

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOWITZ, M.; STEGUN, I. (1972) Handbook of mathematical functions. Dover Publications, New York. 1046 pp.
- ABELLA, R.; ZLOTNICKI, J.; GARCÍA, A. (2000) *Volcanomagnetismo*. En Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Astiz, M.; García, A.; (editores). Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 325-340
- ABRIL, M.; IBAÑEZ, J. (2000) *Uso de antenas sísmicas en ambientes volcánicos*. En Astiz, M.; García, A. (editores) Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 283-296
- AGNEW, D. C. (1986) *Strainmeters and tiltmeters*. Reviews of Geophysics 34: 579-624
- ALGUACIL, G. (1986). Los instrumentos de una red sísmica local telemétrica para microterremotos. La Red Sísmica de la Universidad de Granada. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 228 pp.
- ALGUACIL, G.; ALMENDROS, J.; DEL PEZZO, E.; GARCÍA, A.; IBAÑEZ, J.; LA ROCCA, M.; MORALES, J.; ORTIZ, R. (1999) *Observations of volcanic earthquakes and tremor at Deception Island-Antarctica*. Annali di Geofisica, Vol.42, N.3. 1999: 417-436
- ALMENDROS, F.; IBAÑEZ, J.; ALGUACIL, G.; DEL PEZZO, E.; ORTIZ, R. (1997) *Array tracking of the volcanic tremor source at Deception Island, Antarctica*. Geophysical Research Letters. 34. 23: 3069-3072
- ALMENDROS, F. J. (1999) Análisis de señales sismovolcánicas mediante técnicas de array. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 302 pp.
- ALMENDROS, J.; IBAÑEZ, J. M.; ALGUACIL, G.; MORALES, J.; DEL PEZZO, E.; LA ROCCA, M.; ORTIZ, R.; ARAÑA, V.; BLANCO, M. J. (2000). *A double seismic antenna experiment at Teide Volcano: Existence of local seismicity and lack of evidences of volcanic tremor*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 103: 439-462
- ARAÑA, V.; ORTIZ, R. (1984) Volcanología. Rueda-CSIC Madrid, 528 pp.
- ASTEN, M.W.; HENSTRIDGE, J.D. (1984). *Array estimators and the use of microseism for reconnaissance of sedimentary basins*. Geophysics, 49: 1828-1837.
- ASTIZ, M.; GARCÍA, A. (2000) Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 458 pp.
- BARBERI, F.; BLONG, R.; DE LA CRUZ, S.; HALL, M.; KAMO, K.; MOTHES, P.; NEWHALL, C.; PETERSON, D.; PUNONGBAYAN, P.; SIGVALSON, G.; ZANA, N. (1990) *Reducing volcanic disasters in the 1990's*. Bull. Volcanol. Soc. Japan. 35: 80-95
- BAER, M.; KRADOLFER, U. (1987) *An automatic phase picker for local and teleseismic events*. Bull. Seism. Soc. Am. 1437-1445
- BANKS, N.G.; TILLING, R.I.; HARLOW, D.H.; EWERT, J.W. (1989) *Volcano monitoring and short term forecasts*. en Tilling, R.I. Edit. Volcanic hazards. Short course in geology: Volume 1. American Geophysical Union. Washington DC. U.S.A 51-80
- BARTOSCH, T.; SEIDL, D. (1999). *Spectrogram analysis of selected tremor signals using short-time Fourier transform and continuous wavelet transform*. Ann. Geofis. 42 (3): 497-506.
- BEDSTED A. O. 1989.- Modern techniques in Geodesy and Surveying. Kort-Og Matrikelstyrelsen. National Survey and Cadastre. Copenage, Dinamarca 478 pp.
- BROWN, G.; RYMER, H. (1991) *Microgravity monitoring at active volcanoes: A review of theory and practice*. Cahiers du Centre Européen de Geodynamique et de Séismologie, 4 279-304

- BURRUS, C.S.; GOPINATH, R.A.; GUO, H. (1998). *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms: A Primer*. Prentice Hall. New Jersey. 267 pp.
- BYRNE, C. J. (1961). *Instrument noise in seismometers*. Bull. Seism. Soc. Am. 51. 69-84.
- CAPON, J. (1969). High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. Proc. IEEE, **57**: 1408-1418.
- CHIODINI, G.; CIONI, R. (1989) *Gas geobarometry for hydrothermal systems and its application to some Italian geothermal areas*. Applied Gechemistry 4 465-472
- CHOUET, B. A. (1996). Long-period volcano seismicity: its source and use in eruption forecasting. Nature, 380: 309-316.
- CHOUET, B.A.; SACCOROTTI, G.; MARTINI, M.; DAWSON, P.; DE LUCA, G.; MILANA, G.; SCARPA, R. (1997). *Source and path effects in the wave fields of tremor and explosions at Stromboli Volcano, Italy*. Journ. Geophys. Res., 102: 15129-15150.
- CHOUET, B.; DAWSON, P.; DE LUCA, G.; MARTINI, M.; MILANA, G.; SACOROTTI, G.; SCARPA, R.; (1998) Array analyses of seismic wavefields radiated by eruptive activity at Stromboli Volcano, Italy. CNR. Gruppo Nazionale per la Vulcanologia. Roma. 158 pp.
- CIONI, R.; TADDEUCCI, G. (1994) Continuous geochemical monitoring of volcanoes. State of the art. EVOP Monograph N1-1. European Science Foundation, European Volcanological Project (EVOP).
- CLIMER, J. R. (1990) System analysis using simulation and Markov models. Prentice Hall International Editions New Jersey. 352 pp.
- CORNELIUS, R. R.; B. VOIGHT. (1995) *Graphical and PC-software analysis of volcano eruption precursors according to the Materials Failure Forecasting Method (FFM)*. J. Vol., Geotherm. Res 64:295-320.
- COSTA, P.; LUONGO, G.; PANE, G.; TORO, S. (1989) VOLCAN: Un sistema esperto per la valutazione del rischio vulcanico. Osservatorio Vesuviano-Datitalia Processing S.pA. Napoli. 20 pp
- DAILEY, D. (1989) Operational amplifiers and linear integrated circuits. McGraw-Hill, Pennsylvania, U.S.A. 418 pp.
- DANIEL, R. (1979). *An intermediate-period field system using a short-period seismometer*. Bull. Seism. Soc. Am. 69, 1623-1626.
- DAUBECHIES, I. (1992). *Ten Lectures on Wavelets*. Society for Industrial and Applied Mathematics. Philadelphia. 357 pp.
- DEL PEZZO, E.; LA ROCCA, M.; IBÁÑEZ, J.M. (1997). *Observations of high-frequency scattered waves using dense arrays at Teide volcano*. Bull. Seism. Soc. Am., 87: 1637-1647.
- DE LOS REYES, P.J. (1992) *Volunteer observers program: a tool for monitoring volcanic and seismic events in the Philippines*. En Geohazards. Natural and man-made. McCall, Laming, Scott, (editors). Chapman & Hall, Londres. 13-24
- DEL NEGRO, C.; FERRUCCI, F.; NAPOLI, R. (1992) *Retrival of large volcanomagnetic effects observed during the 1981 eruption of Mt. Etna*. Annali di Geofisica. XL. 2. 547-538
- DI MAIO, R.; MAURIELLO, P.; PATELLA, D.; PETRILLO, Z.; PISCITELLI, S.; SINISCALDI, A.; VENERUSO, M. (1992) *Self-potential, geoelectric and magnetotelluric studies in Italian active volcanic areas*. Annali di Geofisica. XL. 2. 519-538
- DOST, B. (1988). *The NARS array. A seismic experiment in Western Europe*. Geologica Ultraiectina,. Instituut voor Aardwetenschappen der Rijksuniversiteit te Utrecht. 47, 117

- DOUKAS M.P.; EWERT, J.W. 1993.- *Instalación de hitos y reflectores permanentes para redes geodésicas de deformación*. En Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson (editores). U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 125-134
- DZURISIN, D. 1993.- *Nivelación geodésica como herramienta para estudiar volcanes*. En Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson (editores). U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 135-146
- DZURISIN, D. (1993) *Inclinómetros electrónicos para la vigilancia de volcanes: lecciones del Mount St. Helens*. Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. En Ewert J. y Swanson (editores). U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 75-90
- ENDO, T. E.; MURRAY, T. (1991) *Real-time Seismic Amplitude Measurement (RSAM). A volcano monitoring and prediction tool*. Bull Volcanol. 53 533-545
- ETIOPE, G.; CALCARA, M.; QUATTROCCHI, F. (1997) *Seismogeochemical algorithms for earthquake prediction: an overview*. Annali Geofisica. 1483-1492
- EWERT, J. W. (1993) *Un método de nivelación trigonométrica de montaje único para vigilar cambios en la inclinación del suelo*. En Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson (editores). U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 163-170
- ESF-EVOP WORKING GROUP (1994) Automated Systems for Volcano Monitoring. European Science Foundation. Strasbourg. EVOP Monograph 2 20pp
- FABER, E.; INGUAGGIATO, S.; GARZON, G.; SEIDL, D. (1988) *Continuous gas measurements at volcanic fumaroles*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 83-87
- FABER, E.; PONGGENBURG, J.; GARZON, G.; MORÁN, C.; INGUAGGIATO, S. (2000) *Gas monitoring at volcanoes*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 77-80
- FALSAPERLA S., GRAZIANI S. NUNNARI G., SPAMPINATO S., (1996) *Classification of volcanic earthquakes by using multilayer neural networks*, Natural Hazards, 13, 205-228
- FERRAZZINI, V.; AKI, K.; CHOUET, B.A. (1991). Characteristics of seismic waves composing hawaiian volcanic tremor and gas-piston events observed by a near-source array. Journ. Geophys. Res., 96: 6199-6209.
- FERRAZZINI, V.; AKI, K. (1992). Preliminary results from a field experiment on volcanic events at Kilauea using an array of digital seismographs. En Volcanic Seismology, editado por K.Aki, P. Gasparini, and R. Scarpa. Springer-Verlag, Berlin: 168-189.
- FRANKEL, A.; HOUGH, S.; FRIBERG, P.; BUSBY, R. (1991). *Observations of Loma Prieta aftershocks from a dense array in Sunnyvale, California*. Bull. Seism. Soc. Am., 81: 1900-1922.
- FOREMAN, P. (1994) *Warning systems and pilot actions*. En Volcanic ash and aviation safety. Casadevall, T. Edit. US Geological Survey Bulletin 2047. 163-168
- FRANKS, L.E. (1975) Teoría de la señal. Ed. Reverte, Barcelona. 377 pp.

- FREEDMAN, J. A.; SKAPURA, D. (1993) Redes neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación. Addison Wesley/Diaz de Santos. Madrid. 431 pp.
- FERNANDEZ, J.; VAN RUYMBEKE, M.; VIEIRA, R. (1991) *High precision thermal measurements. Geodynamical Instrumentation applied to volcanic areas*. Cahiers de Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie 4: 215-228
- GARCÍA A., BLANCO I., TORTA J.M., ASTIZ M., IBAÑEZ J., ORTIZ R. (1997) *A search for the volcanomagnetic signal at Deception Volcano (South Shetland I., Antarctica)* Annali di Geofisica. VOL.XL, N.2 319-328
- GARCÍA, A.; ASTIZ, M.; ORTIZ, R. (2000) *Atención de una crisis volcánica*. En Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Astiz, M.; García, A.,(EDITORES). Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 227-242
- GARCÍA, J.; FERRANDO, S.; PIATTINI, M. (1997) Redes para proceso distribuido. RA-MA. Madrid. 718 pp.
- GIGGENBACH, W. F. (1975) *A simplified method for the collection and analysis of volcanic gas samples*. Bull. Volcanol. 39: 132-145
- GIGGENBACH, W. F. (1996) *Chemical composition of volcanic gases*. En Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R.; Tilling, R. I., editors. Springer-Verlag, Berlin. 841. 221-256
- GREINWALD, S.; ESTUPINAN, A.; MONTENEGRO, R. (2000) *Electric measurements at the Galeras volcano*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 81-86
- GOLDSTEIN, P.; ARCHULETA, R.J. (1987). *Array analysis of seismic signals*. Geophys. Res. Lett., **14**: 13-16.
- GOLDSTEIN, P.; CHOUET, B.A. (1994). *Array measurements and modeling of sources of shallow volcanic tremor at Kilauea Volcano, Hawaii*. Journ. Geophys. Res., 99: 2637-2652.
- HAMAMATSU PHOTONICS K. K. (1999) Solid State Division. Catalog Ichino-Cho, Japon 21 pp.
- HAYKIN, S. (1989) Modern filters. MacMillan Publishing. Ontario, 389 pp
- HURST, A. W.; CHRISTOFFEL, D. A. (1973) *Surveillance of White Island Volcano. 1968-1972. Part 3.- Thermo magnetic effects due to volcanic activity*. N. Z. Jl. Geol. Geophys., 16 965-972.
- IBAÑEZ, J. M.; MORALES, J.; ALGUACIL, G.; ALMENDROS, J.; ORTIZ, R.; DEL PEZZO, E. (1997). *Intermediate-focus earthquakes under South Shetland Islands (Antarctica)*. Geophys. Res. Lett., **24**: 531-534.
- IBAÑEZ, J.; CARMONA, E. (2000) *Sismicidad volcánica*. En Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Astiz, M.; García, A.,(EDITORES). Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 269-282
- IBAÑEZ,J.; DEL PEZZO, E.; ALMENDROS, J.; LA ROCCA, M.; ALGUACIL, G.; ORTIZ, R.; GARCÍA, A. (2000) *Seismovolcanic signals at Deception Island volcano, Antarctica: Wave field analysis and source modeling*. Journal of Geophysical Research. Vol 105 B6 13905-13931
- INTERSIL (1986) Component Data Catalog. Intersil, Inc. 10600 Ridgeview Cupertino, CA 95014, U.S.A.
- IWATSUBO, E.Y., EWERT, J.W.; MURRAY, T.L. (1993) *Vigilando la deformación de grietas radiales con medidores de desplazamiento*. en Ewert J. y Swanson (editores), Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 103-110

- IWATSUO, E.Y.; SWANSON, D. (1993) *Técnicas de trilateración y medidas de distancias usadas en Cascades y otros volcanes*. En Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson (editores), U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 111-124
- KAISER, G. (1994). *A Friendly Guide to Wavelets*. Birkhäuser. Boston. 300 pp.
- KOMHYR, W. D.; WATERMAN, L. S.; TAYLOR, W. R. (1983) *Semiautomatic non dispersive infrared analyser apparatus for carbon dioxide air sample analyses*. J. Geophys. Res. 88, 1315-1322
- KRESHKOV, A.; YAROSLAVTSEV, A. (1985) Curso de Química Analítica. Análisis Cuantitativo. Editorial MIR. Moscú.
- LACOSS, R.T.; KELLY, E.J.; TOKSOZ, M.N. (1969). *Estimation of seismic noise structure using arrays*. Geophysics, 34: 21-38.
- LANGER H., NUNNARI G, OCCHIPINTI L. (1996) *Estimation of seismic waveform governing parameters with neural networks*, Journal of Geophysical Research, Vol. 101 B9, 20.109-20.118
- LARDY, M.; TABAGH, A (1999) *Measuring and interpreting head fluxes from shallow bodies using vertical temperature profiles: a preliminary test*. Bull. Volcanol. 60: 441-447
- LENAT, J. P. (1995) *Geoelectrical methods in volcano monitoring*. En Monitoring Active Volcanoes: Strategies, procedures and techniques, McGuire, Kilburn, Murray (editores), UCL Press London, 248-274.
- LESAGE P.; VANDEMEULEBROUCK J.; HALBWACHS M. (1995) *Data acquisition and telemetry*. En Monitoring Active Volcanoes: Strategies, Procedures, and Techniques, McGuire, Kilburn, Murray, (editores). UCL Press, Londres. 93-112
- LIFERMANN, J. (1979) Les methodes rapides de transformation du signal: Fourier, Wals, Hadamard, Haar. Masson, Paris, 198 pp.
- LEE, W.; STEWART, S. (1981) Principles and application of microearthquake networks. Academic Press, New York. 293 pp.
- LINGANE, I.M. (1954) Electroanalytical Chemistry. Interscience Publishers, Inc. New York. U.S.A. 20 Ed.
- LODDO, M.; PATELLA, D.; QUARTO, R.; RUINA, G.; TRAMACERE, A.; ZITO, G. (1989) *Application of gravity and deep dipole geoelectrics in the volcanic area of Mt. Etna (Sicily)*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 39 17-39
- MACHADO, F. (1974) *The search for magmatic reservoirs*. En Physical Volcanology. Civetta, L.; Gasparini, P. Luongo, G.; Rapolla, A. (editores). Elsevier. Amsterdam. 255-273
- MARK PRODUCTS. (1987) Geophone general information. Mark Products. Houston 18 pp.
- MARTINI, M. (1993) *Gases volcánicos*. En: La volcanología actual. Martí, J. Araña, V. (editores). CSIC, Madrid 387-444
- MARTINELLI, B. (1997). *Volcanic tremor and short-term prediction of eruptions*, J. Volcanol. Geotherm. Res., **77**: 305-311.
- MARTINI, M.; GIANNINI, L. (1988) *Deception Island (South Shetlands): an area of active volcanism in Antarctica*. Mem. Soc. Geol. It., 43, 117-122
- MARVEN, C.; EWERS, G (1993) A simple approach to digital signal processing. Texas Instruments. Alden Press, Oxford, U.K. 233 pp
- MAXIM INTEGRATED LTD. (1992) New releases data book. 21C Horseshoe Park, Pangbourne Reading RG87JW U.K.

- McChesney, P. J. (1999) *McVCO Handbook 1999*. USGS Open File Report 99-361 51 pp.
- MCNUTT, S. R. (1996) *Seismic monitoring and eruption forecasting of volcanoes: A review of the state of the art and case histories*. En Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R.; Tilling, R. I., (editores) Springer-Verlag, Berlin. 99-146.
- METAXIAN, J.P.; LESAGE, P.; DOREL, J. (1997). *Permanent tremor of Masaya volcano, Nicaragua: wave field analysis and source location*. Journ. Geophys. Res., 102: 22529-22545.
- MINAKAMI, T. (1974) *Seismology of volcanoes in Japan*. En Physical Volcanology. L. Civetta, P. Gasparini, G. Luongo, A. Rapolla (editores). Elsevier.. Amsterdam 1-27
- MOLERO, F.; NÚÑEZ, L.; PUJADAS, M.; JAQUE, F. (2000) *Design of a differential absorption lidar (DIAL) system and assessment of its performance*. Anales de Física 95: 229-239
- MURRAY, T. L.; EWERT, J. W.; LOCKHART, A. B.; LAHUSEN, R. G. (1996) *The integrated Volcano Monitoring System used by the Volcano Disaster Assistance Program (VDAP)*. En Scarpa, R.; Tilling, R. I., (editores) Monitoring and mitigation of volcano hazards. Springer-Verlag, Berlin. 841 315-362.
- NATALE G. DE; PINGUE F. (1996) *Ground deformation modeling in Volcanic areas*. En Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R.; Tilling, R. I., (editores) (1996) Springer-Verlag, Berlin. 365-388.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION (1989) Data Acquisition Linear Devices. Databook. National Semiconductor Corporation. 2900 Semiconductor Drive. P.O. Box 58090. Santa Clara, C.A. 95052-8090. U.S.A.
- NURNBERG, H.W. (1974) Electroanalytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc. New York. U.S.A.
- ONODERA, S.; KAMO, K. (1994) *Aviation safety measures for ash clouds in Japan and the system of Japan Air lines for the monitoring eruptions at Sakurajima volcano*. En Volcanic ash and aviation safety. Casadevall, T. (editores). US Geological Survey Bulletin 2047. 213-220
- ORTIZ, R. (1996) Riesgo Volcánico. Serie Casa de los Volcanes. Cabildo de Lanzarote 304pp.
- ORTIZ, R. (2000) *Técnicas instrumentales para la vigilancia de volcanes activos*. En Astiz, M.; García, A. (editores) Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 227-242
- ORTIZ, R.; GARCÍA, A. (2000) *Seguimiento y pronóstico de erupciones*. En Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica. Astiz, M.; García, A.; (editores). Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 215-226
- ORTIZ, R.; CORREIG, A. M. (1991). *On the use of geophones with extended response in microseismic networks*. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. 4: 127 - 143
- OSKARSSON, N (1996) *Volcanic components in groundwater: monitoring and interpretation*. En The mitigation of Volcanic hazards. Barberi, F.; Casale, R.; Fantechi, R.(editores). European Commission DG XII. Bruselas. 393-402
- OSCARSON, N.; PALSSON, K.; OLAFSSON, H.; FERREIRA, T. (1999) *Experimental monitoring of carbon dioxide by low power IR- Sensors: soli degassing in the Furnas Volcanic Centre, Azores*. J. Volcanol. Geotherm. Res 181-193
- PICCARDI, G.; CELLINI-LEGITTIMO, P. (1983) *A sampling and chemical analysis procedure for fumarolic gases*. Mikrochimica Acta [Wien], II, 159-167.
- PÉREZ, J.; HILARIO, A.; CASTRO, M.; MUR, F.; YEVES, F.; PEIRE, J. (1998) *Simulación y electrónica analógica. Prácticas y problemas*. RA-MA, Madrid 888 pp.

- PRESS, W. H.; TEUKOLSKY, S. A.; VETTERLING, T. W.; FLANNERY, B., P. (1992) Numerical Recipes in C. Cambridge University Press. Cambridge 994 pp.
- PROAKIS, J. G.; MANOLAKIS, D. G. (1997). Tratamiento digital de señales. Principios, algoritmos y aplicaciones. Prentice Hall. Madrid, 976 pp.
- QUATTROCCHI, F.; CALCARA, M.; PORFIDIA, B. (1997) *A prototype radonmeter for seismic surveillance*. *Annali di Geofísica*. XL 6: 1997
- RAY, J. (1999) Edición especial TCP/IP. Prentice Hall. Madrid. 936 pp.
- RAYMER, H. (1995) *Microgravimetry monitoring*. En Monitoring Active Volcanoes: Strategies, Procedures, and Techniques McGuire, Kilburn, Murray, (editores). UCL Press. Londres. 217-247
- RAYMER, H. (1996) *Microgravimetry monitoring*. En Monitoring and mitigation of volcano hazards. Scarpa, R.; Tilling, R. I., (editores). Springer-Verlag, Berlin. 169-198.
- REBSCHER, D.; WESTERHAUS, M.; KÖRNER, A.; WELLW, W.; BRODSCHOLL, A.; KÜMPPEL, H.; ZSCHAU, J. (2000) *Indonesian German multiparametric stations at Merapi volcano*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 93-102
- REIDSESEL, M. A; MOORE, R. D.; ORCUTT, J. A. (1990). *Limits of sensitivity of inertial seismometers with velocity transducers and electronic amplifiers*. *Bull. Seism. Soc. Am.* 80, 1725-1752.
- RIOUL, O.; VETTERLI, M. (1995). *Wavelets and Signal Processing*. Signal Processing Technology and Applications. Ackenhusen, J.G.; editor. IEEE Technical Activities Board. New York. pp. 85-109.
- ROTHERY, D.A. (1992) *Monitoring and warning of volcanic eruptions by remote sensing*. En Geohazards. Natural and man-made. McCall, Laming; Scott, (editores) Chapman & Hall, Londres. 227 pp.
- ROBERTS, P. (1989) *A versatile equalization circuit for increasing seismometer velocity response below the natural frequency*. *Bull. Seism. Soc. Am.* 79: 1607-1617
- RODGERS, P.W. (1992). *Frequency limits for seismometers as determined from signal-to-noise ratios. Part 1. The electromagnetic seismometer*. *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, 1071-1098.
- ROGERS, J. A.; STEPHENS, J. A. (1995) *SSAM Real Time Seismic Spectral Amplitude Measurement on PC and its application to volcano monitoring*. *Bull. Seism. Soc. Am.* 85 632-639
- SABROUX, J.C.; VILLEVIELLE, A.; DUBOIS, E.; DOYOTTE, C.; HALBWACHS, M.; VANDEMEULEBROUCK, J. (1990) *Satellite monitoring of the vertical temperature profile of Lake Nyos, Cameroon*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 42 381-384
- SCARPA, R.; TILLING, R. I., (editores) (1996) Monitoring and mitigation of volcano hazards. Springer-Verlag, Berlin. 841 pp.
- SACCOROTTI, G.; CHOUET, B.; MARTINI, M.; SCARPA, R. (1998). *Bayesian statistics applied to the location of the source of Stromboli volcano, Italy*. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 88: 1099-1111.
- SCOPEFIR (1998) A comprehensive tool for Finite Impulse Response (FIR) filter design v3.4 Iowegian International Corporation. <http://www.iowegian.com>
- SEIDL, D.; KIRBANI, S.B.; BRÜSTLE, W. (1990) *Maximum entropy spectral analysis of volcanic tremor using data from Etna (Sicily) and Merapi (central Java)*. *Bull. Volcanol.* 52 460-474
- SEDRA, A.; BRACKETT P. (1978) Filter theory and design: active and pasive. Matrix publishers. Oregon, U.S.A. 785 pp.
- SEGALL, P.; DAVIS, J. (1997) *GPS applications for geodynamics and earthquake studies*. *Annu. rev. Earth Planet. Scie.* 25: 301-336

- SHIMOIKE, Y.; NOTSU, K. (2000) *Continuous chemical monitoring of volcanic gas in Izu-Oshima volcano, Japan*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 101: 211-221
- SCHICK, R.(1992). *Volcanic tremor: seismic signals of (almost) unknown origin*, in *Volcanic Seismology* (IAVCEI Proceedings in Volcanology 3), Aki, K., Gasparini, P.; Scarpa, R. (editores.), Springer-Verlag: 157-167.
- SIGMUNDSSON, F. (1996) *Crustal deformation of volcanoes*. En The mitigation of Volcanic hazards. Barberi, F.; Casale, R.; Fantechi, R.(editores). European Commission DG XII. Bruselas. 237-258
- SKOOG, D. A.; LEARY, J. J. (1995) *Análisis instrumental*. McGraw-Hill, Madrid. 935 pp
- SODERQUIST, D. (1979). *Minimization of noise in operational amplifier applications*. AN-15. En 1981 Full Line Catalogue. Precision Monolithics Inc. Suiza.
- SOMERHAUSEN, A. (2000) *Diseño de software para aplicaciones en tiempo real*. En Astiz, M.; García, A. (EDITORES). Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica Cabildo de Lanzarote. Servicio de Publicaciones. 227-242
- STEIM, J.M.; WIELANDT, E. (1985). Report on the Very Broad Band Seismograph. Harvard University, Cambridge, Massachusetts. 34 pp.
- STOIBER, R. E.; MALINCONICO, L. L.; WILLIAMS, S. N. (1983) *Use of correlation spectrometer at volcanoes*. En Forecasting volcanic events. Tazieff, H.; y Sabroux (editores). Elsevier Amsterdam, 409-424
- TORRENCE, C.; COMPO, G.P. (1998). *A practical Guide to Wavelet Analysis*. Bull. Amer. Meteor. Soc. **79**: 61-78.
- TRYGGVASON, E. (1989) *Ground deformation in Askja, Iceland: its source and possible relation to flow of the mantle plume*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 39 61-71
- TRYGGVASON, E. (1996). *Precision of ground deformation observations*. En The mitigation of Volcanic hazards. Barberi, F.; Casale, R.; Fantechi, R.(editores). European Commission DG XII. Bruselas. 365-372
- TOUTAIN, J. P.; BAUBRON, J. C.; BRONEC, J.; ALLARD, P.; BRIOLE, P.; MARTY, B.; MIELE, G.; TEDESCO, D.; LUONGO, G. (1992) *Continuous monitoring of distal gas emanations at Vulcano, Southern Italy*, Bull. Volcanol. 54: 147-155
- TRIMBLE NAVIGATION LTD. (1990) Trimble NAV03 navigation sensor board set. Specification and user's manual Trimble Navigation Ltd. CA 94086. USA. 88 pp
- USHER, M.J., BURCH, R.F.; GURALP, C. (1979). *Wide-band feedback seismometers*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 18, 38-50.
- UTHEIM, T.; HAVSKOV, J. (1998) The SEISLOG data acquisition system. Guide to installation, maintenance and daily operation of the system. Institute of Solid Earth Physics. University of Bergen. Noruega. 101 pp.
- VALENTIN, A.; MARTINI, M.; DIEZ GIL, J.L. (1989) *Geoquímica de fluidos en isla Decepción*. Actas del Tercer Simposio Español de Estudios Antárticos, Madrid. 195-199.
- VAN DER LAAT (1996) *Ground deformation methods and results*. En Scarpa, R.; Tilling, R. I., (editores) Monitoring and mitigation of volcano hazards. Springer-Verlag, Berlin. 147-168.
- VAN RUYMBEKE, M.; D'OREYE, N. (1991) *Design and construction of instruments adapted to volcanic zones*. Cahiers du Centre Européen de Geodynamique et de Séismologie. 4 57-70
- VAN RUYMBEKE, M. (1991) *New feedback electronics for LaCoste & Romberg gravimeters*. Geodynamical Instrumentation applied to volcanic areas. Cahiers de Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie Vol 4 333-338

- VAN RUYMBEKE, M. (1991) *Temperature measurements. Geodynamical Instrumentation applied to volcanic areas*. Cahiers de Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie 4: 205-214
- VERGNIOLLE, S. (1998). *Eruption dynamics from acoustic measurements: Piton de la Fournaise volcano (Reunion island)*. En Volcanic risk. The European laboratory volcanoes. Proceedings of the second workshop. Casale, R.; Fytikas, M.; Sigvaldasson, G.; Vougioukalakis, G. (editores). European Commission DG XII. Bruselas. 487-496
- VIEIRA, R.; VAN RUYMBEKE, M.; FERNANDEZ, J.; ARNOSO, J.; TORO, C. *The Lanzarote underground laboratory. Geodynamical Instrumentation applied to volcanic areas*. Cahiers de Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie Vol 4 71-86
- VOIGHT, B. (1988) *A method for prediction of volcanic eruptions*. Nature. 332 10: 125-130
- VOIGHT, B.; CORNELIUS, R. R. (1991) *Prospects for eruption prediction in near real-time*. Nature. 695-698
- WAGNER, W. Y HULL, C.J. (1971) Inorganic Titrimetric Analysis. Marcel Dekker, Inc. New York
- WHITTLESTONE, S.; SCHERY, S.D.; LI, Y. (1996) *Thoron and radon fluxes from the island of Hawaii*, J. Geophys Res., 101(D9), 14.787-14.794.
- WILLMORE, P.L. (1950). *The theory and design of two types of portable seismograph*. Geophys. Sup. Monthly Notices of the R.A.S. 6, 129-137.
- WILLMORE, P.L. (1961). *Some properties of heavily damped electromagnetic seismographs*. Geophysical Journal of the R.A.S. 4, 389-404.
- WYLLIE, C.R. (1976). Matemáticas superiores para ingeniería. Mc. Graw Hill, Madrid.
- YAMASHITA, K. (1993) *Nivelación de montaje único para vigilar el desplazamiento vertical (inclinación) en los volcanes de los Cascades*. En Vigilando volcanes: técnicas y estrategias empleadas por el personal del Observatorio Volcanológico Cascades 1980-90. Ewert J. y Swanson (editores). U.S. Geological Survey Bulletin 1966. Cascades Volcano Observatory 5400 MacArthur Blvd. Vancouver 98661 U.S.A. 163-170
- YOKOYAMA, I.; TILLING, R.; SCARPA R. (1984) International mobile early-warning systems for volcanic eruptions and related seismic activities. UNESCO. Paris. 102 pp.
- ZAKS, R. (1981) From Chips to System, Sybex, California, U.S.A. 414 pp.
- ZIMMER, M.; ERZINGER, J. (1998). *Geochemical monitoring on Merapi Volcano, Indonesia*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 89-92
- ZIMMER, M.; ERZINGER, J.; SULISTIYO, Y. (2000). *Continuous chromatographic gas measurements on Merapi Volcano, Indonesia*. Deutsche Geophysikalische Gesellschaft. 87-91
- ZLOTNICKI, J (1996) *Geomagnetic studies on volcanoes*. En The mitigation of Volcanic hazards. Barberi, F.; Casale, R.; Fantechi, R.(editores). European Commission DG XII. Bruselas. 311-340

DIRECCIONES ÚTILES EN INTERNET

Esta relación no es exhaustiva, pues solo se han incluido aquellas direcciones directamente relacionadas con las aplicaciones descritas en este libro.

<http://farnell.com> distribución de componentes electrónicos

<http://rs-components.com> distribución de componentes electrónicos

<http://www.vaisala.com> Vaisala, fabricante de muchos tipos de sensores para meteorología y gases.

<http://www.hamamatsu.com> Hamamatsu, fabricante de sensores piro-eléctricos para la medida del CO₂. Diodos para la detección de radón.

<http://www.aw-el.com> Aware Electronics Corp, detectores para la medida del radón con amplia información en control ambiental.

<http://www.captteur.co.uk> Capteur Sensor, sensores de estado sólido para diversos gases como SO₂, H₂S, HCl.

<http://www.figarosensor.com> Sensores de gases de estado sólido para diversos gases y sensores híbridos para CO₂.

<http://citytech.com> Sensores electroquímicos para gases como el SO₂.

<http://telaire.com> Telaire fabricante de sensores y medidores infrarrojos de CO₂

<http://geomechanics.com> diversos tipos de inclinómetros que pueden utilizarse en vigilancia de volcanes.

<http://www.geospacep.com> Geo-Space fabricante de geófonos, especialmente recomendable el sensor GS-11D de 4.5 Hz.

<http://www.burr-brown.com> Burr-Brown fabricante de circuitos integrados, especialmente conversores ADC delta-sigma como el ADS1210.

<http://www.analog.com> Analog Devices, conversores analógico digitales de tecnología delta sigma como AD7710 y AD7731, amplificadores operacionales de bajo ruido, etc.

<http://trimble.com> sistemas GPS de todas las categorías. Especialmente recomendado el módulo receptor LASSEN II para su utilización en sistemas de registro sísmico.

<http://www.marconi.ca/> CMC Marconi Canada, Fabricante de receptores GPS de bajo coste con salida de fase L1.

<http://www.maxim-ic.com> MAXIM, fabricante de circuitos integrados: conversores analógico digitales, interfaces RS232 y RS485, fuentes de alimentación, etc.

<http://www.semiconductor.agilent.com> División de componentes electrónicos de Hewlett Packard, opto-aisladores, etc.

www.picotech.com PICO conversores analógico digitales para PC de bajo coste, sistemas de adquisición de datos, osciloscopios digitales. Aplicaciones prácticas para didáctica de las ciencias experimentales.

<http://www.tamug.tamu.edu/lab/Links.htm> numerosas referencias de aplicaciones y sistemas de telemetría.

<http://www.radiometrix.co.uk> transmisores VHF y UHF de muy baja potencia, ideales para enlaces digitales a corta distancia.

<http://www.rfneulink.com/> RF NEULINK fabricante de radio módem y spread spectrum. Posee un amplio catálogo de radioenlaces.

<http://www.rfsolutions.co.uk> enlaces radio de baja potencia AM y FM, emuladores de microcontroladores.

<http://www.freewave.com> FreeWave fabricante de enlaces spread spectrum de alta capacidad.

<http://www.iowegian.com/scopefir.htm> Iowegian International Corporation, Programa para el cálculo de coeficientes de filtros FIR y tratamiento digital de señales DSP.

<http://www.microchip.com> Microchip Technology, Inc. Fabricante de microcontroladores como el PIC16F84 y memorias EEPROM, sistemas de desarrollo y emuladores para estas familias. Programas para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores y cálculo de filtros pasa bajos. Etc.

<http://www.hauppauge.co> Hauppauge Computer Works, fabricante de adaptadores de cámaras de vídeo a PC. Programas de captura de imagen y detectores de movimiento.

<http://www.borland.com> BORLAND INPRISE lenguajes de programación para DOS, Windows y Linux. Es especialmente interesante el entorno de desarrollo visual en C++ BUILDER 5 que permite realizar en poco tiempo aplicaciones muy eficaces de adquisición de datos.

<http://www.abaecker.com> ABAKUS componentes visuales para Borland BUILDER 5 especialmente indicados para el desarrollo de instrumentación virtual.

<http://varian-software.com> VARIAN componentes para Borland BUILDER 5 especialmente indicados para el control del puerto serie RS232

<http://www.spis.co.nz/compress.htm> componentes para gestionar ficheros comprimidos en Borland BUILDER 5. Utiliza entre otros el algoritmo LZW: Lempel-Ziv-Welch que permite alcanzar tasa de compresión superior al 75% en ficheros de información sísmica.

<http://www.orbicom.com> telefonía y enlaces de telemetría de bajo coste por satélite

<http://psion.com> PSION fabricante de pequeños computadores de bajo consumo con el sistema operativo EPOC32. Ideales para trabajar como sistemas autónomos de adquisición de datos.

<http://symbian.com> SYMBIAN creador del sistema operativo EPOC32. Proporciona las herramientas para el desarrollo de aplicaciones para este sistema operativo.

<http://cenapred.unam.mx> página del Centro Nacional de Prevención de Desastres de México, con importante información sobre el monitoreo instrumental del volcán Popocatepetl.

<http://web.poseidon.nti.it/sorvis> POSEIDON, programa para el seguimiento de la actividad volcánica en Sicilia. Cámaras en tiempo real en los volcanes Etna, Vulcano y Stromboli.

<http://www.sciam.com/2000/0100issue/0100amsci.html> interesante realización de un sismómetro de banda ancha que permite registrar las mareas gravimétricas. También se encuentra en <http://www.eden.infohwy.com/~rcbaker/>

<http://www.infiltec.com/seismo/> referencias sobre sismómetros de fácil construcción.

<http://laipac.com/msg4.htm> LAIPAC TECHNOLOGY INC receptores GPS de bajo coste.

<http://www.ni.com/mstudio> National Instruments software para el desarrollo de instrumentación virtual (LABVIEW, C++, Visual Basic, etc.)

<http://www.unavco.ucar.edu> proyecto de una red GPS para el seguimiento de la actividad volcánica utilizando receptores de una sola frecuencia L1.

http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew/schema_doc/ewv5design.html página de referencia del paquete informático para el tratamiento de señales sísmicas Earthworm V5

PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN

Introducción

En este apéndice se enumeran una serie de ejercicios prácticos que corresponden a la parte práctica de un curso de instrumentación en volcanología

Herramientas de software

Se requieren una serie de paquetes de software para poder realizar fácilmente los ejercicios propuestos en este apéndice.

- Un paquete de diseño y simulación de circuitos electrónicos como puede ser el MICRO-CAP 6 de MICRO-SPECTRUM Software o el ORCAD LITE. En sus versiones de evaluación son suficientes para el análisis de los circuitos electrónicos básicos que se proponen.
- Un paquete para el diseño de filtros como el SCOPEFIR de IOWEGIAN o FILTERLAB de MICROCHIP.
- Un hoja de cálculo matemático como puede ser el MATCAD o el MATLAB para el estudio de las funciones de transferencia. También puede utilizarse DADISP DSP. Es suficiente con utilizar las versiones reducidas de educación.
- Un compilador de C para el sistema operativo elegido. Para el entorno Windows, el mas sencillo es el BORLAND BUILDER C.
- Un paquete para el diseño de aplicaciones para la familia de microcontroladores elegida. Para el PIC16F84 es el MPLAM de MICROCHIP.

Instrumentación electrónica

Estos elementos pueden auto-construirse, pero es conveniente disponer de ellos para poder ponerlos en operación fácilmente. También es necesario adquirir una cierta habilidad en el manejo del osciloscopio.

- Herramientas convencionales, como destornilladores, corta-hilos, soldador (punta fina) etc.
- Polímetro digital con escalas que alcancen 200 mV en corriente continua y medidas en corriente alterna y resistencias.
- Es conveniente disponer de un generador de baja frecuencia que debe poder generar señales de 1 Hz.
- Se requiere un osciloscopio de baja frecuencia. Es suficiente que supere 10 KHz. Cualquier osciloscopio tradicional supera este ancho de banda. También puede utilizarse un osciloscopio basado en un computador como la familia de PICO TECHNOLOGY.
- Fuente de alimentación de 12 V en corriente continua.

- Todos los componentes electrónicos utilizados en los ejercicios se pueden conseguir en los catálogos de las principales distribuidoras internacionales como FARNELL o RS- COMPONENTS

Partes mecánicas

Se ha procurado simplificar los diseños de forma que puedan construirse fácilmente con un juego de herramientas mínimo.

Realizaciones prácticas

Mediante un paquete de diseño y simulación estudiar el comportamiento de los siguientes circuitos:

- Amplificador operacional
- Amplificador inversor y no inversor. Estudio de la impedancia de entrada.
- Amplificador diferencial
- Circuito integrador
- Circuito derivador
- Rectificador de media honda y de onda completa
- Amplificador con impedancia de entrada negativa
- Filtro pasa-bajos de 10 Hz
- Filtro pasa-altos de 1 Hz
- Filtro pasa-banda de 1 KHz
- Filtros pasa-bajos de múltiples polos (2,4,8)
- Filtro anti-alias para muestreo a 50 Hz y 16 bits de resolución
- Preamplificador para expansión de la respuesta de un geófono de 4.5 Hz.

NOTA todos estos circuitos deben diseñarse para que operen satisfactoriamente a baja frecuencia, por ejemplo por debajo de 100 Hz.

Realización practica de los circuitos anteriores utilizando amplificadores operacionales

- Diseño de los circuitos prácticos
- Realización práctica
- Comprobación de su funcionamiento y comparación con el diseño teórico. Para ello es imprescindible un buen manejo del osciloscopio
- Diseño de los circuitos impresos correspondientes

Aplicaciones con microprogramadores

- Utilizar un microcontrolador para encender y apagar un LED mediante apertura y cierre de un contacto. Se recomienda trabajar con un PIC16F84
- Construir un semáforo con un microcontrolador. Encender periódicamente un LED rojo, amarillo y verde, haciendo que el led amarillo parpadee.
- Implementar una función de transmisión serie en un microcontrolador. Hacer que transmita continuamente una secuencia de caracteres ASCII.
- Transmisión serie a 9600 baudios de la trama de caracteres binarios AA 01 xx yy 3C donde el par xx yy es un contador que se incrementa después de cada transmisión (0000, 0001, 0002.....).

- Desarrollo del software para el computador. Esta aplicación debe reconocer la secuencia anterior, extraer la información (bytes xx yy) y transferirla a un fichero.
- Completar la aplicación anterior añadiendo una salida gráfica.

Sistemas de conversión analógico digital

- Diseño de un conversor analógico digital de 12 bits.
- Estudio de las hojas de características del conversor
- Diseño del circuito de control
- Desarrollo del software para el microcontrolador correspondiente
- Montaje del circuito
- Comprobación del correcto funcionamiento mediante una fuente de tensión variable de 0 a 5V y un oscilador de baja frecuencia.
- Diseño de un conversor analógico digital de 12 bits y 8 canales de entrada (MAX186).
- Diseño de un conversor analógico digital de 24 bits de resolución operando a 16 bits (AD7710, AD7731, ADS1210).

Transmisión de datos

- Desarrollar una telemetría digital por cable utilizando enlaces RS485
- Desarrollar una telemetría digital por cable utilizando un sistema de módem.
- Desarrollar un módem de 4800 baudios y construir un enlace radio mediante radio-enlaces convencionales.
- Realizar transferencias de datos mediante comunicación telefónica entre computadores.
- Desarrollar una aplicación para el envío automático de datos a través de INTERNET. Para pequeños volúmenes de datos puede utilizarse un servicio de mensajería o el correo electrónico.

Instrumentos

- Diseño y construcción de una estación sísmica con registro digital utilizando los elementos anteriores.
- Diseño y construcción de un inclinómetro de péndulo vertical y ensayar diversos tipos de detectores (capacidad, reluctancia variable, óptico).
- Diseño y construcción de un sensor sísmico (horizontal y vertical) y ensayar diversos tipos de sensores (inducción, reluctancia variable, capacidad, óptico). Expandir la respuesta aplicando una realimentación negativa.
- Diseño y construcción de termómetros de resistencia, semiconductor y termopar.
- Diseño y construcción de un termómetro con un sensor piroeléctrico del tipo usado para alarmas de intrusos. Utilizar un modulador mecánico.
- Diseño y construcción de un sistema de almacenamiento de datos utilizando un conversor analógico digital, un microcontrolador y una memoria RAM estática de gran capacidad.

Gases

- Realización de una trampa alcalina para coleccionar gases volcánicos.
- Diseño y construcción de un medidor de pH.
- Determinación del contenido en CO₂ y SO₂ mediante una trampa alcalina.
- Diseño de un medidor de CO₂ utilizando un detector piroeléctrico.

MÁSTILES Y SOPORTES

La colocación de una antena en un volcán activo no es una labor sencilla, pues en general deberemos instalarla en zonas donde no se cuenta con ninguna infraestructura, sobre terrenos que no siempre son suficientemente consistentes para poder en ellos realizar sujeciones firmes. Además, en caso de crisis tampoco se dispone de tiempo para realizar montajes complejos. Por este motivo incluimos aquí algunas ideas que nos van a simplificar esta labor.

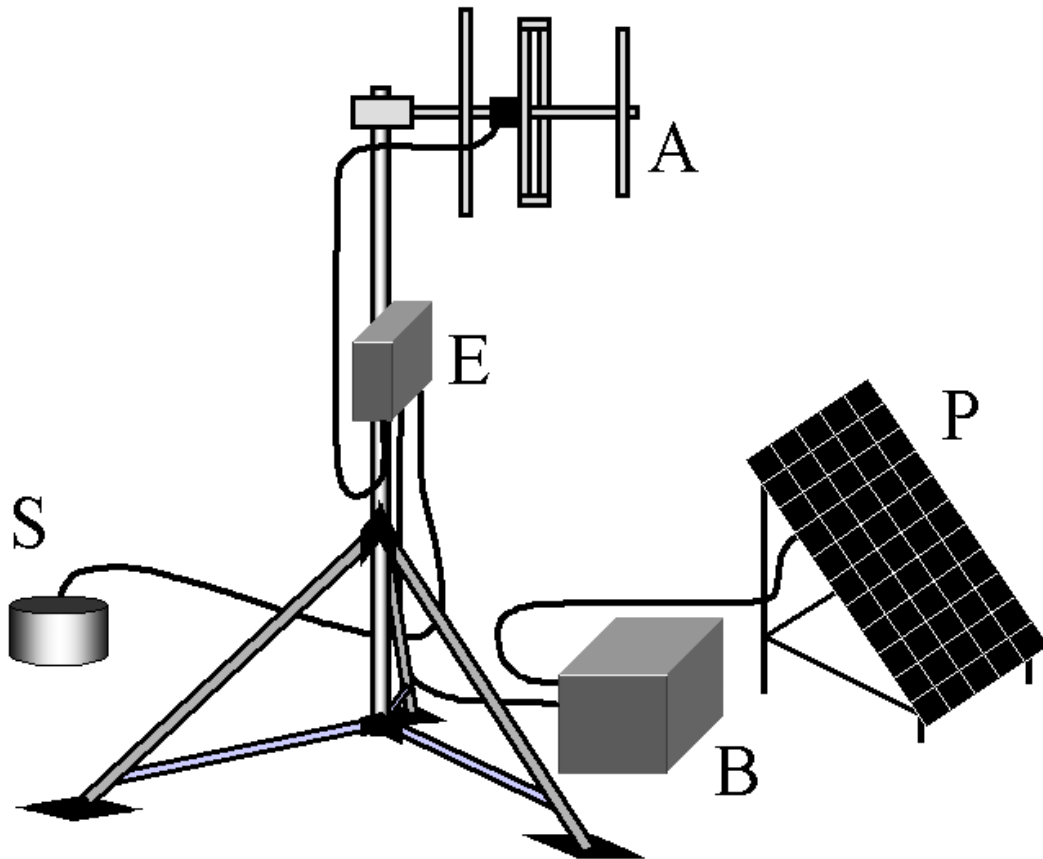


Figura A 2-1. Soporte prefabricado tipo trípode. En el terreno se fija con clavos o acumulando piedras en cada pata.

Para instalaciones de emergencia la mejor solución es disponer de una serie de trípodes realizados en tubo de hierro galvanizado. Es preferible realizarlos soldando las distintas piezas, aunque esto suponga un engorro para el transporte. Si se opta por la solución de utilizar tornillos, hay que usar siempre tornillos inoxidables. Sobre el mismo soporte se pueden montar los distintos componentes, como el transmisor y la electrónica. La batería es preferible apoyarla directamente en el suelo. El panel solar puede montarse sobre el trípode, pero hay que tener presente que ofrece mucha resistencia al viento y ello facilita la desorientación de la antena o incluso la caída de todo el montaje.

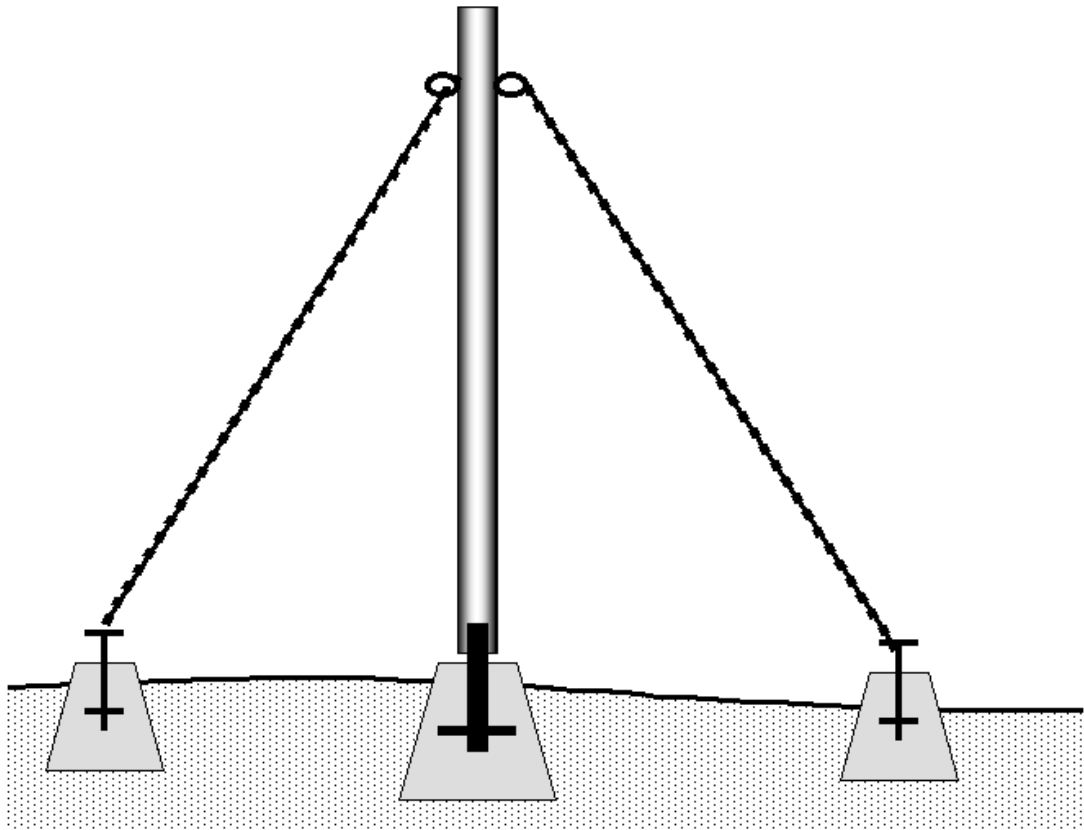


Figura A 2-2. Montaje de un mástil en un terreno blando utilizando pilares prefabricados.

En instalaciones fijas es preferible utilizar un mástil, pues permite mayores alturas. Existen realizaciones comerciales, pero suponen un gasto importante, por ello lo mejor para alturas moderadas, menores de cinco metros, utilizar un tubo de hierro galvanizado, en el que se sueldan unas orejas para poder fijar los cables (vientos) de sujeción. En terrenos duros es posible fijar a las rocas clavos donde amarrar los vientos, sin embargo en terrenos blandos esto no es posible. La mejor solución es utilizar una serie de pilares construidos en hormigón (concreto) . Estos pilares pueden prepararse antes, y simplemente enterrarlos en el emplazamiento. De esta forma se evita tener que esperar a que el cemento fragüe. En los pilares laterales hay que colocar un hierro que permita fijar el viento. Este hierro debe llevar una cruceta en cada extremo para evitar que se mueva o se escape el viento. El pilar central debe llevar un trozo de tubo que sirva para el centrado del mástil.

En todos los casos no debe olvidarse instalar una buena toma de tierra y conectar a ella con un conductor de cobre de suficiente diámetro todos los elementos metálicos del montaje.

CASSETAS PARA INSTRUMENTOS

La instalación de un instrumento en un volcán activo no es sencilla, especialmente por la abundancia de suelos blandos, como pueden ser todas las zonas cubiertas por piroclastos. En estos casos es necesario excavar un pequeño pozo y tratando de alcanzar un nivel más consolidado donde emplazar el instrumento. Es importante evitar la entrada de agua en el pozo, tanto por la parte superior como por filtración desde los niveles más profundos. Una vez excavado el pozo, se debe entubar, bien con un tubo de plástico o construyendo una pequeña obra de ladrillo. Después hay que construir un pilar de hormigón (concreto), procurando que quede bien asentado en los niveles más consolidados. Este pilar no debe tocar las paredes del tubo, impermeabilizando la base mediante una resina, de esta forma evitamos que el tubo se comporte como una guía de ondas desde la superficie. La tapa debe cerrar impidiendo la entrada de agua. Los cables se sacan mediante un pasamuros.

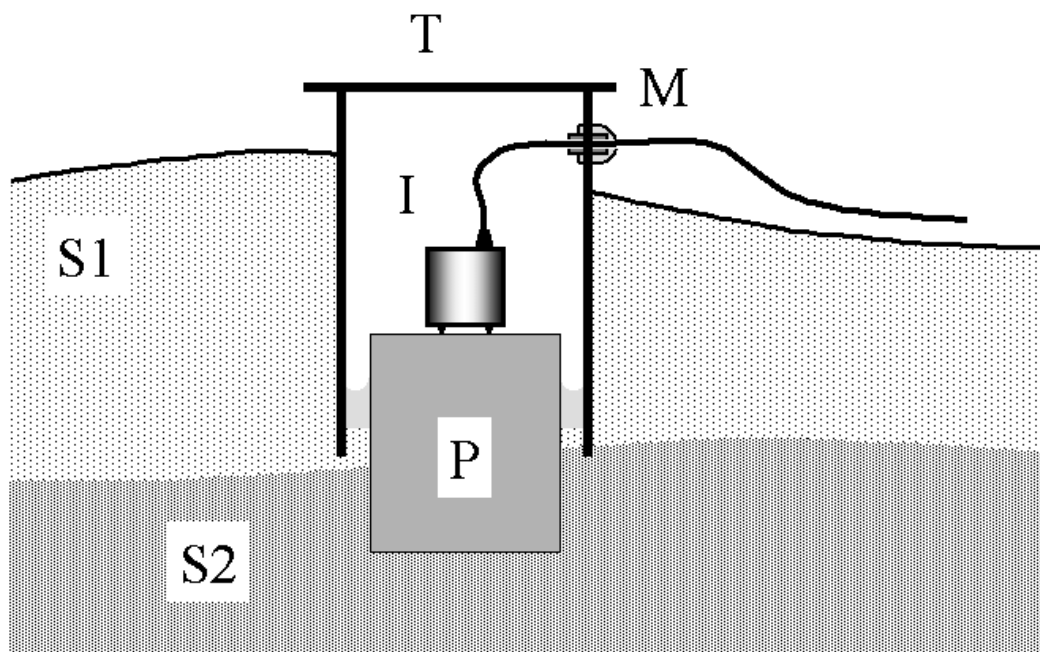


Figura A 3-1. Esquema de un pozo para instrumentos. S1 suelo blando; S2 suelo consolidado (no siempre alcanzable en la práctica); P pilar; T entubado; M pasa-muros para los cables; I instrumento.

En suelos más duros, la solución mejor es construir una pequeña caseta donde colocar los instrumentos. Esta caseta debe estar a prueba de vandalismo, por lo que la mejor solución es hacer una caja metálica, bastante mayor de lo necesario de forma que en el terreno se pueda rellenar parcialmente de hormigón, con lo cual su peso sobrepasa fácilmente 200 Kg, de esta forma es casi imposible que puedan llevársela. Además, los cierres deben ser también antivandálicos. La caja se puede hacer con el techo inclinado, de forma que sobre él pueda fijarse el panel solar. De esta forma, los tornillos de fijación quedan al interior de la caja y no es posible sacarlos desde el exterior.

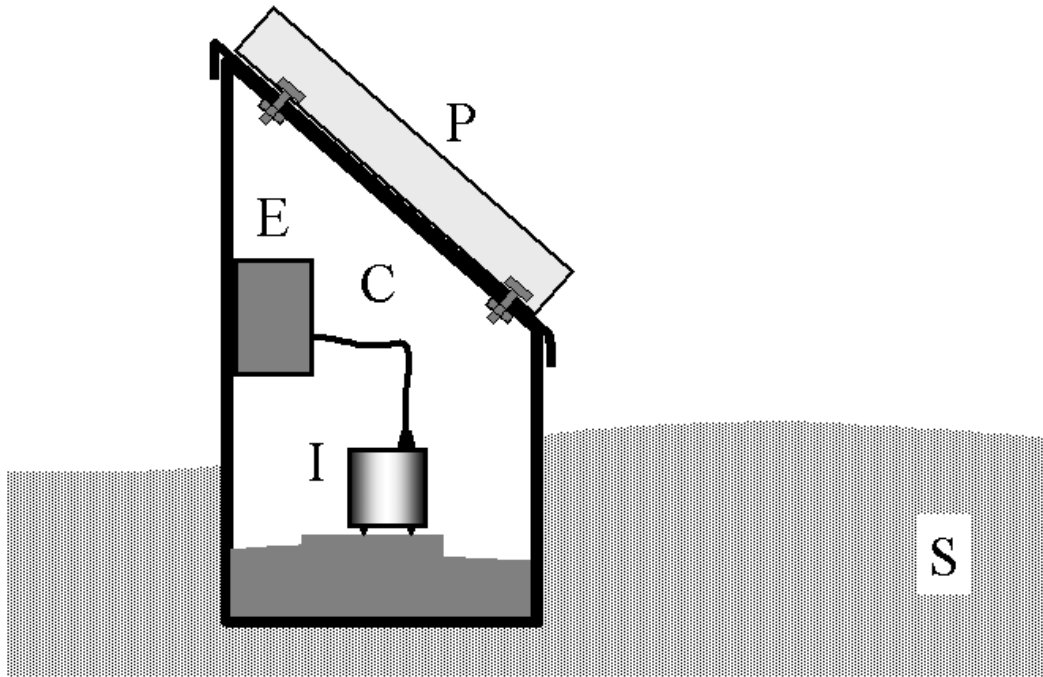


Figura A 3-2. En suelos duros lo mejor es situar los instrumentos dentro de una caja impermeable, realizada en hierro, la caja se rellena parcialmente con hormigón, que además de unirla al suelo impide que puedan llevarse. S suelo, C caja; I instrumento; P panel solar, E electrónica.

Si hay que adoptar precauciones contra el agua, muchas más hay que tomar en zonas donde sean frecuentes las nevadas. En estos casos, además de dotar a las cajas de techos inclinados, es conveniente disponer los elementos electrónicos a suficiente altura para que no sean cubiertos por la nieve o bien realizar la construcción de la caja con suficiente rigidez para que resista el peso de la nieve e impida la entrada del agua.

Es conveniente realizar antes de la construcción de la caseta una serie de pruebas dirigidas a evaluar las características del emplazamiento. Entre los factores que condicionan el emplazamiento está la calidad intrínseca del sitio desde el punto de vista observacional, pero también hay que tener presente las posibilidades de la telemetría, el emplazamiento del panel solar en zona libre de sombras. Finalmente, si la zona es muy transitada, la probabilidad de sufrir un acto vandálico aumenta, especialmente son muy tentadores los paneles solares.

AMPLIFICACIÓN ANÓMALA: EFECTO SUELO

Los suelos blandos presentan la característica de amplificar unas frecuencias muy definidas frente al resto del espectro sísmico. En los volcanes activos, los sucesivos apilamientos de coladas y piroclastos hacen que este fenómeno se presente con mucha frecuencia. Es muy importante tenerlo presente, pues puede ser que muchas señales que se atribuyan a temblores volcánicos no sean otra cosa que el efecto del suelo sobre señales de origen meteorológico o sismos lejanos. Este efecto puede ponerse fácilmente de manifiesto comparando los registros obtenidos por las estaciones situadas sobre el volcán con una estación de referencia situada en roca. El método de Nakamura permite mediante una estación de tres componentes determinar las amplificaciones relativas de distintas partes del espectro, sin más que dividir los espectros obtenidos en las componentes horizontales por el espectro de la componente vertical.

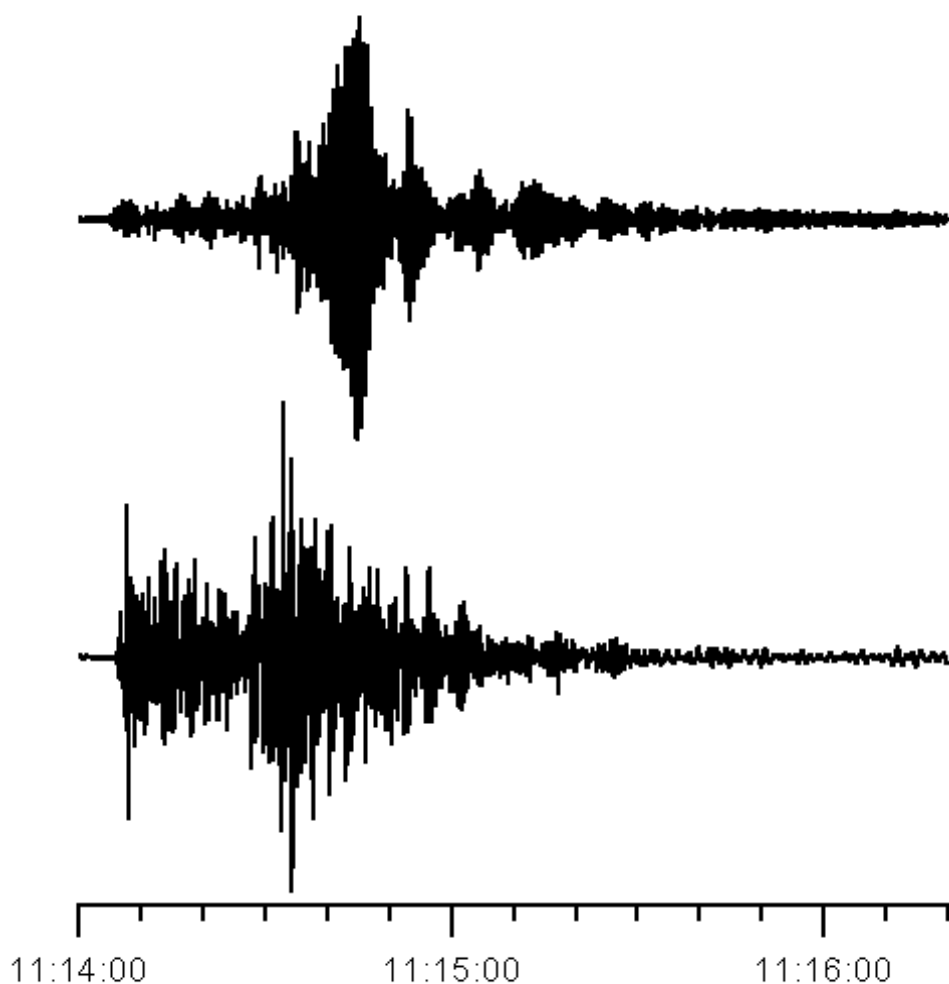


Figura A 4-1. Registro de un sismo tectónico regional obtenido en dos estaciones situadas en el volcán Llaima (Chile) separadas menos de 10 Km. Mientras que el registro inferior muestra un sismograma de aspecto normal, el registro superior es totalmente anómalo. Ambas estaciones utilizan la misma electrónica y están equipadas con un geófono L4-C. Cortesía Observatorio Volcanológico de los Andes del Sur Chile.

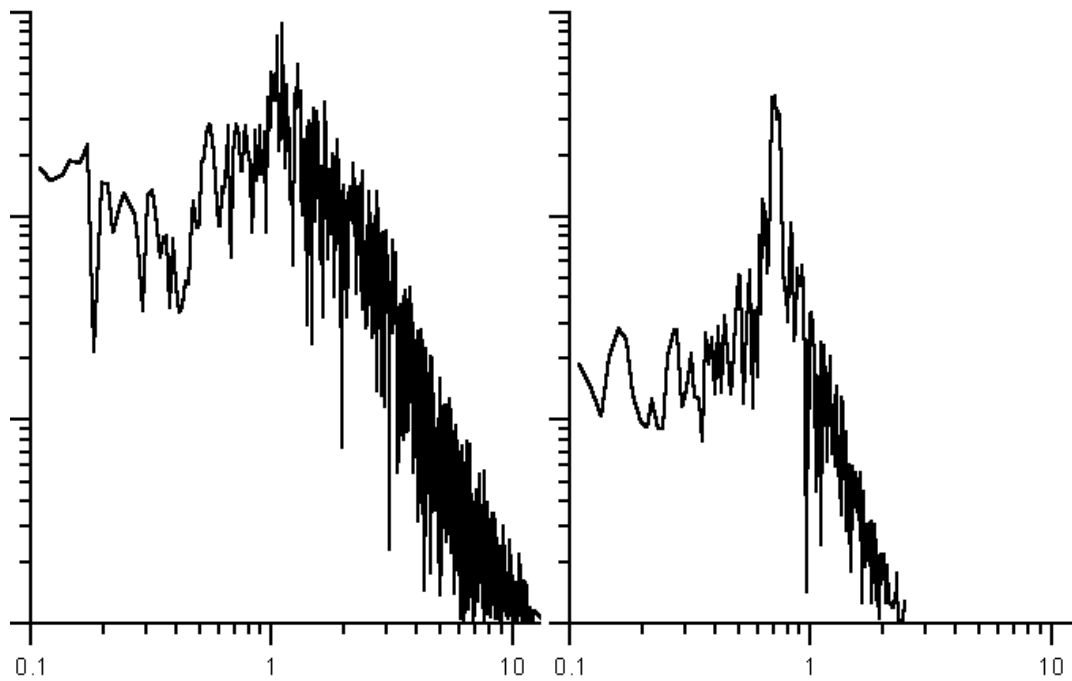


Figura A 4-2. Espectros en desplazamiento correspondientes a onda P de las señales de la figura anterior. Mientras el espectro de la derecha responde bastante bien al espectro teórico, el espectro de la izquierda muestra la amplificación anómala a la frecuencia de 0.8 Hz.

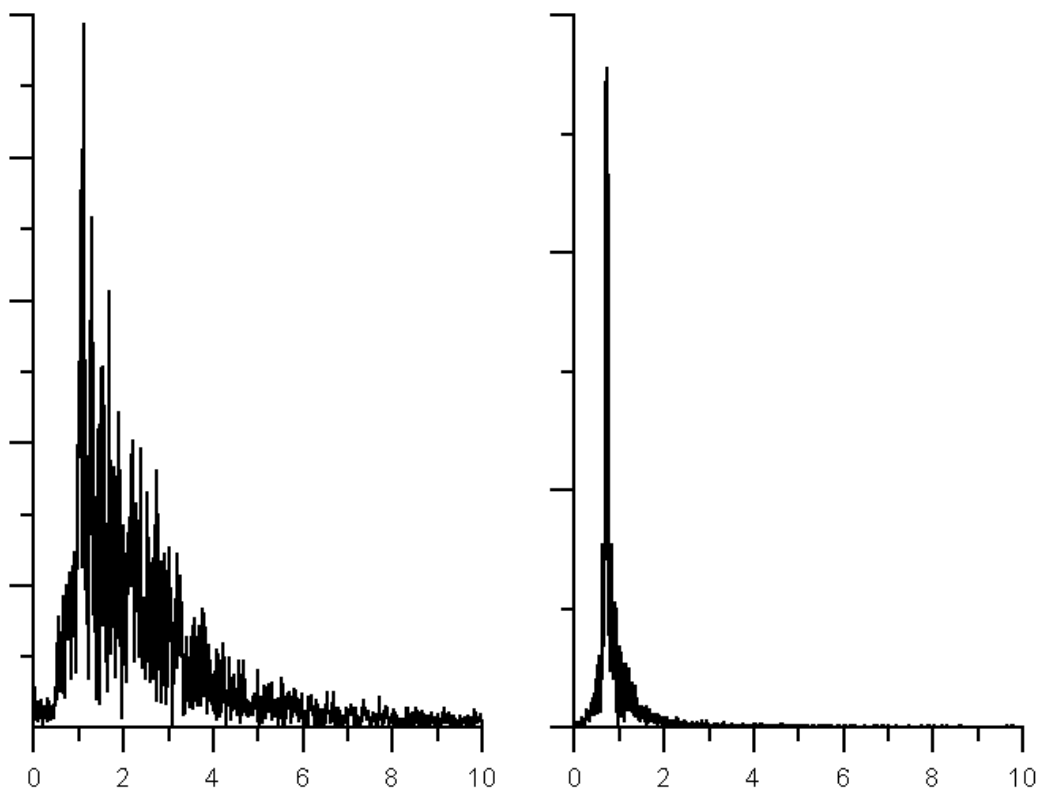


Figura A 4-3. Los mismos espectros en la representación habitual para el análisis de los temblores volcánicos: en velocidad y escalas lineales. Obsérvese el fuerte carácter monocromático del espectro de la izquierda.

MINI BOMBA PARA PEQUEÑOS FLUJOS DE GAS

Para el análisis continuo de gases se requiere de una bomba que haga circular un pequeño flujo de gas. Esta bomba deberá poder operar en modo continuo durante mucho tiempo sin mantenimiento y ser de bajo consumo. No es fácil encontrar en el mercado este tipo de componente, y los modelos disponibles son difíciles de conseguir en pequeñas cantidades a un precio razonable. Una solución consiste en utilizar un pequeño ventilador del tipo utilizado para la refrigeración de los procesadores (CPU) en los computadores. Estos ventiladores, de muy bajo coste, están diseñados para operar continuamente y se alimentan con corriente continua a 5 V, aunque es posible conseguir modelos que funcionan a 12 V. Un montaje sencillo consiste en disponer el motor entre dos cajas que posean un cierre estanco. A cada una de estas cajas se le coloca un pasamuros para poder acoplar los tubos de entrada y salida de gas, a una de ellas se le coloca un pequeño conector estanco para alimentar el motor. En aquellos casos donde no se requiere canalizar el gas de salida se puede simplificar el montaje prescindiendo de la caja de salida. En sistemas que toman unas pocas muestras por día, se suele activar el motor unos minutos antes de iniciar el proceso de mediada. De esta forma se tiene la seguridad de haber renovado el gas que llena el dispositivo de medida. Aunque se puede disponer en cualquier punto del circuito del gas, en general se suele situar a la salida de toda la cadena analítica.

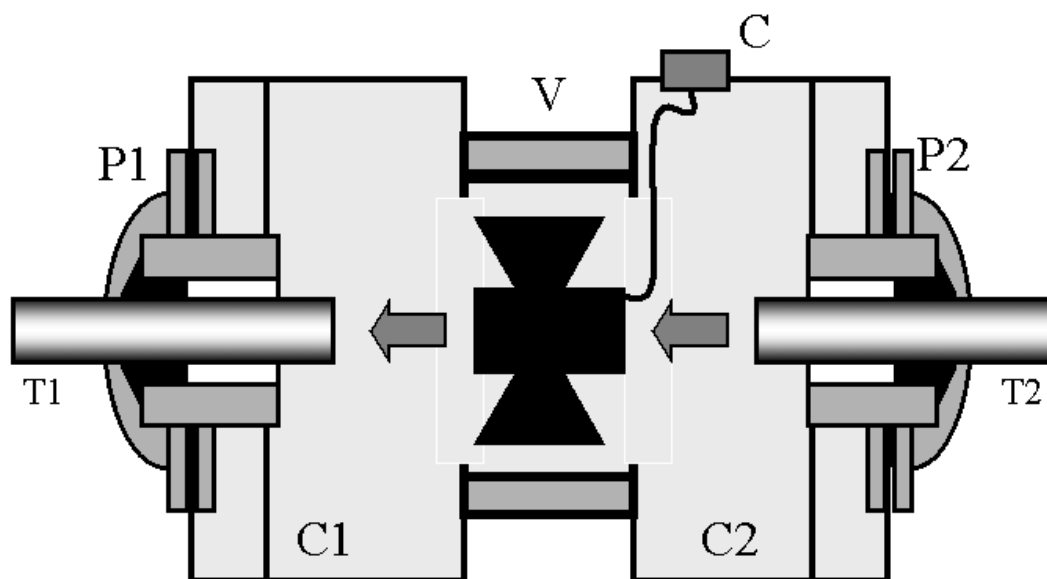


Figura A 4-1. Utilización de un pequeño ventilador para construir una mini-bomba para gases. C1 y C2 son dos pequeñas cajas estancas. P1 y P2 dos pasamuros para permitir la conexión de los tubos T1 y T2. V es el ventilador y C un conector miniatura.

Es conveniente disponer siempre un sistema de desecado del gas y un filtro antes de la entrada a la bomba y al sistema analítico. Hay que recordar que el agua es el mayor enemigo de la electrónica, y que es el componente más abundante del gas volcánico. Aunque aparentemente se esté muestreando un gas “seco” no es de extrañar que en poco tiempo aparezcan condensaciones que empezarán por afectar la exactitud de las medidas

y terminarán por destruir el sistema. La efectividad de la bomba se puede evaluar midiendo la presión que se obtiene a su salida mediante un pequeño manómetro diferencial de agua. Si se desea conocer el flujo que circula por el sistema, lo mejor es disponer un sensor de presión diferencial sobre una célula de Venturi. Existen en el mercado dispositivos de este tipo comerciales para una amplia gama de valores de flujo. Este tipo de sistemas requiere mucho más mantenimiento que un instrumento para el registro sísmico o la medida de la deformación, pues periódicamente hay que sustituir el desecante y el filtro, pues en caso contrario pierden toda su eficacia.

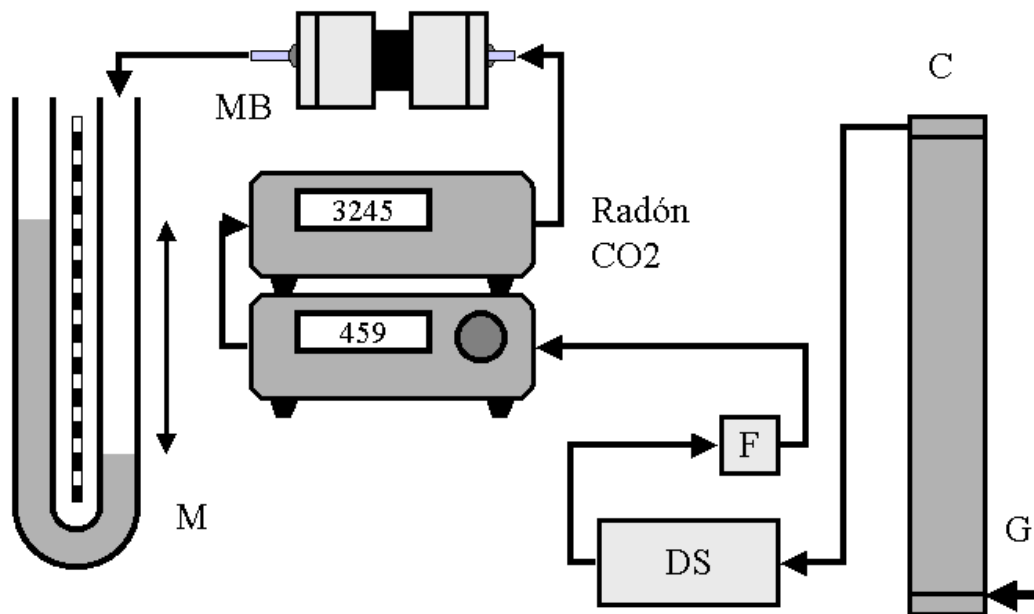


Figura A 4-2. Ejemplo de utilización de la mini-bomba: se trata de un dispositivo para la medida simultánea de CO_2 y Radón. El gas G procedente de la fumarola o dispositivo de muestreo pasa por una columna de refrigeración C que condensa la mayor parte del agua que pueda contener el gas. A la salida se encuentra un desecador DS y un micro-filtro F. El gas ya seco y libre de partículas pasa al dispositivo analítico (Radón y CO_2). La mini-bomba se encarga de hacer circular lentamente el gas por el dispositivo. Un simple manómetro de agua M permite conocer si el sistema funciona correctamente. Lógicamente, hay que desconectar el manómetro para que el gas pueda circular.