

VOLG-1

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E ISOTÓPICAS Y ORIGEN DE MANANTIALES TERMALES DE ALTO PH EN LAS INMEDIACIONES DE ACAPULCO, GUERRERO; MÉXICORamírez Guzmán Alejandro H.¹, Taran Yuri² y Armienta M.A.²¹ Posgrado del Instituto de Geofísica, UNAM
Correo Electrónico: halessnsandro2@hotmail.com² Instituto de Geofísica, UNAM

Manantiales de aguas termales (39-43°C) que descargan en rocas cristalinas y metamórficas del complejo Xolapa en las inmediaciones de Acapulco, México, en una área de aproximadamente 100 km x 50 km, son caracterizados por una salinidad baja (TDS <0.5 g/kg) y el pH muy alto (9.5-10). Los manantiales pueden representar un acuífero regional o un grupo de acuíferos con condiciones similares de circulación y de interacción agua-roca. Los gases presentes en los manantiales son nitrógeno y He enriquecido con alta proporción de Helio radiogénico ($3\text{He}/4\text{He} = 0.12-0.3$ de la proporción atmosférica). El metano de un manantial presenta concentraciones altas CH₄ (10-12%) enriquecido relativamente con ¹³C (δ¹³C = -26‰, PDB). Todos manantiales presentan bajos contenidos de CO₂ (<0.05%) y de Rn (8 a 25 Bq/l). Se realizó el modelado numérico de simulación de interacción agua-roca en un reactor de multi-pasos de flujo usando aproximación de la "primera onda", que modela la infiltración (descenso) de agua meteórica a la profundidad de 100 °C la cual asciende a la superficie con un enfriamiento conductivo hasta 40°C. Se demuestra que este tipo de agua muy diluida de pH's altos puede producirse como el resultado de una disolución gradual de granito y re-depositación de minerales secundarios en equilibrio a lo largo de un patrón de flujo. El sistema cerrado con respecto a CO₂ y una baja concentración del carbono del carbonato en la roca que contiene el acuífero son necesarios para la existencia de un pH alto, logrando agua termal del inicialmente neutral o el agua de lluvia ligeramente ácida. La presencia del material carbonoso en las rocas acuíferas puede explicar las concentraciones observadas del metano enriquecido en los manantiales, así como la composición isotópica de su carbono.

VOLG-2

GEOCHEMICAL VARIATIONS IN SPRING WATERS OF VOLCÁN DE COLIMA AND THE COLIMA GRABENVarley Nick¹, Carvajal García Ma. Antonia¹, Taran Yuri² yArmienta M.A.²¹ Universidad de Colima

Correo Electrónico: nick@uacol.mx

² Instituto de Geofísica, UNAM

Volcán de Colima has three springs located on its southwest flanks, each 5 – 6 km from the summit. The three have different chemical characteristics, but all show evidence of an interaction with volcanic fluids. The most prevalent is the occurrence of the volatile boron. The results of measurements carried out during the previous 7 years demonstrate that the concentration of this element in each spring has shown a clear relationship with volcanic activity. Increases have been recorded prior to the onset of effusive activity, increases in magma effusion rate or injection into the system. Some variation has been observed with other parameters, but their relation is less clear. Monitoring of various springs related to fault structures of the Colima Graben has revealed an influence of the 22 January 2003 earthquake

(magnitude 7.8) on their geochemistry. Changes were noted in water temperatures, composition and free gas output. In some cases these changes were very short-lived, whilst in others it has been more prolonged. In both cases the value of geochemical monitoring is proven: at Volcán de Colima it offers a valuable tool in understanding its behaviour and predicting future eruptive activity; geochemical monitoring of spring waters offers an insight into the tectonics of the Colima Graben and its relationship with major earthquake events.

VOLG-3

ESTIMACIÓN PARCIAL DE LAS RESERVAS GEOTÉRMICAS DE TEMPERATURA INTERMEDIA A BAJA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES, MÉXICOIglesias Rodríguez Eduardo, Torres Rodríguez Joaquín Rodolfo.
y Martínez Estrella J. IgnacioGerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Correo Electrónico: iglesias@iie.org.mx

Como hemos demostrado en trabajos previos, la República Mexicana cuenta con importantes reservas geotérmicas de temperaturas intermedias a bajas (T<200°C), que en la actualidad son mayormente subutilizadas. Dichos trabajos se enfocaron sobre las reservas agregadas de todos los estados de México con recursos geotérmicos conocidos. En este trabajo presentamos una estimación parcial de las reservas geotérmicas de T<200°C para el Estado de Aguascalientes. La estimación es necesariamente parcial porque no se cuenta en la actualidad con la información necesaria para cubrir todos los recursos geotérmicos del Estado.

Por su ubicación en el Eje Neovolcánico Mexicano, el Estado de Aguascalientes cuenta con abundantes recursos geotérmicos. Tanto que, el nombre de su ciudad capital, y por extensión, el del mismo Estado, deriva de la existencia de numerosos manantiales calientes en la localidad. Por ejemplo, nuestra base de datos cataloga 64 pozos de agua que producen fluidos con temperaturas de entre 28 y 52°C y al menos 5 balnearios con aguas termales.

Nuestra estimación incluye aproximadamente 30% de las manifestaciones geotérmicas identificadas, distribuidas en 7 localidades geotérmicas, cuyas áreas que varían aproximadamente entre 2 y 15 km². Para estimar las reservas utilizamos el método de volumen, complementado con simulaciones por el método de Monte Carlo, con el fin de cuantificar las incertidumbres inherentes, y un factor de recuperación de 25%. Nuestros resultados indican que estas reservas están entre 2.4x10¹⁵ y 5.6x10¹⁵ kJ, con 90% de confianza. Las temperaturas de yacimiento más probables varían entre aproximadamente 74 y 149°C, lo que permitiría su aprovechamiento en una gran variedad de aplicaciones útiles en el entorno socioeconómico del Estado, como secado de frutas, cereales, madera, bolques de cemento y otros; concentración de jarabes de frutas; evaporación de leche; calor de proceso para las industrias textil, papelería, azucarera, cervecera, refresquera, etc.; invernaderos; cría de peces y mariscos; spas y balnearios, etc. La magnitud de estas reservas, y las de sus temperaturas asociadas, son potencialmente importantes para impactar positivamente el desarrollo económico de las poblaciones localizadas en las inmediaciones de estos recursos.

VOLG-4

PATRONES QUÍMICOS E ISOTÓPICOS DE FLUIDOS DE POZOS DE LOS AZUFRES, MICHOACÁN RELACIONADOS CON LA EXPLOTACIÓN

Barragán Reyes Rosa María¹, Arellano Gómez Víctor Manuel¹, Portugal Marín Enrique¹ y Sandoval Medina Fernando²

¹ Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Correo Electrónico: rmb@iie.org.mx

² Residencia Los Azufres, Comisión Federal de Electricidad

Se investigaron los efectos de la explotación en el yacimiento geotérmico de Los Azufres, Michoacán mediante el estudio de los patrones de comportamiento de especies químicas (Cl, CO₂, N₂) e isotópicas (d18O, dD) en los fluidos producidos. Los resultados isotópicos del año 2002 indican mezcla de fluidos del yacimiento con fluidos de reinyección en los pozos AZ-2, AZ-16, AZ-16AD, AZ-18, AZ-33, AZ-36 y AZ-46. Las distribuciones encontradas para oxígeno-18, deuterio, cloruro, CO₂, N₂ (en el fluido total) y el «exceso de vapor» de yacimiento muestran valores máximos hacia el oeste de la zona sur del campo en el área donde se localizan los pozos de reinyección. Los valores disminuyen hacia el este del campo con valores mínimos hacia la zona norte. Se estimaron las temperaturas de yacimiento mediante el geotermómetro de composición catiónica en los pozos productores de mezcla y usando el método FT-HSH2 en pozos productores de vapor y las estimaciones de temperatura muestran valores mínimos (~235°C) en el suroeste del campo. Las temperaturas se incrementan gradualmente hacia el este, con valores máximos (~305°C) en el norte del campo. Los patrones de comportamiento obtenidos muestran la respuesta del campo a la explotación y al cambio en las condiciones termodinámicas del fluido profundo hacia mezcla bifásica con una mayor fracción de vapor.

VOLG-5

PATRONES DE CAMBIO DE LAS CONDICIONES TERMODINÁMICAS DEL FLUIDO DEL YACIMIENTO DE LOS AZUFRES, MICHOACÁN, (1982-2002)

Arellano Gómez Víctor Manuel¹, Torres Rodríguez Marco Antonio² y Barragán Reyes Rosa María¹

¹ Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Correo Electrónico: vag@iie.org.mx

² Residencia Los Azufres, Comisión Federal de Electricidad

En este trabajo se presenta un estudio sobre la evolución termodinámica de los fluidos del yacimiento de Los Azufres como respuesta a la extracción y reinyección de fluidos, desde el inicio de su explotación, en 1982 hasta el año 2002. Las condiciones termodinámicas de los fluidos del yacimiento se obtuvieron mediante el simulador de flujo de fluidos y calor en pozos "WELFLO", a partir de datos de producción. Las condiciones termodinámicas iniciales de los fluidos de la zona norte de campo se encontraron en la región de líquido comprimido; la primera respuesta a la explotación consistió en una disminución de presión y un incremento en la entalpía. A largo plazo, estos cambios indican cambios muy pequeños en la presión y grandes incrementos en la entalpía. En la zona sur, las condiciones termodinámicas iniciales de los fluidos indicaron la existencia de líquido comprimido, dos fases líquido dominante, dos fases vapor dominante y vapor. La respuesta de la zona sur a la explotación consistió en una disminución de la presión y un aumento en la entalpía

mientras que a más largo plazo se han observado los siguientes patrones: disminución de presión y gasto, ebullición, enfriamiento, producción de vapor y en los pozos afectados por el proceso de reinyección un aumento en la presión y en la tasa de producción.

VOLG-6

COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR DURANTE LA CIRCULACIÓN EN POZOS GEOTÉRMICOS CON EFECTOS DE TEMPERATURA SOBRE LA REOLOGÍA DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN

García Gutiérrez Alfonso

Gerencia de Geotermia, Instituto de Investigaciones Eléctricas
Correo Electrónico: agarcia@iie.org.mx

En este trabajo se describe un estudio numérico de los fenómenos de transferencia de calor que ocurren en un pozo geotérmico durante la circulación de lodos y considerando el comportamiento no Newtoniano dependiente de la temperatura de varios fluidos de perforación. El código computacional empleado es totalmente transitorio y permite la estimación de las temperaturas de (a) el fluido de perforación en el tubo de perforación y en el anulo, y (b) en la formación circundante. Se considera también el efecto de las pérdidas de circulación. La viscosidad de varios lodos de perforación se evaluó experimentalmente como función de la temperatura, y las correlaciones derivadas fueron implementadas en el código computacional para evaluar los números adimensionales que describen la transferencia de calor y los coeficientes de película, y consecuentemente, las temperaturas de los lodos y la formación como función de la posición y el tiempo. Los resultados obtenidos usando el pozo LV-3 del campo geotérmico Las Tres Vírgenes como ejemplo, muestran que las temperaturas simuladas son altamente dependientes del lodo de perforación usado en particular, y por ende, el grado de enfriamiento varía ampliamente de una formulación a otra.

VOLG-7

PREDICCIÓN DE LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO EN EL INTERIOR DE UNA ZONDA TÉRMICA

Torres Rodríguez Joaquín Rodolfo¹, Iglesias Rodríguez Eduardo¹ y Morales Rosas José Manuel²

¹ Instituto de Investigaciones Eléctricas
Correo Electrónico: rjtorres@iie.org.mx

² Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico

Las sondas utilizadas para la adquisición de datos de temperatura, presión, flujo, etc., dentro de pozos geotérmicos y petroleros, ha evolucionado grandemente hacia la construcción de herramientas que soporten altas temperaturas. La mayoría de las tecnologías utilizan componentes electrónicos para procesar la información obtenida por los transductores. Los componentes electrónicos generalmente son montados en circuitos impresos situados en el interior de las sondas, y la máxima temperatura de operación para la electrónica comercial es de aprox. 75°C. Para los componentes con especificación militar las máximas temperaturas de operación son del orden de 150°C. En la actualidad solo contadas compañías desarrollan componentes para rangos superiores de temperatura, aunque se conoce de componentes que soportan hasta 200°C.

Debido a las limitaciones que genera el uso de tarjetas electrónicas dentro de las sondas, un componente muy importante en el diseño de sondas tanto en el campo de la Geotermia como en el del Petróleo, es el termo que tiene la función de disminuir y/o retrasar la transferencia de calor hacia el interior de la sonda y por consiguiente disminuir la velocidad de calentamiento principalmente de los componentes electrónicos.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas en su Departamento de Geotermia ha trabajado en el desarrollo de sondas para aplicaciones en campos petroleros y geotérmicos en las cual se utilizan termos. Los termos que se han utilizado hasta la fecha son de fabricación extranjera y en la mayoría de los casos se desconocen sus propiedades térmicas.

En el presente trabajo se caracterizaron las propiedades térmicas del termo utilizado en la sonda geotérmica desarrollada en el IIE, con el fin de predecir o estimar la velocidad de calentamiento en su interior. Esto tendrá como consecuencia un mayor control de los tiempos de permanencia dentro de los pozos y seguridad en la integridad de los componentes electrónicos contenidos en el mismo.

Primero se hace un planteamiento del problema, describiendo el equipo desarrollado en el IIE para la obtención de registros de temperatura, presión y flujo en pozos geotérmicos y se resalta la importancia de utilizar termos en el equipo. Se describen las funciones del termo, su construcción, su ubicación en la sonda y se hace una revisión de problemas similares encontrados en la literatura.

Posteriormente se presenta un modelo conceptual que representa el problema físico, las ecuaciones que corresponden a dicho modelo y se plantean los métodos para su solución. Se hace una breve descripción de cómo se construyó el equipo experimental para caracterizar la sondas, sus principales componentes y las consideraciones tomadas en cuenta para adecuarlo y reproducir las condiciones de campo.

Finalmente se muestran los resultados obtenidos durante la experimentación, se presentan los datos en forma grafica para las diferentes corridas a las temperaturas externas programadas, para los diferentes puntos donde se localizaron los termopares.

VOLG-8

SOBRE EL MODELADO MATEMÁTICO Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DE SISTEMAS COMPLEJOS GEOTÉRMICOS, GEOFÍSICOS Y GEOLÓGICOS

Suárez Arriaga Mario César
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Correo Electrónico: msuarez@zeus.umich.mx

Un sistema complejo es todo aquel cuyas propiedades y comportamiento no pueden ser explicadas completamente por la sola comprensión aislada de cada una de sus componentes. Cualquier fenómeno geofísico o geológico, formado por mas de dos partes interactuantes o subsistemas puede considerarse como un Sistema Complejo Natural. Estos sistemas actúan como un todo y no es posible comprender su funcionamiento global sin considerar las interacciones entre todas sus partes. El planeta Tierra como ente geotérmico es una entidad altamente compleja. Los reservorios geológicos conteniendo agua, energía, aceite, gas o minerales son ejemplos concretos de sistemas complejos. Un sistema de esta clase está formado por rocas porosas, deformables de distintos tipos

además de fluidos cuya geoquímica es sumamente compleja. El agua simple cuando se le observa en un rango termodinámico suficientemente amplio resulta ser una sustancia nada sencilla de tal magnitud que, hasta la fecha, no ha sido posible encontrar una ecuación única que explique totalmente su comportamiento. Lo paradójico de este asunto es que las leyes científicas fundamentales son simples. Al menos en la Física y en la Química las cosas pueden explicarse a partir de unos cuantos principios sencillos. Así todo parece simple, todo, excepto el universo y sus interacciones. Discutiendo brevemente la diferencia entre Reduccionismo y Complejidad nuestro, con ejemplos sencillos, que la primera perspectiva ha sido dominante desde las raíces de la ciencia occidental. Pero al momento de abordar el modelado y simulación numérica de sistemas naturales surge de inmediato su complejidad y la necesidad de entender cómo interactúan las partes básicas del sistema. Esta comprensión es más importante que analizar solamente cada una de ellas. La clave de la complejidad radica en comprender cómo a partir de los elementos más simples, y de las relaciones más sencillas, se van tejiendo redes de interacciones que alcanzan la pasmosa complejidad del mundo en que vivimos. Por último, describo brevemente ideas recientes sobre la creación artificial de complejidad a partir del cálculo numérico con autómatas celulares.

VOLG-9

PETROLEO HDROTERMAL ASOCIADO A SEDIMENTOS LACUSTRES EN RIFTS CONTINENTALES: EJEMPLO DEL LAGO DE CHAPALA. PRIMEROS RESULTADOS

Zárate del Valle Pedro F.¹, Simoneit Bernd R.T.² y Ramírez Sánchez Hermes Ullises³

¹ Depto. de Química, CUCEI, Universidad de Guadalajara
Correo Electrónico: pzarate@ccip.udg.mx

² College of Oceanic and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, OR, USA

³ Instituto de Astronomía, Universidad de Guadalajara

El Lago de Chapala localizado en el occidente de México, parcialmente está emplazado sobre el rift Citla el cual, junto con los rifts de Colima y Tepic-Zacoalco, constituye el conocido Punto Triple de Jalisco. Esta región se caracteriza por su actividad volcánica (Volcán de Fuego, Ceboruco), tectónica (sismo 1995, M=8, 40-50 mm al SW) e hidrotermal (San Juan Cosalá, Villa Corona, La Calera).

Ya es conocida la presencia de hidrocarburos hidrotermales en otros sitios de rifts activos tanto continentales (East African Rift), como marinos (Cuenca de Guaymas). En la región de estudio, en 1868 se reportaron por primera vez "los borbolles de hulla negra o chapopote que, frente a la punta de Columba [ribera sur] allá por 1868 y tiempo después, brotaba flotando como cuero charolado". Por este indicio Petróleos Mexicanos perforó en la segunda mitad del siglo XX el pozo de exploración Chapala I-A de 2,348m de desarrollo con resultados negativos.

El betún estudiado es de color negro, sólido y amorfo constituyendo varias "islas" de 3-4m² las cuales sólo son visibles lo suficiente cuando el nivel del lago desciende permitiendo que sobresalgan. En este sitio la actividad hidrotermal se hace evidente por la presencia de manantiales sublacustres p. ej., Los Gorgos, que brota a 26.80m de profundidad con una temperatura de 48.5°C y un pH de 7.8. estos manantiales están orientados N-S lo cual contrasta con la orientación regional predominante E-W. Se presume que el betún está asociado a fracturas regionales E-W.

Los análisis preliminares del betún de dos de estas "islas" por el método de Cromatografía de Gases acoplado con Espectrometría de masas (GC-MS), señalan la presencia de hidrocarburos alifáticos y la ausencia de: alkanos-n, hidrocarburos aromáticos polinucleares (PAH) u otros hidrocarburos aromáticos; lo anterior permite concluir que este hidrocarburo se formó y generó a baja temperatura (150-200°C) teniendo un origen por alteración hidrotermal de la biomasa inmadura (bacterias y algas) atrapada en los sedimentos del lago.

Está en proceso la datación por ¹⁴C de este hidrocarburo así como el levantamiento batimétrico local de detalle ya que actualmente (2003) la profundidad promedio del lago es <4m. Se requiere un estudio estratigráfico de la columna sedimentaria para conocer la profundidad de formación y generación del hidrocarburo.

Durante la exploración de energéticos (geotermia) en zonas de rifts continentales activos que contengan lagos debe de incluirse la exploración de petróleo hidrotermal ya que los estudios recientes muestran que la formación y generación de hidrocarburos hidrotermal en estos sitios es un proceso evidente.

VOLG-10

LA ACTIVIDAD RECIENTE DEL VOLCÁN DE COLIMA

Reyes Dávila Gabriel A.¹, Ramírez Vázquez Carlos A.¹, Nuñez Cornú Francisco² y Suárez Plascencia Carlos²

¹ RESCO, Universidad de Colima

Correo Electrónico: gard@cgic.ucol.mx

² SisVoc, Universidad de Guadalajara

Durante el último año la actual etapa eruptiva del Volcán de Colima (19.51N, 103.62W, 3850m) nuevamente ha manifestado cambios en su comportamiento. Durante noviembre de 2002 presentó un máximo en su actividad efusiva, conjuntamente con la presencia de señales sísmicas del tipo de temblor, de degasificación y de explosión. Hacia finales de febrero terminó la actividad efusiva predominando desde entonces los eventos sísmicos del tipo de explosión, presentándose los mayores de ellos el 17 de julio y el 2 de agosto del presente año. Si bien las explosiones son de características similares a los ocurridos durante 1999 y 2001, en esta ocasión los premonitores a las mismas han sido menores. El reciente terremoto del 22 de enero del 2003, Mw 7.6 y localizado a aproximadamente 80 kms al sur del volcán, aparentemente y hasta ahora, no ha influido en su actividad.

VOLG-11

MONITOREO GEOFÍSICO DEL VOLCÁN DE COLIMA, ESTADO ACTUAL DE LA ACTIVIDAD

Domínguez Reyes Tonatiuh, Ramírez Ruiz Juan José, Bretón González Mauricio, Reyes Dávila Gabriel A., Cortes Cortes Abel, Navarro Ochoa Carlos y Santiago Jiménez Hydyn
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Correo Electrónico: tonatiuh@cgic.ucol.mx

El Volcán de Colima o Volcán de Fuego de Colima (19.51 N, 103.62 W, 3,950 m) es uno de los volcanes más activos en México. Se localiza en el extremo occidental del Cinturón Volcánico Mexicano y forma, junto con el volcán inactivo Nevado de Colima, un complejo volcánico.

La red sísmica (RESCO), ha registrado las últimas 3 erupciones efusivas (1991, 1998-1999 y 2001-2003). Para la erupción de 1998, se contó además, con un distanciómetro para medir la deformación del edificio, con un espectrómetro de correlación (COSPEC) para medir la cantidad de SO₂ de la fumarola y con un sistema de recepción de datos de satélite para registrar temperaturas del cráter y dar seguimiento a las emisiones de ceniza.

Actualmente el Observatorio Vulcanológico cuenta también con una red de inclinómetros, dos cámaras de video que registran de manera continua la actividad y muestreo geoquímico periódico de los manantiales cercanos al volcán. Se tiene proyectado incluir durante el presente año tres parámetros más de monitoreo: gravimetría, magnetometría y gas radón en superficie.

La última erupción, que se desarrolló durante un periodo de 15 meses de efusión de lava, terminó en febrero de 2003, se considera como una de las más largas de los últimos 50 años. Cada erupción registrada instrumentalmente, tiene sus características propias. Esta última por ejemplo, se caracterizó por una actividad sísmica previa a la salida del magma prácticamente nula, y por periodos de temblor de gran amplitud durante la etapa de emisión de lava.

Actualmente se encuentra en una etapa explosiva y se han registrado 2 explosiones importantes que han causado lluvia de ceniza y alarma entre la población. Los parámetros de monitoreo parecen indicar que la actividad que no hay por el momento aporte de magma y la actividad actual es debido a la degasificación del magma atrapado en el conducto.

VOLG-12

PROCESAMIENTO DE SISMICIDAD VOLCÁNICA: EXPLOSIONES Y TREMORES EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA I

Cerda Chacón Juan Carlos¹, Nava Pichardo Alejandro¹ y Reyes Dávila Gabriel A.²

¹ Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Correo Electrónico: jcerda@cicese.mx

² RESCO, Universidad de Colima

Se desarrolló el programa PSV03 para el procesamiento y análisis de datos sísmológicos, con la finalidad de obtener tiempos de arribo, absolutos o relativos, de señales sísmicas a las estaciones de una red sísmológica. Dichos tiempos fueron utilizados para localizar las fuentes de las señales utilizando el programa Disloca, que utiliza un modelo simplificado de la estructura de un volcán representada mediante un cono truncado que sobreyace capas horizontales.

El programa PSV03 incluye:

- Herramientas convencionales de despliegue de datos: cursor, zoom, espectros de Fourier y envolvente analítica.
- Herramientas de filtrado: integración, filtro pasabajos causal ARMA y no causal Hamming, así como filtros rendija, pasabanda y plantilla, estos tres últimos desarrollados para enfatizar el parecido de formas de onda registradas en distintas estaciones.
- Métodos de determinación de tiempos relativos: correlación cruzada, filtro de Wiener, comparación de envolventes, comparación de formas y determinación de fases de Fourier relativas. La técnica de determinación de fases relativas funciona

particularmente bien para la determinación de tiempos de arribo para señales sostenidas (como tremor) y utiliza una nueva herramienta, Espectro mínimo, que ayuda a escoger la frecuencia a utilizar.

Las herramientas implementadas en el programa PSV03 fueron aplicadas a la sismicidad registrada por RESCO en el Volcán de Colima durante noviembre 1998 y febrero a julio de 1999. Algunos resultados de dicha aplicación serán presentados en la segunda parte de esta plática.

VOLG-13

PROCESAMIENTO DE SISMICIDAD VOLCÁNICA: EXPLOSIONES Y TREMORES EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA II

Nava Pichardo Alejandro¹, Cerda Chacón Juan Carlos¹ y Reyes Dávila Gabriel A.²

¹ Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Correo Electrónico: fnava@cicese.mx

² RESCO, Universidad de Colima

Se presenta algunos resultados de la aplicación del programa PSV03 al procesado y análisis de la sismicidad registrada por RESCO durante noviembre 1998 y febrero a julio de 1999. Mediante las herramientas de PSV03 fue posible obtener tiempos relativos de llegada que fueron usados para localizar fuentes sísmicas mediante el programa Disloca.

Once explosiones fueron localizadas dentro del edificio volcánico, agrupadas en la cercanía de El Volcancito y sugiriendo una alineación posiblemente importante.

Utilizando el método de fases de Fourier relativas Buscafase, facilitado por la herramienta del Espectro mínimo, fue posible localizar once episodios de tremor agrupados en tres extensiones de profundidad. Del análisis de estos tremores se encontró:

- a) Clara correlación entre profundidad de fuente y forma de onda, particularmente clara en el dominio de frecuencias.
- b) Posible migración de fuentes de someras a profundas antes de la ocurrencia de una fuerte explosión.
- c) Efectos de estructuras locales sobre señales sísmicas.

VOLG-14

SEGUIMIENTO DEL DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EXPLOSIVA DURANTE EL 2003 DE EL VOLCÁN COLIMA Y EL MONITOREO DE LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS EN EL CRÁTER

Suárez Plascencia Carlos¹, Nuñez Cornu Francisco² y Reyes Dávila Gabriel A.³

¹ Depto. de Geografía y Ordenación Territorial de la Universidad de Guadalajara

Correo Electrónico: csuarez@cencar.udg.mx

² Centro de Sismología y Volcanología de Occidente

³ Red Sismología del Estado de Colima, Universidad de Colima

El Volcán Colima localizado en el occidente de la Faja Volcánica Mexicana, ha presentado a partir del 10 de febrero de 1999 una alternada actividad efusiva y explosiva, lo que ha generado constantes

cambios morfológicos en su cima. Durante las explosiones ocurridas durante el año 1999, el 2000 y principios del 2001, se formó un cráter con dimensiones de 260 por 225 metros una profundidad promedio de 40 m. Este cráter fue llenado a partir del 31 de octubre del 2001 por un Domo que alcanzó un volumen aproximado 1.5 millones de m³. En la primera semana del mes de febrero del 2002 este domo alcanzó el borde sur, comenzando a formar derrames por los flancos sur, noreste y oeste, de los cuales se desprendían constantes derrumbes de rocas de sus frentes, producto de la constante emisión de lava por el domo. Esta actividad efusiva se mantuvo durante el 2002, existiendo pequeñas desgasificaciones y explosiones en este periodo. En el mes de abril del 2003 comienzan a incrementarse el número de explosiones y desgasificaciones en el Domo, siendo estas más energéticas durante los meses de mayo y junio, las cuales fueron registradas visualmente por la "Base Bravo Néctar" de Protección Civil del Estado de Jalisco (UEPC), ubicada en el Nevado de Colima, así como instrumentalmente por RESCO de la Universidad de Colima y la Red Telemétrica de Jalisco de la UEPC.

Con la información aportada por el vuelo realizado en el helicóptero del Gobierno del Estado de Jalisco, se observó que el domo había cambiado totalmente su morfología a la presentada en febrero del 2002, identificándose la desaparición de una amplia superficie de la sección superior del domo, existiendo un nuevo cráter de forma cóncava y elipsoidal con dimensiones aproximadas de 140 x 100 m y una profundidad de 15 m en su parte central, este presentó en su base una morfología de salpicaduras y pequeños cráteres de explosión, resultado de que parte del material expulsado en la columna eruptiva durante los eventos explosivos vuelve a caer dentro del cráter.

En el sector sureste del Domo se identificó otro cráter de forma elíptica que presentó dimensiones aproximadas de 30 por 20 m y una profundidad de 15 m, en donde se apreciaron pequeñas pero continuas explosiones durante el sobrevuelo del 15 de mayo. Este cráter se asocia a explosiones de origen más profundo. Los bordes del domo del 2002 se mantienen, observándose en el sector oeste un escarpe totalmente inestable, en el cual pueden sucederse derrumbes, que quedarían depositados en la zona del Playón.

En la madrugada del 17 de junio se sucedió una explosión que alcanzó una altura aproximada de 2000 m, la cual fue de menor magnitud que la del 22 de febrero del 2000; el 2 y el 28 de agosto ocurrieron otras explosiones, siendo estas las más fuertes registradas en los dos últimos años. Ambas explosiones fueron precedidas de acuerdo a RESCO de prolongados periodos de tremor. Esta actividad explosiva también presentó desgasificaciones en forma de "jets" con duración de algunos segundos hasta un poco más de un minuto y alturas de aproximadamente 500 metros, como la ocurrida el 7 de junio, localizándose su punto de emisión en el cráter del sector sureste. Las columnas eruptivas empezaron a alcanzar mayores alturas, dado que el conducto presenta menos resistencia a la salida del material explosivo, donde la energía sísmica liberada es cada vez menor, concentrándose la mayor parte de la energía en la exhalación.

Como consecuencia de esta actividad explosiva, en el último vuelo se apreció un importante cambio en la morfología del Domo a la observada en el mes de mayo. El cráter tiene dimensiones aproximadas de 160 x 120 m, en donde su profundidad alcanzó aproximadamente los 30 m. El cráter del sector sureste también se ensancho y profundizó. Los bordes del domo presentan una morfología irregular y una serie de bloques heterométricos lanzados por las constantes explosiones.

VOLG-15

ERUPCIÓN 2002-2003 DEL VOLCÁN DE COLIMA: VOLUMENES, TASAS DE EXTRUSIÓN Y EXTENSION DE FLUJOS DE LAVA

Navarro Ochoa Carlos y Cortes Cortes Abel
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Correo Electrónico: naoc@cgic.ucol.mx

La erupción 2002-03, presentó la mayor duración de tiempo de extrusión de lava en los últimos 40 años y posiblemente con las tasas mas bajas de extrusión en ese tiempo. Presentó cortos flujos de lava andesítica en bloques practicamente por todos su flancos a partir de un domo en la cima, al mismo tiempo generó pocos flujos piroclásticos de tipo Merapi de corto alcance. Su principal extrusión consistió en bloques de lava emitidos de diferentes bocas a partir del domo alimentador en la cima y de los frentes de lava de poca extensión. El episodio efusivo terminó gradualmente a mediados de febrero de 2003. Posteriormente el volcán cambió de estilo eruptivo presentando explosiones del domo. Actualmente(30 de agosto de 2003)el domo en la cima (aprox. 2×10^6 m³) han desaparecido y en su lugar existe un crater de aprox. 200 m de diametro por 20 a 30 m de profundidad). Este patron es muy similar al presentado durante 1999-2001 por este volcán, cuando destruyo el domo anterior formado en 1998-1999.

VOLG-16

MODELLING THE ERUPTIVE PROCESSES OF VOLCÁN DE COLIMA

Varley Nick y Gavilanes Ruiz Juan Carlos
Universidad de Colima
Correo Electrónico: nick@ucol.mx

The most recent eruptive period of Volcán de Colima commenced in 2001 with an explosion in February, then periods of dome building from May onwards. Once the crater had been filled, lava flows followed with associated rockfalls. Based upon GPS measurements and derived digital elevation models, the dome volume was calculated to be 0.96 million m³. The eruption was characterized by a low rate of effusion (mean of 0.16 m³ s⁻¹) but lasted 22 months, longer than any episode of recent years. Once the effusion had ceased in March 2003, the activity rapidly changed to explosive, characterised by lower energy degassing and higher energy ash-laden events. The frequency of these small vulcanian explosions reached over one per hour, before decreasing to around one per day in August 2003. The stream of smaller events was punctuated by three larger events on 17 July, 2 and 28 August. These produced ballistics that reached 2 km from the crater and comprised of both dome fragments, but also juvenile material. Throughout this period, a relatively low continual flux of SO₂ was measured, but larger volumes were released as part of the explosive events. A study of the distribution of impacts indicates a different pattern to the explosions of 1999 and 2001. Various geochemical and geophysical parameters showed temporal fluctuations that related to changes within the volcanic system. The data has been combined to produce a model of the eruption that relates different aspects of its behaviour.

VOLG-17

PATRONES ONDICULARES EN TIEMPO-FRECUENCIA ASOCIADOS A ERUPCIONES Y EXPLOSIONES DEL VOLCÁN DE COLIMA

Vargas Bracamontes Dulce¹, Nava Pichardo Alejandro¹ y Reyes Dávila Gabriel A.²

¹ Depto. de Sismología, División de Ciencias de la Tierra, CICESE
Correo Electrónico: dvargas@cicese.mx

² Red Sismológica de Colima, Universidad de Colima

Con la intención de estudiar la evolución en las frecuencias de las señales sísmicas volcánicas que anteceden episodios eruptivos y explosivos, se analizó mediante la transformada ondicular, la actividad sísmica de uno de los periodos más activos del volcán de Colima, el de julio de 1998 a julio de 1999, registrada por la Red Sismológica de Colima (RESCO).

Se empleó la transformada ondicular por ser una herramienta que, comparada con la usual transformada seccional de Fourier, posee mejor resolución en el plano tiempo-frecuencia (o escala).

El análisis realizado permite observar concentraciones claras de energía en determinadas bandas de frecuencia (o escala) en los episodios de interés. Tras cuantificar los patrones, se explora la posibilidad de aplicar la metodología en la evaluación del peligro volcánico.

VOLG-18

AMENAZAS DE LAHARES EN LAS ZONAS SE, S Y SW DEL VOLCÁN DE COLIMA, DURANTE LA PRESENTE TEMPORADA DE LLUVIAS

Cortés Cortés Abel y Navarro Ochoa Carlos
Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Correo Electrónico: abel31@hotmail.com

Hasta la fecha, sobre la Barranca Montegrando, zona SE, se han emplazado tres flujos de lahar, producto de la removilización de material piroclástico emitido por el Volcán de Colima, durante su presente actividad explosiva. El primero y más grande de ellos, ocurrido el 5 de agosto de 2003, alcanzó una distancia de 7 km a partir de su punto de origen. La generación y emplazamiento de futuros flujos de lahar a lo largo de la Barranca Montegrando podría afectar nuevamente la infraestructura eléctrica instalada en esta zona, como lo fue en el verano de 2001 por uno de estos flujos de lahar. A lo largo de La Barranca San Antonio, zona S, se han emplazados dos pequeños flujos de lahar alcanzando distancias de 1.5 a 2 km a partir de su punto de origen. En la zona SW, Barranca La Lumbre, hasta la fecha se ha emplazado un pequeño fuljo de lahar que alcanzó una distancia mayor a los 10 km. Este lahar, removilizó considerablemente el material en la base de uno de los pilares del puente recientemente construido, dejando al descubierto la base de la estructura de protección. La generación de nuevos flujos de lahar de mayor volumen, y emplazados sobre la Barranca La Lumbre, podrían dañar considerablemente la estructura del puente.

VOLG-19

GEOQUIMICA DEL SISTEMA VOLCANO-HIDROTERMAL DEL VOLCAN TACANA

Rouwet Dmitri¹, Taran Yuri¹, Inguaggiato Salvatore² y Varley Nicholas³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

Correo Electrónico: dmitrirouwet@hotmail.com

² Istituto Nazionale de Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Italia

³ Universidad de Colima

El volcán Tacaná (4100 m.s.n.m.), situado en la frontera entre Chiapas y Guatemala, es considerado como un volcán activo. En mayo de 1986, después de una explosión freática, se formó un campo fumarólico a una altitud entre 3200 y 3600 m.s.n.m. Alrededor del volcán, a altitudes entre 1500 y 2000 m.s.n.m., existen varios manantiales termales, con temperaturas hasta 63°C. La composición química de las aguas termales del Tacaná en el periodo 1986-1993 fue presentada por Medina (1986), De la Cruz-Reyna et al. (1989) y un análisis químico del gas fumarólico fue publicado por Capaccioni et al. (1986).

Este estudio presenta la primera serie de datos de isótopos de aguas y gases: hidrógeno, oxígeno, carbono y helio. Además, se presentan los datos sobre la química de las aguas termales y gases, mucho más detallados que antes. La isotopía de H y O de las aguas termales del Tacaná muestra que el agua meteorica tiene la contribución más importante. La geotermometría de cationes de las aguas termales confirma esta contribución meteorica, como todas las aguas son aguas no maduras en un sistema de interacción agua-roca dinámica con una infiltración constante de aguas meteoricas frescas (6000 mm/año de precipitación). Las concentraciones relativamente altas de bicarbonato (hasta 1100 ppm) y sulfato (hasta 1200 ppm) en las aguas termales muestran una desgasificación importante hasta altitudes de 2500 m debajo de la cima del volcán, que indica la presencia de un sistema volcánico-hidrotermal extenso y complejo.

La isotopía de He de gases libres y disueltos confirma la existencia de una contribución magmática, igual en los gases fumarólicos (6.6 R/Ra) que en los gases muestreados en los manantiales termales (5.7-6.2 R/Ra para el gas libre y entre 0.50 y 5.55 R/Ra para el gas disuelto). Estos valores son típicos para gases liberados en volcanes de arcos magmáticos clásicos. Los valores más bajos para la isotopía del He disuelto se deben probablemente a una interacción del basamento granítico, que se encuentra a altitudes hasta 2000 m.s.n.m.

La composición isotópica de carbono del CO₂ del gas fumarólico confirma la contribución magmática en el sistema volcánico-hidrotermal del Tacaná (-3.56 ‰ vs PDB), igual como el carbono total disuelto con valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -1.40 y -3 ‰ vs PDB.

Las concentraciones de bicarbonato y sulfato corresponden con estas medidas en el manantial de Agua Caliente hasta diciembre de 1993, más de siete años después de la explosión freática, que no hace sugerir cambios en la actividad volcánica los últimos diez años. Estos primeros datos de isótopos y química de manantiales muestreados por primera vez, dan una caracterización general de los fluidos involucrados, mientras que series de datos siguientes eventualmente pueden describir los cambios en el sistema volcánico-hidrotermal del Tacaná y en la actividad volcánica relacionada.

VOLG-20

EL CAMPO VOLCÁNICO MONOGENÉTICO DE VALLE DE BRAVO, EDO. DE MÉXICO. GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA

Aguirre Díaz Gerardo J.¹, Jaimes Viera M. del Carmen¹, Nieto Obregón Jorge² y Lozano Santacruz Rufino³

¹ Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, Qro.

Correo Electrónico: ger@geociencias.unam.mx

² Facultad de Ingeniería, UNAM

³ Instituto de Geología, UNAM

Un campo volcánico monogenético, denominado el Campo Volcánico de Valle de Bravo (CVVB), se ubica en el frente sur del sector central del Cinturón Volcánico Mexicano. El campo, localizado al SW del Nevado de Toluca, entre Villa Victoria, Zitácuaro, y Tejupilco (99°50'50"-100°29'40"W, 18°48'35"-19°28'45"N), cubre un área aproximada de 3,703 km² e incluye al menos 122 conos cineríticos, 1 volcán escudo, varios domos, y dos complejos de domos, el ya conocido Complejo Volcánico de Zitácuaro, y el Complejo Volcánico de Villa de Allende, prácticamente desconocido. Parámetros morfométricos de los conos cineríticos y de los domos, y una calibración con edades radiométricas publicadas por Blatter et al. (1998), permiten distinguir 4 grupos con un rango de edades desde Plioceno a Holoceno. Realizamos análisis químicos FRX a 29 muestras. Todos los productos analizados son de la serie calco-alcalina, en el rango de andesitas a dacitas, con una tendencia traquítica, ligeramente potásica, en los productos más básicos (serie calco-alcalina rica en potasio). No encontramos basaltos o andesitas básicas. Aunque se han reportado shoshonitas, nosotros no las encontramos, a pesar de haber colectado muestras de las mismas localidades. En general, las lavas del CVVB son andesitas con una amplia variación en MgO (1-9 wt%), contenidos normales de Na₂O (3-5 wt%) y Al₂O₃ (16-18 wt%), y un rango normal a alto de TiO₂ para este tipo de rocas (0.6-1.2 wt%), donde las andesitas más potásicas son también las más ricas en TiO₂, MgO y FeO. Es común observar andesitas con abundante olivino que parecen xenocristales o incluso pequeños xenolitos del manto, aunque no descartamos todavía un origen co-magmático para éstos. El olivino no fue separado en los análisis químicos, lo que explicaría el alto contenido de MgO y FeO en estas andesitas. Algunas andesitas del CVVB tienen muy altos contenidos de Sr (1000-1800 ppm), sugiriendo procesos adakíticos en su génesis. Las andesitas ricas en Sr tienen también altos contenidos de Ba, Cr, Ni, Cu, CaO, y MgO. Por su parte Y y Nb tienen valores bajos y típicos de rocas orogénicas, aunque Zr (100-200 ppm) está un poco arriba de los valores normales para andesitas (50-150 ppm). El único volcán escudo del CVVB, el volcán San Agustín (base=9 km), se ubica, en general, en o cerca del centro de las tendencias en los diagramas químicos y casi corresponde a la composición promedio del CVVB. Aunque no se fechó, parece ser uno de los primeros eventos del CVVB. Excepto este caso, en general las rocas del CVVB se hicieron más básicas con el tiempo, iniciando con dacitas (SiO₂=66, MgO=1.1), pasando a andesitas promedio (SiO₂=57, MgO=5) y terminando con andesitas bajas en sílica (SiO₂=53, MgO=9.4). A diferencia de otros campos monogenéticos del Cinturón Volcánico Mexicano, el CVVB no incluye basaltos (a pesar de incluir andesitas ricas en olivino) ni lavas alcalinas o de tipo OIB, en base a los datos hasta ahora disponibles.

VOLG-21

MAGNETOMETRÍA APLICADA A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS VOLCÁNICOS EN LA REGIÓN DE LA JOYA HONDA, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO; INFORME PRELIMINAR

López Loera Héctor y Aranda Gómez José Jorge
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.
Correo Electrónico: hlopez@ipicyt.edu.mx

En la región de Ventura, SLP hay varios volcanes monogenéticos que definen alineamientos NW-SE. Los productos volcánicos cubren áreas pequeñas y descansan sobre caliza mesozoica. El volcán más espectacular en Ventura es Joya Honda (JH) que es un cráter profundo (< 300 m) excavado en la caliza. El magma que formó JH es basanítico e interactuó con agua contenida en fracturas en la caliza. La tefra, expuesta principalmente al norte del cráter, tiene en su base las características de un anillo de toba, lo que sugiere una cantidad limitada de agua en el sistema durante las fases iniciales de formación del maar. La parte superior de la secuencia es similar a un cono de toba, los que implica agua abundante al final de la erupción. Un modelo general para la formación de los maares propuesto por Lorenz (Bull. Volcanol. 48, 1986) sugiere que debajo de los cráteres existen diatremas y que el sistema maar-diatrema es formado por el desarrollo progresivo de un cono de abatimiento en el acuífero. Dado que existe un gran contraste entre la susceptibilidad magnética de la basanita y la caliza, Ventura es un lugar idóneo para investigar, mediante el uso de la magnetometría, si los alineamientos de volcanes están unidos a profundidad por un dique alimentador y si abajo del maar JH existe una diatrema.

En la carta aeromagnética 1:250,000 (COREMI, 1995), basada en datos colectados a 450m de altura, se observa que Ventura está en el límite entre dos sectores magnéticos (Sec I y Sec II). Sec I tiene señales con amplitudes bajas (40 nT) y frecuencias altas y se asocia a afloramientos dominados por sedimentos marinos mesozoicos. Sec II tiene amplitudes (20 nT) y frecuencias bajas y coincide con una región con afloramientos de rocas volcánicas félsicas del Terciario. El área de la JH se ubica dentro de Sec I y se correlaciona con una anomalía aeromagnética monopolar, con forma alargada en dirección NW-SE. El cráter coincide con una protuberancia magnética pequeña ubicada al SE de la anomalía, la cual está limitada probablemente hacia esa dirección por una zona de falla de dirección NNE-SSW. La información aeromagnética no permite suponer la existencia de un dique alimentador entre las diferentes estructuras volcánicas existentes en la región de Ventura ya que no existe una continuidad magnética entre estas estructuras.

Se realizaron cinco secciones magnéticas terrestres con una longitud total de 18km. Las lecturas fueron cada 25m y en ellas se obtuvo la intensidad del campo magnético y el gradiente vertical, calculándose el gradiente horizontal. Interpretación de la información terrestre sugiere hasta seis dominios magnéticos, diferenciados por sus intensidades y frecuencias. En el cráter se observa claramente un contraste entre la zona central y la zona periférica. La primera presenta en una sección NE-SW una anomalía monopolar simétrica con valores contrastantes en sus gradientes vertical y horizontal, a partir del centro de la anomalía. Se modelará para establecer si la anomalía en el cráter corresponde a un dique de basanita o una diatrema de caliza y basanita.

VOLG-22

SISMICIDAD EN EL ÁREA DEL VOLCÁN SAN MARTIN, LOS TUXTLAS

Zamora Camacho Araceli, Espindola Castro Juan Manuel y Pacheco Javier
Instituto de Geofísica, UNAM
Correo Electrónico: zaraceli@yahoo.com.mx

El volcán San Martín en Los Tuxtlas, Veracruz es uno de los volcanes activos de México. Su última erupción tuvo lugar en 1793 y duró varios meses en los que esparció ceniza en una vasta área. A pesar de estos antecedentes existen pocos estudios geofísicos sobre el mismo con interés volcanológico. Como parte de un proyecto que contempla el estudio geofísico de este volcán se estableció una red sísmica básica con 3 estaciones, para el estudio preliminar de la sismicidad en el área. El objetivo de esta red fue el de registrar el tipo de señales características del área y establecer su tipo. También se pretendía registrar sismos lejanos con objeto de determinar por medio de su análisis algunas de las características de la estructura tectónica del área. En este trabajo se exponen los resultados de este estudio preliminar

VOLG-23

INSTALACIÓN DE LA PRIMERA ESTACIÓN SÍSMICA EN EL VOLCÁN CHICHÓN

Quass W. Roberto¹, Guevara Ortiz Enrique¹, Castelán P. Gilberto¹, Martínez B. Alicia¹, Ortiz Castro Javier¹, Morquecho Zamarripa César¹, Alarcón Ferreira Ana María¹, Vázquez L. Jazmín¹, Alonso R. Paulino¹, Ramos H. Silvia² y Chan Alfredo²

¹ Centro Nacional de Prevención de Desastres

Correo Electrónico: mariana@sequia.cenapred.unam.mx

² Sistema Estatal de Protección Civil de Chiapas

Dentro de las actividades que desarrolla el Centro Nacional de Prevención de Desastres, se encuentra la de apoyar en la instrumentación de sistemas de monitoreo para la vigilancia de volcanes activos en México. En el año 2002, en colaboración con el Sistema Estatal de Protección Civil de Chiapas y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), se elaboró la propuesta para la instalación de una red sísmica básica en el volcán Chichón. El volcán se localiza al Sureste de Ostuacán y Suroeste de Ixtacomitán, en las coordenadas 17.36°N y 92.23°W en el estado de Chiapas con una altitud de 1260 msnm. La propuesta consta de tres estaciones sísmicas, tres estaciones repetidoras y un Puesto Central de Registro que se ubicará en Tuxtla Gutiérrez, Chis. En el mes de marzo del presente año se concluyó la construcción de la primera caseta en el volcán, localizada al Suroeste del volcán, en las coordenadas 17°21'N y 93°13'W, a una altura de 1000 msnm. A partir de ello comenzaron los preparativos para la instalación tanto de los instrumentos sísmicos, como de los enlaces de comunicación entre la estación y el Puesto Central de Registro (PCR).

A principios del mes de mayo del presente año se instaló la primera estación de monitoreo, los trabajos realizados consistieron en la instalación de paneles solares, instalación de una torre de comunicación de 9 metros de altura (con ayuda de personal de la Secretaría de Obras Públicas de Chiapas), un adquisidor K2 y su antena, un sensor de periodo corto modelo SS1 Ranger y un controlador de carga. A partir de ésta fecha la estación opera satisfactoriamente.

Debido al modo en que actualmente está operando el equipo sísmico, se realizan visitas periódicas por parte de personal de Protección Civil de Chiapas para obtener los registros de la sismicidad del volcán, los cuales son enviados a CENAPRED para su revisión.

VOLG-24

EL PROCESO SISMICO ANTES DE LA ERUPCION DEL VOLCAN USU, HOKKAIDO EN 2000

Zobin Peremanova Vyacheslav¹, Nishimura Yuichi² y Miyamura Jun'ichi³

¹ Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Correo Electrónico: vzobin@cgic.uco.mx

² Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University,
Sapporo, Japan

³ Sapporo District Meteorological Observatory, Sapporo, Japan

La erupción lateral del volcán dacítico Usu, Hokkaido en 2000 fue precedida por la actividad sísmica durante cuatro días antes de la erupción. El enjambre de los sismos volcánico-tectónicos fue registrado a las profundidades entre 4 y 5 km. El estudio de los espectros de las ondas P de alrededor de 600 eventos sísmicos de magnitud entre 2.5 y 4 nos permite dividir los sismos a dos grupos, de la frecuencia de esquina baja (< 10 Hz) y la frecuencia de esquina alta (> 15 Hz). Los eventos del segundo grupo ocurren dos días después del inicio del enjambre, simultáneamente con una gran deformación del edificio volcánico. El análisis de las variaciones de los sismos de los dos grupos de frecuencia en espacio y tiempo conjunto con las variaciones en la deformación sísmo-tectónica de la estructura volcánica está presentado.

VOLG-25

ESTRATIGRAFIA DEL CRÁTER DE EXPLOSIÓN "HOYA LA CÍNTORA", GTO.

Puente Solís Rafael y Carrasco Núñez Gerardo
Centro de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro
Correo Electrónico: rpuente@geociencias.unam.mx

La Hoya La Cíntora es uno de los varios cráteres de explosión (maars) que conforman el campo de Valle de Santiago, se localiza en la parte central de la Faja Volcánica Transmexicana, dentro del campo volcánico Michoacán-Guanajuato. El campo está caracterizado por un total de 20 maars dentro una franja de 7 x 50 km en la que aparecen algunos de ellos alineados en la dirección NNW-SSE. Dicho alineamiento parece estar asociado a una zona de debilidad cortical a lo largo de los cuales los maars hicieron erupción preferentemente. El cráter tiene una forma circular con un diámetro de 1500 m y aproximadamente 150 m de profundidad, en su interior aparece un lago cuya existencia depende de la época de lluvias.

La base de la secuencia estratigráfica que comprende el cráter de La Cíntora está compuesto por dos derrames basálticos, el más antiguo es ligeramente vesicular y tiene textura afanítica, mientras que el más joven es masivo, está fracturado y presenta una textura porfídica. Sobreyaciendo concordantemente un depósito de escorias rojas de actividad estromboliana y una gruesa secuencia de distintas capas de aglomerados volcánicos de 16 metros aproximadamente. Sobre éstas aparece una secuencia estratificada que se relaciona a la etapa formadora del maar. Dicha secuencia comienza con una alternancia rítmica de oleadas masivas de ceniza fina y depósitos de caída, cuyos clastos van de lapilli de medio a grueso. Sobre éstas

capas se presenta una brecha heterolitológica masiva, con abundancia en líticos (clastos alterados y oxidados, basalto vesicular, basalto afanítico, andesita) y cantidades menores de juveniles y cristales. La parte media de la sección oriental muestra un depósito masivo de oleadas intercaladas con capas laminares y lentes consolidados de lapilli. La parte superior de la secuencia fue dividida en tres miembros: 1) Secuencia de brechas de lapilli moderadamente consolidadas con una estratificación burda y lentes de lapilli y bloques, y capas masivas de lapilli con estratificación cruzada y ondulante. Se observa un aumento considerable en los juveniles y una proporción abundante de líticos de basalto. 2) Capas de lapilli, estratificadas, de 10-20 cm de espesor, moderadamente consolidadas. Se observa un claro aumento de escoria juvenil, en comparación con las partes inferiores. 3) Oleadas finamente estratificadas ondulantemente y huellas de impacto.

La secuencia estratigráfica revela una transición gradual de una fase eruptiva efusiva a altamente explosiva, con alternancia de erupciones freatomagmáticas y estrombolianas, lo cual muestra una evolución diferente a los modelos tradicionales. Las variaciones verticales en la proporción de componentes juveniles indican la inyección periódica de magma a la superficie, en especial al final de la secuencia que parece tener una mayor participación de agua. Por otra parte, las variaciones laterales en la secuencia estratigráfica sugieren una migración de los focos de explosión en el interior del cráter.

VOLG-26

ELASTIC MODELING OF GPS RECORDED DEFORMATION ON POPOCATÉPETL VOLCANO

Correa Mora Francisco¹, Cabral Cano Enrique¹ y Dixon Timothy H.²

¹ Instituto de Geofísica, UNAM
Correo Electrónico: pancho@igeofcu.unam.mx

² University of Miami, RSMAS

It is widely accepted that most volcanoes undergo inflation prior to an eruption. However, the general characteristic behavior of Popocatepetl volcano is that of a low rate of deformation in sharp contrast with its continuous eruptive activity over the past years. For example, GPS based deformation observed since 1996 shows a rate of 1.4 mm/yr in total baseline length increase. During increased activity periods such as the preceding months to the June 1997 explosive event, our GPS network was capable of detecting 0.7 mm, and -12.4 mm of total motion in the north and east components respectively and 31.6 mm in the vertical component, once the regional tectonic velocity vector is removed. Elastic modeling results of Popocatepetl GPS network sites indicate that the small deformation observed can only be explained by a very small source. GPS results are thus consistent with the absence of a large magma chamber and instead show that the recorded deformation is the result of pressure increase either on a very small chamber or along magma feeding conduits.

VOLG-27

MÉTODO NUMÉRICO PARA LA SIMULACIÓN DE ISOPACAS DE COLUMNAS PLINIANAS

Espíndola Castro Juan Manuel¹, Charpentier Isabelle² y Godínez Calderón María de Lourdes³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM
 Correo Electrónico: jmec@servidor.unam.mx

² Laboratoire de Modélisation et Calcul

³ Instituto de Geografía, UNAM

Las isopacas de depósitos volcánicos de tipo pliniano han sido utilizadas por varios años para la estimación de columnas volcánicas. Una gran mayoría de los investigadores utilizan gráficas de máximo desplazamiento en la dirección del viento contra máximo desplazamiento perpendicular, obtenidas por medio de un modelo numérico de Carey y Sparks (Bull. Volcanol., 48, 109, 1986). Sin embargo este procedimiento arroja valores muy gruesos porque se obtiene de los casos particulares considerados por estos investigadores. En este trabajo se presenta un método para construir isopacas sintéticas, por medio de la solución por el método de Runge-Kutta de las ecuaciones de conservación en una columna volcánica y las ecuaciones de movimiento de una partícula sujetas a la fricción del aire. Dado que la altura de la columna eruptiva depende de condiciones iniciales de velocidad, temperatura y contenido de volátiles, se presenta también la sensibilidad de las dimensiones de las isopacas a cambios en estos factores, y como afectan los estimados de la altura de columna.

VOLG-28

COMPARACIÓN ENTRE LA FÁBRICA MAGNÉTICA Y LA ORIENTACIÓN PREFERENTE DE MICROCRISTALES EN RIOLITAS DEL "DOMO DE OBSIDIANA", CALIFORNIA, EUA

Cañón Tapia Edgardo¹ y Castro Jonathan²

¹ Depto. de Geología, CICESE

Correo Electrónico: ecanon@cicese.mx

² Department of Geology, Oberlin College

En este trabajo presentamos resultados de mediciones de ASM hechas en muestras colectadas en el "Flujo de Obsidiana", California, EUA. La comparación de estas mediciones con la orientación de microcristales observados ópticamente se utilizó para calibrar la técnica de ASM en lavas de esta composición. A pesar de que los valores de la susceptibilidad media encontrados en el Domo de Obsidiana ($1.06-7.04 \times 10^{-3}$ SI) son mucho menores que los valores típicos encontrados en basaltos (10^{-2} SI), el grado de anisotropía de las lavas riolíticas (3.4-10.7) fue mucho mayor. En lo tocante a la forma característica del tensor de susceptibilidad magnética, se encontraron formas alargadas y achatadas (parámetro B con valores de -8.6 a +6.4) que presentaron una correlación con la dispersión observada en la orientación de los microcristales. Estas variaciones, a su vez, pueden ser relacionadas con cambios en la orientación de la dirección local de extensión, de manera que no hay una relación simple entre la dirección de flujo estimada a diferentes escalas. Sin embargo, los resultados reportados en este trabajo muestran que las mediciones de la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) de lavas de esta composición también pueden dar información respecto a las direcciones de flujo, tipo de deformación experimentada por la lava durante su emplazamiento y tazas de deformación relativas entre diferentes partes de un mismo flujo.

VOLG-29 CARTEL

ACCIONES EN EL MONITOREO DEL VOLCAN CHICHON. INSTALACION DE LA PRIMERA ESTACION SISMOLÓGICA

Ramos H. Silvia

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
 Correo Electrónico: silviaramos@terra.com.mx

El Volcán Chichón, considerado dentro de los 14 activos del país, está situado al Noroeste del Estado de Chiapas, México, a los 17°72' latitud norte y 93°14' de longitud oeste, a unos 350 kms de la trinchera mesoamericana. Luego de manifestarse con incipientes fumarolas durante los primeros meses de 1982, el Volcán entró en actividad violenta el 28 de marzo y el 3 y 4 de abril, originándose una de las erupciones más importantes de nuestro país y del mundo en el siglo pasado, generando columnas eruptivas que se elevaron más de 17 Km, produciendo una gran dispersión de cenizas y flujos piroclásticos cuyas cenizas destruyeron y sepultaron total o parcialmente la región dentro de un radio de 15 kms a la redonda.

Esta presentación tiene como objetivo dar a conocer los avances y logros obtenidos en los trabajos de la puesta en marcha de la primera estación sismológica en el Volcán Chichón, que tiene como objetivo, junto con el monitoreo geoquímico, contar con una base de información que permita detectar oportunamente algún cambio en su actividad que pudiera indicar una reactivación o cambios que produzcan riesgos a la población aledaña.

Esta estación se localiza en el borde noroeste del cráter del Volcán Chichón, con equipos adquiridos por el Gobierno del Estado de Chiapas. La puesta en operación de los instrumentos es un proyecto conjunto del Gobierno Estatal, a través de la Subsecretaría de Protección Civil, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, el CENAPRED, el SINAPROC y el Instituto de Geofísica de la UNAM.

VOLG-30 CARTEL

MODELO DE DOS ACUIFEROS PARA EL SISTEMA VOLCANO-HIDROTHERMAL DEL VOLCAN CHICHON

Rouwet Dmitri¹, Taran Yuri¹, Inguaggiato Salvatore² y Varley Nicholas³

¹ Instituto de Geofísica, UNAM

Correo Electrónico: dmitrirouwet@hotmail.com

² Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Palermo, Italia

³ Universidad de Colima

El volcán Chichón, situado en el noroeste del estado de Chiapas, hizo erupción en marzo-abril de 1982 y muestra hasta la fecha todos los tipos de manifestaciones hidrotermales en y alrededor de su cráter activo: aguas termales, fumarolas, un lago cratérico y "steaming ground".

Las aguas de los manantiales termales de Agua Caliente (AC), al sureste fuera del cráter, presentan un comportamiento químico estable en los seis años de observación (1995-2001). La concentración de Cl en AC se quedó mantenida a un valor alrededor de 2000 ppm. No se observa ninguna relación entre la concentración de Cl del lago cratérico y la de AC, que hace suponer que no existe una conexión directa entre ambos cuerpos de agua, sea el lago y su acuífero somero

relacionado en el sistema volcano-hidrotermal activo y el acuífero más profundo que alimenta los manantiales fuera del cráter, con AC como el grupo de manantiales más importante.

Un valor nuevo de la isotopía de He en los gases fumarólicos (7.16 R/Ra) confirma que la contribución magmática para el sistema volcano-hidrotermal del Chichón sigue bastante alta, lo que se nota solo en los gases casi no absorbidos (como He), o no completamente absorbidos en un cuerpo de agua subterránea (como CO₂). Mientras tanto, el Cl magmático, proveniente de la desgasificación actual, se absorbe en un acuífero más profundo. Aparte del acuífero dinámico bajo el cráter se sugiere la existencia de un acuífero profundo que alimenta los manantiales de Agua Caliente, Agua Tibia y Agua Salada. Este acuífero sirve como una pantalla, un "buffer" parcial, para la contribución magmática, que está presente pero no se manifiesta con gran intensidad en la superficie del cráter. Tomando en cuenta esta hipótesis nueva, un monitoreo geoquímico de los manantiales termales alrededor del volcán puede servir para describir los cambios en la actividad actual del volcán Chichón, con más anticipación que un monitoreo de las manifestaciones cratéricas.

VOLG-31 CARTEL

MODELACION MEDIANTE EL METODO DE MOGI DE LA FUENTE DE DEFORMACION EN EL PROCESO ERUPTIVO DE 1998-2001

Santiago Jiménez Hydyn y Ramírez Ruiz Juan José
Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima
Correo Electrónico: hydyn@cgic.ucol.mx

El Volcán de Fuego de Colima es uno de los volcanes más activos de la República Mexicana y que se caracteriza por presentar un patrón eruptivo con explosiones violentas recurrentes de aproximadamente cada 100 años (Luhr et al., 1990a). Dado que su última gran actividad se presentó en 1913 y con ese patrón de comportamiento, la modelación de la fuente de magma para diagnosticar pequeñas actividades como la de 1997-2000 y la de 2001-2003 reviste una gran importancia por la información y los modelos de pronóstico que se pueden determinar. Con la información recolectada de distanciametría electrónica (EDM), medidas desde dos estaciones bases (Membrillera y Nevado) en el transcurso de 1997 al 2002, se obtuvieron datos importantes, que han permitido hacer la modelación de las fuentes de presión que provocaron las deformaciones sobre el edificio volcánico.

Aplicando el modelo de Mogi para estas deformaciones, se determina que la fuente que provocó estos desplazamientos para los eventos eruptivos de 1998 y 2001, se localizó, a una profundidad estimada de 3610 metros, y con un radio de 605 metros.

VOLG-32 CARTEL

EVENTOS SÍSMICOS LP Y VLP ASOCIADOS CON EL COMPORTAMIENTO ERUPTIVO DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

Arciniega A.¹, Chouet B.¹, Dawson P.¹ y Asch G.²

¹ USGS, Menlo Park, California

Correo Electrónico: aarciniega@usgs.gov

² GeoForschungszentrum Potsdam, Germany

Como parte del programa de cooperación internacional entre el Centro de Geociencias de Potsdam, Alemania, el Servicio Geológico de Estados Unidos en Menlo Park California, y el Instituto de Geofísica de la UNAM, se instaló y operó una red instrumental de banda ancha de Noviembre de 1999 a Julio del 2000.

15 estaciones, con sensores Guralp entre 100 y 120 s, se distribuyeron en los flancos del volcán y 7 estaciones, con sensores de 30 s, en los alrededores del poblado de Amecameca al noroeste del Popocatepetl.

Durante el experimento la actividad eruptiva se caracterizó por emisiones de gas y ceniza, y el emplazamiento de un domo de lava en el interior del cráter. Las emisiones de gas y ceniza fueron acompañadas de eventos sísmicos de período largo (LP) y en ocasiones de temblor. Los eventos LP se presentaron como eventos aislados o como secuencias de eventos individuales con duraciones comparables a las de las emisiones. Las erupciones de gas y ceniza consistentemente exhibieron eventos de período muy largo (VLP), con períodos de alrededor de 25 s.

Eventos LP, temblor de fondo y enjambres de eventos híbridos, asociados al proceso de construcción del domo, se presentaron en secuencias de mínimo 30 min. de duración. Las señales VLP con períodos alrededor de 30 s y temblor de período muy largo con períodos entre 15-22 s, claramente correlacionaron con eventos vulcanianos y se registraron en toda la red de banda ancha. Los resultados preliminares del análisis de localización de eventos LP y VLP indican que la fuente es superficial, aproximadamente 1 Km por debajo del cráter.

VOLG-33 CARTEL

DEFORMATION MONITORING AT THE COLIMA VOLCANO DURING THE PERIOD OF ACTIVITY FROM 2001-2002

Ramírez Ruiz Juan José, Bretón González Mauricio y

Domínguez Reyes Tonatiuh

Observatorio Volcanológico, Universidad de Colima

Correo Electrónico: ramirez@cgic.ucol.mx

The activity of November 1998 at the Colima Volcano is characterized by the rapid lava emission that covered the top of the edifice in two days. It continued until 2000. During this phase the deformation monitoring shows periods of inflation and deflation that correlate with this effusive process. During 2000 the Colima Volcano shows a relatively quiet phase with small degasifications, where the deformation monitoring shows few changes. At the beginning of the 2001 an increase in seismic activity shows the beginning of a new movement of magma. In August 2001 the deformation shows inflation that is assumed to correlate with a lava extrusion that could not be observed until October 2001 with the growth of a "lava spine". A new lava dome began to develop with a slower lava emission than the

1998 emission. It continued until the beginning of 2002. In February 2002 lava overflow and pyroclastic flows began to move down the South flank of the volcano edifice. The deformation parameter will be shown in this presentation

VOLG-34 CARTEL

COMPARACIÓN DE LA SISMICIDAD PREVIA A LAS EXPLOSIONES DEL VOLCÁN DE COLIMA

Reyes Dávila Gabriel A.¹, Ramírez Vázquez Carlos A.¹ y Nuñez Cornú Francisco²

¹ RESCO, Universidad de Colima
Correio Electrónico: gard@cgic.ucol.mx
² SisVoc, Universidad de Guadalajara

Desde el inicio, en 1989, del monitoreo sísmico del Volcán de Colima por la Red Sismológica Telemétrica del Estado de Colima, RESCO, se han registrado al menos ocho eventos explosivos que por su naturaleza, hora de ocurrencia o condiciones meteorológicas han causado impacto en los habitantes de los alrededores del volcán. Si bien en al menos seis de los eventos se han emitido recomendaciones a las autoridades de protección civil, la disminución paulatina en el tiempo y tamaño de los precursores sísmicos hacen cada vez más difícil una adecuada interpretación de los mismos. Se presenta en este trabajo un análisis comparativo del desarrollo de los premonitores sísmicos a las explosiones reportadas así como del tipo de sismicidad presentada.

VOLG-35 CARTEL

COMPARACIÓN DE LOS PROCESOS ERUPTIVOS 1998-2000 Y 2001-2003 EN EL VOLCÁN DE FUEGO DE COLIMA

Bretón González Mauricio, Ramírez Ruiz Juan José y Domínguez Reyes Tonatiuh

Observatorio Vulcanológico, Universidad de Colima
Correio Electrónico: mauri@cgic.ucol.mx

El proceso eruptivo que dio inicio en noviembre de 1998 y se mantuvo durante el año 1999 y 2000 indicó un aumento significativo en la actividad con respecto a los 40 años anteriores. El crecimiento de un montículo de bloques de lava de aproximadamente 50 metros de diámetro por 20 metros de altura en el interior del cráter formado por la explosión de 1994 y que rellenó un volumen de 380 000 m³ en menos de 24 horas hizo pensar que la actividad podría evolucionar rápidamente. Los días siguientes el domo de lava empezó a desbordarse por el costado Sur-Suroeste del edificio volcánico, ocasionando flujos piroclásticos en las barrancas de San Antonio y Cordobán. Durante 1999-2000 el cambio en el estilo eruptivo produjo varias explosiones que arrojaron fragmentos incandescentes a una distancia de 3.5 Km desde la cumbre del volcán. En octubre de 2001 brotó en el fondo del cráter, producto de las explosiones de 1999-2000, un nuevo domo de lava. Este domo creció a una tasa moderada pero constante durante enero y febrero de 2002 hasta alcanzar un volumen considerable. A finales de febrero y principios de marzo de 2002, el domo rebasó los labios del cráter del volcán y empezó a formar flujos de lava. Durante marzo y abril de 2002 se presentaron derrumbes de rocas y avalanchas incandescentes sobre los flancos Sur, Suroeste y Oeste del cono volcánico, mismos que se mantuvieron durante todo el año.

A principios de 2003 continuaba la salida de material a una tasa de emisión de 0.15 metros cúbicos/s. En los meses siguientes se detuvo la salida de lava y sobrevino el sellamiento de la cima. A partir de entonces se han presentado degasificaciones y explosiones entre las que destacan las del 17 de julio y 2 de agosto.

La evolución de la actividad nos permite pensar que podemos estar ante un posible escenario tipo 1913 (VEI 4) en donde el material involucrado por las dimensiones actuales del domo puede afectar a las poblaciones ubicadas en un radio de 30 km de la cima.

VOLG-36 CARTEL

RED BASICA DE MONITOREO DEL PICO DE ORIZABA

Mora González Ignacio¹, Rodríguez Elizarrarás Sergio¹, Murrieta Hernández José Luis¹, Córdoba Montiel Francisco¹, Quass W. Roberto², Guevara Ortiz Enrique², Castelan P. Gilberto², Ortiz Castro Javier², Alarcón Ferreira Ana María¹, Morquecho Zamarripa César² y Valdés González Carlos M.³

¹ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana
Correio Electrónico: fcordoba@uv.mx

² Centro Nacional de Prevención de Desastres

³ Instituto de Geofísica, UNAM

El 29 de agosto del año curso se instaló en el flanco este del volcán Pico de Orizaba la tercera caseta de telemetría sísmica con la que se concluyó la primera etapa de la instrumentación del volcán y que conforma la red básica de monitoreo junto con sus antecesoras: la estación de componente vertical Halcón POHV en la cara norte y la estación de tres componentes Chipe POC ubicada al sur del edificio volcánico. Por la ubicación de esta nueva estación de monitoreo, la recepción continua de datos se hará en Centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad y Veracruzana en la ciudad de Xalapa de donde se retransmitirá al Puesto Central de Registro del Centro Nacional de Prevención de Desastres CENAPRED, en la ciudad de México.

La ubicación de la estación (19°02'17.4" Norte y 97°14'18.5" Norte y Oeste y a 4100 msnm), corresponde a un costado de pared casi vertical que se eleva cerca de 25 metros y que corresponde a un afloramiento de roca volcánica clasificada como andesita Rancho Viejo (Carrasco, 1994). En la base de la pared, la roca presenta poca alteración por intemperismo. En el sitio seleccionado se presenta en la base de la pared una pequeña meseta natural de roca que utilizó para la colocación del sismómetro.

La tercera estación consta de un sismómetro vertical de periodo corto y equipo de telemetría analógica con subportadora de audio de 1360 Hz, radio calidad de voz con portadora de 412.000 MHz y antena omnidireccional de alta ganancia. Para la alimentación de estos instrumentos se utiliza un banco de 2 baterías libres de mantenimiento en flotación con dos paneles solares.

La caseta que aloja a los elementos anteriores fue construida con convintec de 1m x 1 m x 1m y esta protegida por una malla perimetral. En la parte superior de la roca se localizan dos torres de tres metros que soportan a las celdas solares, la antena y al pararrayos de tipo dipolo.

El beneficio mas importante que se obtiene con la red básica es que ahora se dispondrá de la información que permita determinar con mayor certeza el epicentro de los eventos sísmicos que se originan al interior del volcán y la naturaleza de los mismos. Se ha corroborado

por medio de la información que aportan las otras estaciones la ocurrencia de algunos eventos cuyo origen se localiza dentro del edificio volcánico y que, para los propósitos de monitoreo e investigación que se persiguen, los datos que se obtengan en lo sucesivo impactarán incluso en la planeación de actividades como la protección a la población civil.