



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para el procesamiento primario de sismos volcánicos mediante el sistema Lakiy

Edison Paria¹, Rosa Ancasi², Oscar Cadena³, John Meneses⁴, Mayra Ortega⁵, Rosario Paxi⁶,
Beto CCallata⁷

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, (edisonparia@gmail.com).

² Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, (rosa.ancasi@gmail.com).

³ Servicio Geológico Colombiano, (ocadena@sgc.gov.co).

⁴ Servicio Geológico Colombiano, (jmeneses@sgc.gov.co).

⁵ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, (mortega@ingemmet.gob.pe).

⁶ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, (rosariopaxi@gmail.com).

⁷ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, (beto.ccallata@gmail.com).

RESUMEN

En la actualidad, la cantidad de datos que se recibe en el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET – OVI, está creciendo rápidamente, datos producidos por las diferentes disciplinas de monitoreo volcánico, como son: sísmicos, químicos, geodésicos, visualización de la actividad superficial, entre otros; y por supuesto, no es suficiente con tener la información, ahora es necesario comprenderla analizarla e interpretarla. Independientemente del tamaño de la organización y el tipo de datos que se genera, los datos desempeñan un papel esencial en las decisiones que toma el OVI y su análisis es clave para adoptar las medidas adecuadas.

Sin embargo, administrar estos datos tan diversos puede ser complejo, procesar, almacenar y dar sentido a la información es una tarea de grandes dimensiones. Afortunadamente, la Inteligencia Artificial (IA) ha llegado al mundo de la gestión de datos, permitiendo un acceso de alta disponibilidad y en tiempo real a las herramientas que permiten un análisis ágil y práctico. En este senti-

do, la implementación de sistemas como LAKIY (Cadena & Meneses, 2018) que tienen un núcleo basado en técnicas de IA y que están orientados al procesamiento primario de información sísmica, lo que implica la detección de sismos volcánicos, su clasificación, lectura de parámetros básicos de forma de onda y espectrales, localización y el correspondiente despliegue de esta información en tiempo real, permite mantener una base de datos actualizada de manera oportuna y confiable, haciendo posible un rápido análisis y su correspondiente interpretación.

PALABRAS CLAVE: Inteligencia artificial, Sismos volcánicos, Monitoreo volcánico, LAKIY.

ABSTRACT

The amount of data received at the Volcanological Observatory of INGEMMET - OVI, is growing rapidly, data produced by the different disciplines of volcanic monitoring, such as: seismic, chemical, geodetic, surface activity visualization, among others; and of course, it is not enough to have the information, now it is necessary to under-

stand, analyze, and interpret it. Regardless of the size of the organization and the type of data generated, data plays an essential role in the decisions made by the OVI and its analysis is the key to take the appropriate actions.

However, managing such diverse data can be complex to process, store and making sense of the information. Fortunately, Artificial Intelligence (AI) has arrived in the world of data management, allowing high-availability, real-time access to tools that enable agile and practical analysis. In this context, the implementation of systems such as LAKIY (Cadena & Meneses, 2018) that have a core based on AI techniques and are oriented to the primary processing of seismic information, which involves the detection of volcanic earthquakes, their classification, reading of basic waveform and spectral parameters, localization and the corresponding display of this information in real time, allows maintaining an updated database in a timely and reliable manner, making possible a quick analysis and its corresponding interpretation.

KEYWORDS: Artificial Intelligence, Volcanic Seismicity, Volcanic Monitoring, LAKIY.

DESARROLLO

Actualmente, la tarea principal con la que se dio inicio a la automatización del procesamiento primario de información dentro del OVI, es la implementación de LAKIY, sistema que se ha concebido desde el Servicio Geológico Colombiano (SGC) como un sistema automático-supervisado para el procesamiento primario y en tiempo real de sismicidad volcánica. LAKIY, en su fase de producción, es el sistema principal en el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (SGC) y actualmente se encuentra en una fase de pruebas dentro del OVI con los objetivos de procesar información sísmica, detectar cambios en su línea base y mantener una base de datos bien organizada y de fácil acceso mediante las interfaces diseñadas para PC, web y aplicación móvil (Cadena & Meneses, 2018).

Entre las múltiples técnicas de procesamiento de datos, LAKIY utiliza Redes Neuronales Artificiales (RNA) para detectar y clasificar sismos producidos por un determinado volcán y debido al uso de esta herramienta, es necesario cumplir con un flujo de información que se muestra en la Figura 1.

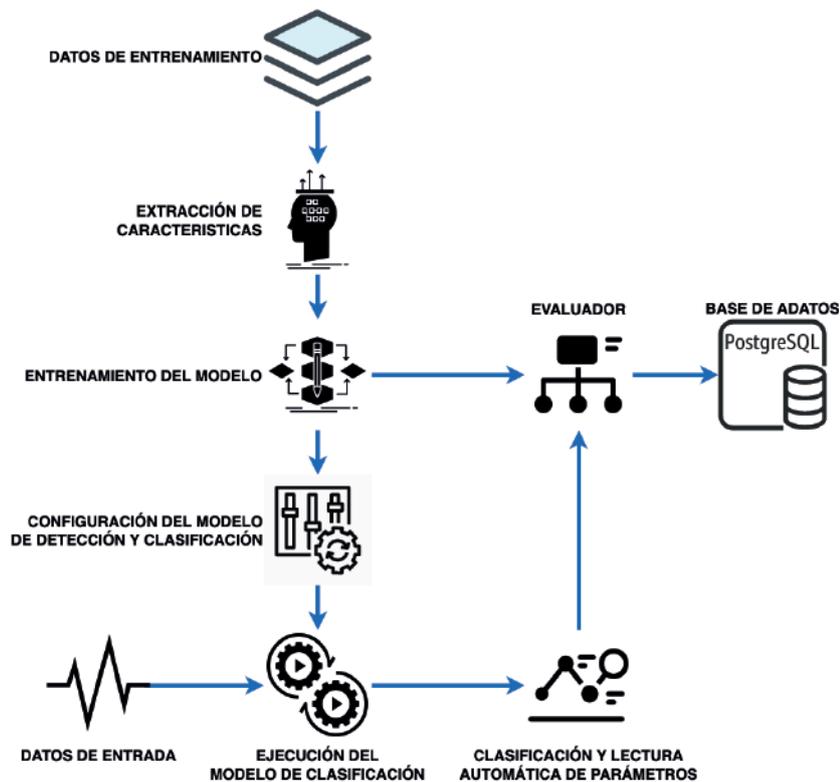


Figura 1 Diagrama de funcionamiento de LAKIY

Como se observa en la Figura 1, se parte de unos datos que se obtienen a partir de las formas de onda de sismos que han sido clasificados manualmente durante el tiempo en que se ha llevado a cabo el monitoreo de los volcanes activos en el Perú, los archivos que contienen los datos de formas de onda deben estar divididos por tipos de sismos (VT, LP, Tornillos, Explosiones, etc.), también es necesario un conjunto de formas de onda correspondientes a ruido. Posteriormente se extrae las características generales de cada tipo de sismo mediante la aplicación de alguna de las técnicas de preprocesamiento y representación que LAKIY tiene dispuestas para tal fin, a continuación, se procede a realizar el entrenamiento de RNA que en primera instancia estarían diseñadas para la detección y en una fase posterior se lleva a cabo su entrenamiento para la fase de clasificación. Este proceso se repite para cada componente de una estación específica (la más estable) que en el caso del volcán Sabancaya corresponde al sensor sísmico de banda ancha SAB07 (estación telemétrica Sallalli), cabe mencionar que, LAKIY puede operar con varias estaciones en una misma ejecución del sistema en tiempo real.

Fases de detección

El entrenamiento de cada una de las componentes de SAB07 se realizó usando un algoritmo bastante conocido en el ámbito de las Redes Neuronales Artificiales llamado Backpropagation (Rumelhart, et al., 1986). Después de realizar los entrenamientos necesarios y la selección de los mismos con mejores resultados, se procede a configurar la forma en que LAKIY detectará los eventos, esta configuración se puede observar en la Figura 2, en la primera sección de la figura se crea una nueva configuración y se selecciona el entrenamiento previamente establecido para cada componente, en la sección central se observa la configuración utilizada por la red neuronal entrenada y en la sección final es posible aplicar diferentes criterios basados en características de forma de onda o espectrales para reforzar la detección, también es posible aplicarlos en la fase de clasificación, entre los de mayor uso se encuentran: frecuencia dominante, frecuencia centroide, frecuencias central, frecuencia de máxima energía, amplitud. Para este caso en particular se configuró al programa de tal manera que si la amplitud máxima de un segmento de traza está por debajo de 5 nm/s, se etiquete como ruido.

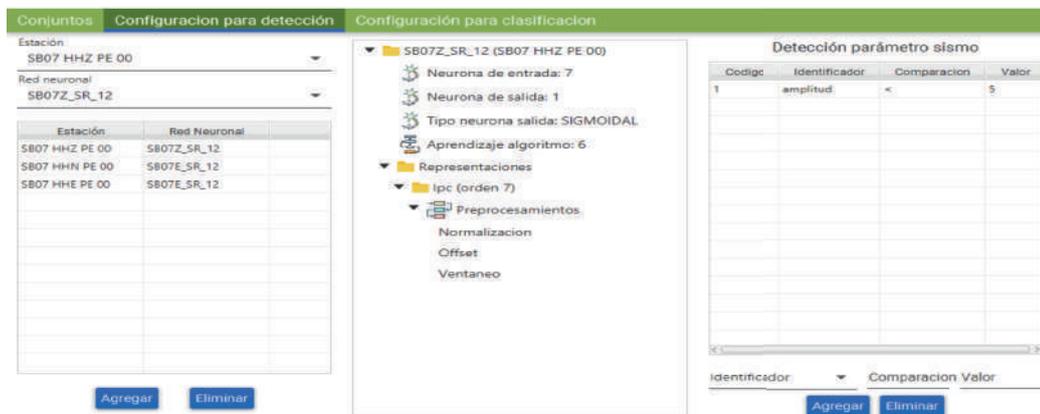


Figura 2 Configuración de detección de eventos.

Fase de clasificación

Para la fase de clasificación LAKIY tiene una herramienta de proceso llamada “Cascada” la cual es necesaria configurar (Figura 3), en esta prueba se creó una cascada para la clasificación de los eventos tipos VT, Explosiones y LP, en cada nivel de cascada se incluyen RNA específicamente entrenadas así como también criterios adicionales para reforzar los resultados de la clasificación. Adicionalmente,

en la Figura 3 se observa que para reforzar la efectividad de la clasificación se utiliza los llamados “PARAMETROS SISMO” y para este caso se ha seleccionado la frecuencia dominante como criterio de refuerzo, el cual actúa mediante la condición “y” junto a las RNA para etiquetar los diferentes tipos de sismos, finalmente se ha incluido la clasificación tipo OTR (otros), donde se ubican los eventos que no se pudieron clasificar, pero que LAKIY si detectó.

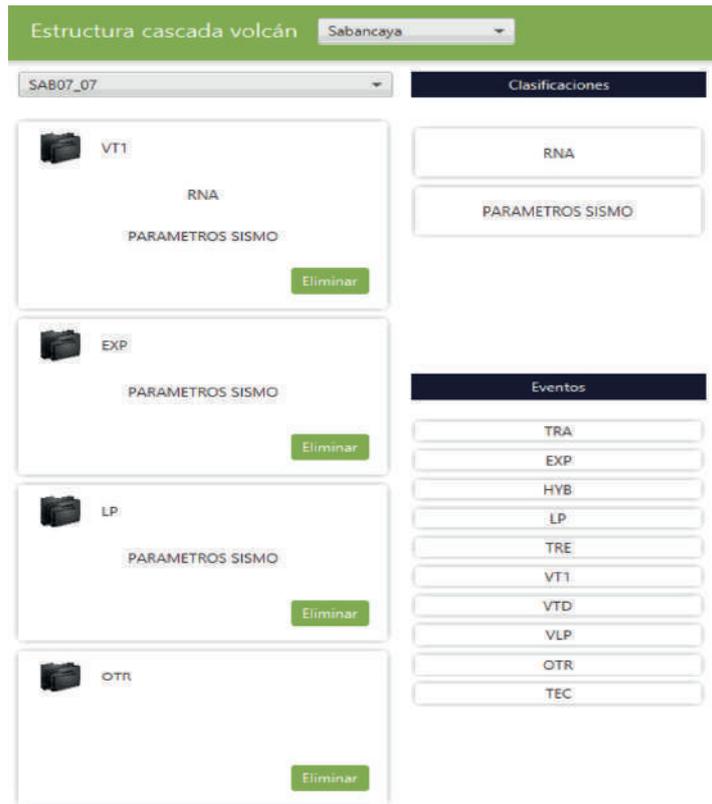


Figura 3 Estructura en cascada de clasificación de eventos (estación SAB07, volcán Sabancaya).

Se configuraron diferentes estructuras de cascada con el fin de obtener el menor error posible. Actualmente se están trabajando con errores menores al 5.00% en detección y menor al 10.00% en clasificación.

En la Figura 4, se puede apreciar una compara-

ción de histogramas del conteo diario por tipo de eventos tanto de manera automática – supervisada (Fig. 4 izquierda) como manual (Fig. 4 derecha), es importante resaltar que, a pesar de que se pueden distinguir diferencias significativas en el conteo de tipos de eventos por día, la tendencia en ambos histogramas muestra similitud.

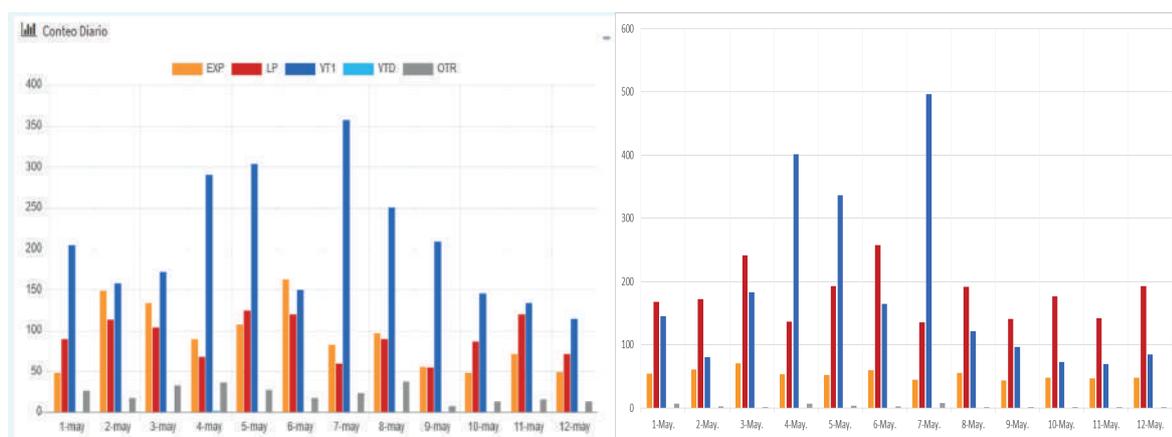


Figura 4 Izquierda: Histograma de conteo diario de eventos sismo-volcánicos detectados y clasificados mediante LAKIY web. Derecha: Histograma de conteo diario de eventos sismo-volcánicos mediante clasificación manual.

CONCLUSIONES

<https://cutt.ly/rd2TQuJ>.

- LAKIY automatiza tareas rutinarias de procesamiento primario de información sísmica para su integración dentro del monitoreo volcánico.
- LAKIY permite la detección y clasificación de sismos volcánicos en tiempo real de manera automática – supervisada y consigue que ésta información, así como la de la lectura automática de parámetros de forma de onda y espectrales se ingresen de manera ordenada a una base de datos bien estructurada a partir de la cual se pueden generar consultas mediante las interfaces gráficas que el sistema tiene para tal fin.
- Debido a las grandes cantidades de datos que se registran diariamente, provenientes del monitoreo de los volcanes, adoptar técnicas de inteligencia artificial como herramienta práctica para gestionar información obtenidos en tiempo real y contar con una base de datos actualizada de manera oportuna y con información confiable, permite proporcionar alertas oportunas a las autoridades y comunidades sobre la actividad volcánica que ponga en peligro su supervivencia o la afectación de sus bienes, por tanto, aportando a la reducción del riesgo de desastres.

CONTRIBUCIONES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

- LAKIY automatiza tareas rutinarias de procesamiento primario de información sísmica para su integración dentro del monitoreo volcánico.
- LAKIY permite la detección y clasificación de sismos volcánicos en tiempo real de manera automática - supervisada y consigue que esta información, así como la de la lectura automática de parámetros de forma de onda y espectrales se ingresen de manera ordenada a una base de datos bien estructurada a partir de la cual se pueden generar consultas mediante las interfaces gráficas que el sistema tiene para tal fin.

REFERENCIAS

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *nature*, 323(6088), 533-536.

Cadena O. & Meneses J. (2018). “LAKIY, un sistema práctico, automático-supervisado, basado en RNA para el procesamiento primario de sismicidad volcánica en tiempo real”. Obtenido de: