09		309.925,75

Tabla 7. Compras públicas año 2023 por tipo de contratación

Por otro lado, es importante señalar que el uso de la plataforma de compras públicas permitió un ahorro de \$118.086,60 dólares con relación a los valores presupuestado en los procesos realizados en el año 2023, como se puede observar en la tabla No. 8

PROCESOS DE CONTRATACIÓN Y COMPRAS PÚBLICAS DE BIENES Y SERVICIOS					
TIPO DE CONTRATACIÓN	Adjudicados				
	Número Total	Presupuesto inicial	Valor Adjudicado	Ahorro en relación al presupuesto inicial	Porcentaje de ahorro en relación al presupuesto inicial
Ínfima Cuantía	22	71.957,86	71.957,86	0,00	0%
Licitación	1	130.912,76	89.885,59	41.027,17	31%
Subasta Inversa Electrónica	10	655.387,00	586.289,57	69.097,43	11%
Menor Cuantía	1	17.850,00	9.888,00	7.962,00	45%
Régimen Especial	2	60.190,00	60.190,00	0,00	0%
Catálogo Electrónico	20	17.354,07	17.354,07	0,00	0%
TOTAL		953.651,69	835.565,09	118.086,60	

Tabla 8. Ahorro en procesos de compras públicas por uso de herramientas del SERCOP

Conclusiones:

- El Instituto Geofísico en el año 2023 alcanzó una ejecución presupuestaria del 43% frente al devengado, sin embargo; considerando los recursos comprometidos, la ejecución alcanza el 66,5%.
- El área de compras públicas, en los procesos de contratación producto de las pujas y negociaciones obtuvo un ahorro del 12%, este ahorro es el resultado de la diferencia entre el valor certificado y el valor adjudicado.
- El Instituto durante el año 2023, realizó 56 procesos de compras públicas de los cuales 5 se encuentran en la etapa de finalización.