

## DISEÑO DE REDES GEODÉSICAS PARA EL MONITOREO DE DEFORMACIONES VOLCÁNICAS EN COSTA RICA

Rodolfo van der Laet y Efraín Menjívar

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

### INTRODUCCIÓN

Los cinco volcanes más activos de Costa Rica son monitoreados mediante las técnicas convencionales de sismología, geoquímica y geodesia; desde 1978. Estos son: Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba (Figura 1).



Figura 1. Localización de los volcanes en estudio

Los estudios geodésicos iniciaron a finales de la década de los setentas con arreglos de nivelación de precisión conocidos como inclinómetros secos o “dry tilt”. Posteriormente se iniciaron las redes geodésicas o arreglos simplificados de EDM. Desde 1995 se han instalado instrumentos de registro continuo como tiltmeters o GPS y se ha iniciado la práctica de sensores remotos para deformación o InSar. En general las técnicas aplicadas son las de aplicación generalizada, descritas en Dsurizin, 2006 y Van der Laet, 1996. Algunas adaptaciones e innovaciones se han realizado en volcanes de Costa Rica de acuerdo a condiciones locales y recursos disponibles. Estos retos son expuestos en Poland et al, 2006.

En el presente trabajo se describen las metodologías empleadas, y la distribución de las redes de deformación de los volcanes. Los resultados se discuten por aparte.

### METODOLOGÍAS

- a- Nivelación de precisión: Consiste de la monumentación de hitos en los cuales se aplica la técnica convencional de nivelación de precisión con el objetivo de obtener elevaciones relativas de los puntos, en relación a puntos estables fuera de la zona de estudio. Implica una gran labor a pie de al menos tres operadores: uno en el nivel y dos en las miras. Esto lo convierte en una técnica muy lenta. Sin embargo es la técnica de mayor exactitud entre toda la gama conocida.
- b- Medición electrónica de distancias o EDM por sus iniciales en inglés de “Electronic Distance Meter”. Es una técnica convencional de la geodesia que consiste en la emisión de algún tipo de energía (normalmente

rayos láser) que se refleja en prismas o reflectores remotos, para ser procesada como la distancia entre el emisor y el prisma. Cuando se combina con la observación de ángulos precisos en cadenas de triángulos se pueden resolver redes geodésicas que aportan la posición 2D de cada vértice. Es usual en monitoreo de volcanes el desarrollo de redes simplificadas donde se miden n distancias desde un solo punto fijo.

c- GPS (Global Positioning System). Tecnología que permite determinar posición milimétrica de puntos sobre tierra, a partir de señales emitidas por satélites. Puede aplicarse el modo de campaña (reocupación temporal periódica de los puntos o la instalación permanente del sensor para registro continuo).

### LAS REDES DE DEFORMACIÓN VOLCÁNICA:

a- Volcán Arenal. La red del volcán Arenal incluye nivelación precisa, EDM y GPS y se muestra en la Figura 2. El diseño, implementación de la red GPS 3D y resultados preliminares se discuten en Muller et al, 2009.

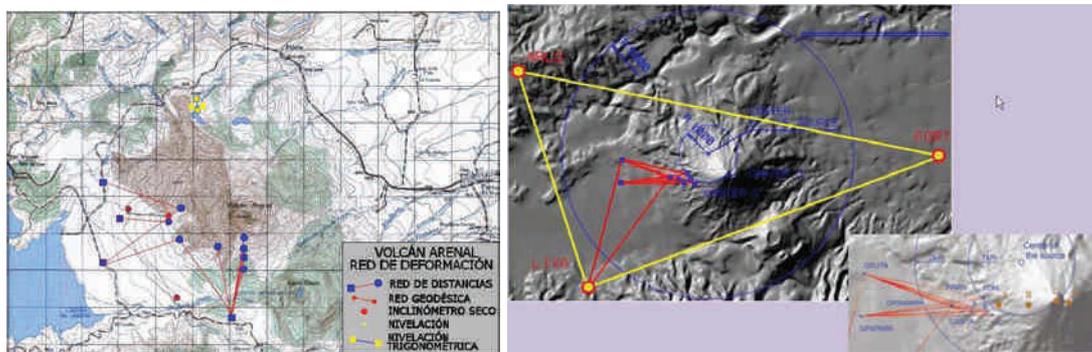


Figura 2. Redes de deformación del volcán Arenal. A la izquierda la red de EDM y nivelación. A la derecha la red de GPS 3D externa (amarillo) e interna (rojo)

b- Volcán Poás. La red del volcán Poás incluye dos sectores de nivelación precisa, una red geodésica y una red EDM y se muestra en la Figura 3.

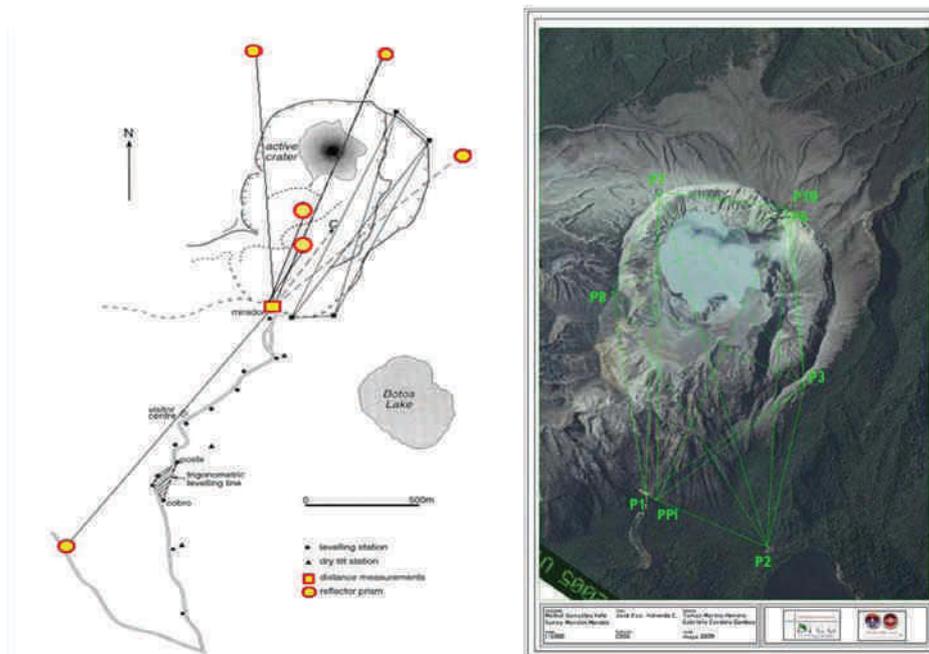


Figura 3. Red de deformación del volcán Poás. A la izquierda la red EDM y nivelación. A la derecha la red geodésica interna. Por escala no se muestra la red externa de 4 vértices.

- c- Volcán Irazú. La red del volcán Irazú incluye una red geodésica, una red de nivelación GPS, dos sectores de nivelación precisa y un arreglo simplificado de EDM. Se muestra la red en la Figura 4. La red de nivelación GPS es descrita en Van der Laat et al, 2008.

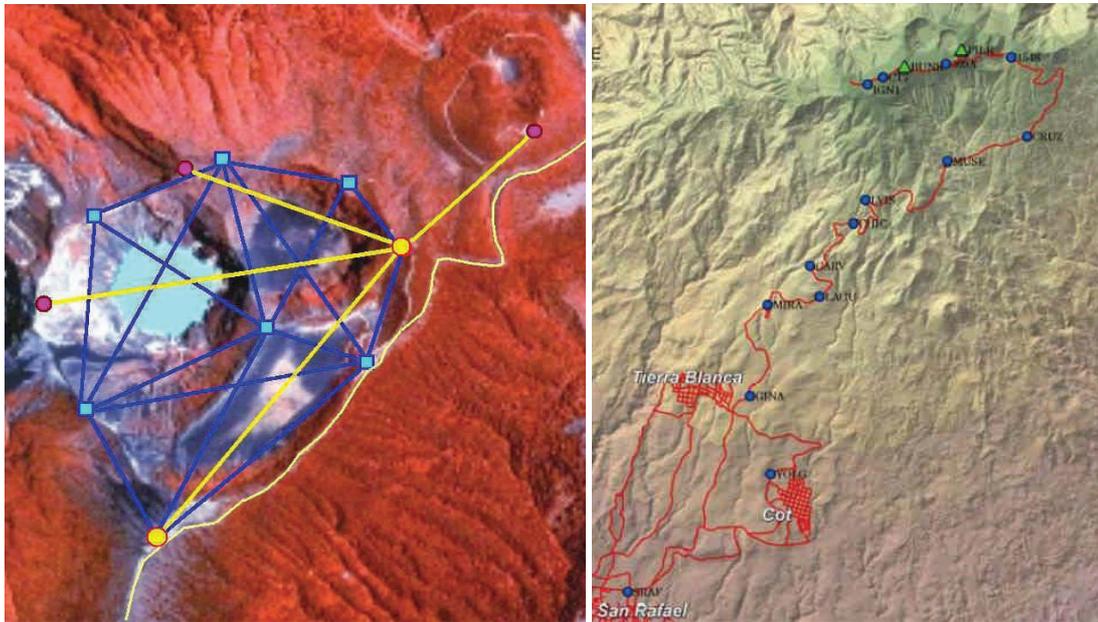


Figura 4. Red de deformación del volcán Irazú. A la izquierda la red geodésica de la cima con líneas azules y la red EDM con líneas amarillas. A la derecha la red de nivelación GPS que se extiende unos 16 km al SW de la cima.

- d- Volcán Turrialba. La red del volcán Turrialba incluye una línea de nivelación precisa, una red EDM 3D y dos GPS de registro continuo. Se muestra en la Figura 5



Figura 5. Red de deformación del volcán Turrialba. Los puntos rojos son prismas 3D, medidos con EDM desde los sitios color cyan, orientados con GPS con las líneas rojas. Los óvalos color naranja representan GPS de registro continuo.

## REFERENCIAS

- Dsurizin, D. 2006. *Volcano Deformation*. Springer Praxis Books.
- Poland, M., Hamburger, M., Newman, A., 2006. The changing shapes of active volcanoes: History, evolution, and future challenges for volcano geodesy. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 150 (1-3), 1-13.
- Van der Laat, R. 1996. Ground-Deformation Methods and Results, en: Scarpa, R., and Tilling, R., 1996, *Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards*, Springer, Berlin, 147-168.
- Van der Laat R, Villar M y Muller C, 2008. GPS diferencial 3D y nivelación GPS para monitoreo de volcanes activos. Dos casos de estudio: Arenal 2008 e Irazú 2007. *Memorias del X Congreso Internacional de Topografía, Catastro, Geodesia y Geomática*, San José, Costa Rica 18-19-20 Setiembre 2008.
- Muller C, van der Laat R, Cattin P.H, del Potro R, 2009. Three-dimensional stochastic adjustment of volcano geodetic network in Arenal volcano, Costa Rica. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 11. EGU2009-1012-3, 2009. European Geosciences Union General Assembly 2009.