



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Memoria Institucional 2014



Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.

Editado por:
Geofísica & Sociedad

Fotografías:
Agradecimiento especial a todas las áreas de investigación y soporte.

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú:
2012-07186

Impreso en Trujillo – La Libertad en el mes de diciembre del 2015

Tiraje:
1000 ejemplares

Prohibida su reproducción total o parcial sin autorización previa y escrita del
Instituto Geofísico del Perú

Impreso por:

Impreso por Empresa: Imprenta Editora Gráfica Real SAC..
Jr. Independencia 953 – Trujillo – La Libertad
Teléfono (44) 25-3324

Fotografías carátula

1. Flanco Oeste del volcán Ubinas, en Moquegua.
2. Vivienda derrumbada tras terremoto del año 2007 en Pisco.
3. El pelicano es parte de la fauna del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes.
4. Labor de instrumentación sísmica en el nevado de Chaupijanca, en la Cordillera Huallanca.



Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.



Embarcación turística a orillas del río Amazonas, en la región Loreto.

CONTENIDO

07 RESUMEN EJECUTIVO

08 MISIÓN Y VISIÓN DEL IGP

09 ORGANIGRAMA

10 MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

13 INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

14 GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

Artículos Indexados	14
Divulgación Científica	16

17 CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

Sismología	18	Geodinámica Superficial	28
Geodesia Espacial	23	Vulcanología	32

37 CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA

Variabilidad y Cambio Climático	38
---------------------------------	----

48 CIENCIAS DEL GEOESPACIO Y ASTRONOMÍA

Geoespacio	49
Astronomía	53

56 OPTIMIZANDO LAS TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURA

Redes Geofísicas	58
Centro Nacional de Datos Geofísicos	59

61 FORTALECIENDO CAPACIDADES

Asuntos Académicos	62
--------------------	----

65 ACERCÁNDONOS A LA SOCIEDAD

Geofísica & Sociedad	66
----------------------	----

69 COOPERACIÓN INSTITUCIONAL Y SERVICIOS

Convenios para el Desarrollo	70
Servicios Tecnológicos	72

73 PERSONAL IGP 2014

76 MEJORANDO LA GESTIÓN INSTITUCIONAL



Instrumentación sísmica instalada en Lagunillas – Puno.

RESUMEN EJECUTIVO

El planeta está en constante movimiento, el cual genera pequeños cambios que con el paso del tiempo se convierten en grandes transformaciones. De igual forma, y con la premisa que todo cambio debe ser para mejorar, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha experimentado desde su creación constantes mejoras a través de sus investigaciones, programas y proyectos que le permiten experimentar periódicamente la consolidación de procesos que lo afianzan como institución.

De esta forma, en el 2014 el IGP ha iniciado, renovado y consolidado procesos con la visión de seguir avanzando, creciendo y mejorando para así cumplir cabalmente con la misión de aportar con sus investigaciones –entre otros temas– al fortalecimiento de la gestión de riesgo de desastres, la cual garantiza el desarrollo del país y una adecuada calidad de vida de la sociedad.

Entre lo más resaltante de lo realizado se tiene la ampliación de la Red Acelerométrica Nacional (principalmente en distritos del sur de la capital), la renovación del convenio interinstitucional con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD de Francia), la adquisición de un radar para el estudio de las precipitaciones en zonas andinas, la instalación de un telescopio de la Universidad Nacional de

Ingeniería en el Observatorio de Huancayo (OA-UNI), la aprobación de siete proyectos que serán financiados por el FINCyT, entre otros.

Asimismo, se consolidaron dos grandes procesos que permitirán al IGP avizorar un futuro promisorio como entidad estatal y científica: la estructuración del nuevo Reglamento de Organización y Funciones (ROF), el cual quedó expedito para su aprobación en el 2015, y el afianzamiento del nuevo equipo de investigadores, el cual ha fortalecido investigaciones en Astronomía, Vulcanología, Hidrología e iniciado nuevas, tales como Paleoclimatología, Oceanografía, Ingeniería Sísmica, entre otros.

Por otro lado, la participación del IGP en la Conferencia de las Partes de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP20), desarrollada en diciembre en Lima, fue una de las más importantes representaciones que la Institución ha realizado en su historia al país. La misma se dio como parte del equipo de negociadores y a través de exposiciones en el ciclo de conferencias “Voces por el clima”.

Lo realizado en el 2014 es parte del movimiento científico que genera la Institución, el cual – como ya se ha citado – está conllevando a pequeños cambios que en los próximos años darán paso a grandes transformaciones institucionales que extenderán sus beneficios al país y, por ende, a la sociedad.

MISIÓN Y VISIÓN

MISIÓN

El Instituto Geofísico del Perú es una institución pública al servicio del país, adscrita al Ministerio del Ambiente, que genera, utiliza y transfiere conocimientos e información científica y tecnológica en el campo de la Geofísica y ciencias afines, forma parte de la comunidad científica internacional y contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la prevención y mitigación de desastres naturales y de origen antrópico.

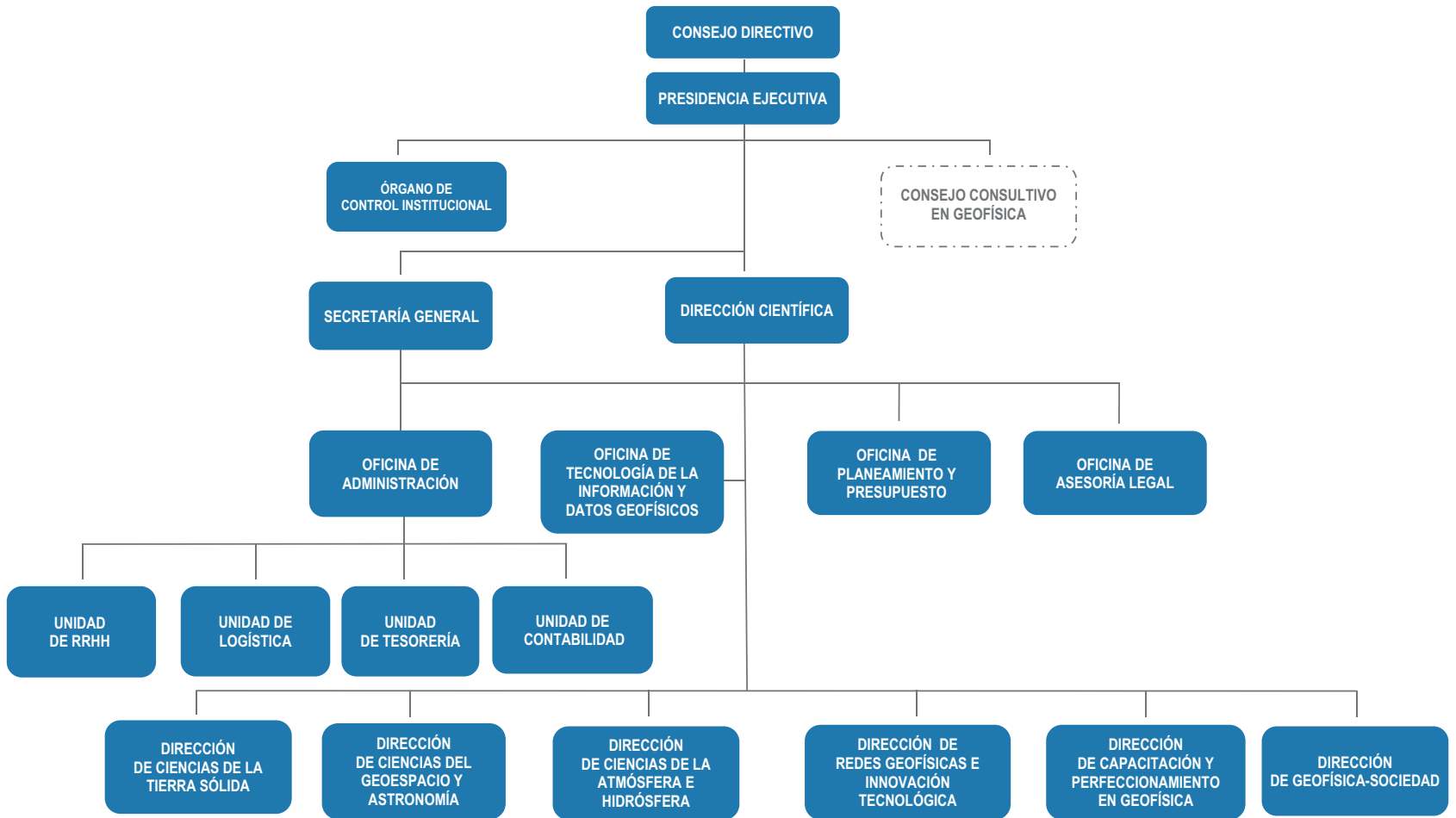
VISIÓN

El Instituto Geofísico del Perú se ha consolidado nacional e internacionalmente como una institución pública líder en la gestión del ambiente geofísico e investigación científica, aportando significativamente a la toma de decisiones en beneficio de la sociedad peruana.



Instalación de antena en el Laboratorio de Mayorazgo del IGP.

ORGANIGRAMA



El presente organigrama institucional fue elaborado durante los años 2011 y 2012 para su inclusión en los documentos de gestión en desarrollo.

Presidente Ejecutivo
Dr. Ronald Woodman Pollitt

Actual presidente del Instituto Geofísico del Perú (IGP). Ingeniero Mecánico Electricista por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster y Ph.D. en Física Aplicada por la Universidad de Harvard. Presidente de la Academia Nacional de Ciencias del Perú. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. y de la *American Geophysical Society*. Premio *Edward Appleton* de la *Royal Society of London*. Premio Nacional a la Innovación. Premio Nacional de Cultura. Doctor *Honoris Causa* de las universidades: UNI, Universidad Ricardo Palma de Lima (URP) y Universidad de Piura (UDEP). Es reconocido como uno de los principales investigadores científicos del mundo en Aeronomía y ha publicado más de un centenar de artículos indexados en prestigiosas publicaciones científicas.

Vicepresidente
Ing. Alberto Giesecke Matto

Ingeniero Electricista por el *Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)* de Troy, Nueva York. Campo de actividad: Geofísica, capacitación, fomento y aplicación de la ciencia para la mitigación de desastres ocasionados por fenómenos naturales. Exdirector del Centro Regional de Sismología para América del Sur (Ceresis). Fue presidente fundador del Consejo Nacional de Investigación, hoy Concytec, y de la Comisión de Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Premio Cosapi a la Innovación. Palmas Magisteriales en el Grado de Amauta. Gran Cruz al Servicio Distinguido del Gobierno del Perú. Premio Nacional Daniel A. Carrión del Instituto Nacional de Cultura (INC). Doctor *Honoris Causa* por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Por su enorme contribución al control de los efectos de los fenómenos naturales, reconocido como uno de los más destacados investigadores en geofísica del Perú y América Latina.

Miembro
Dr. Antonio Mabres Torelló

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Desde 1974 profesor de la Universidad de Piura (UDEP), de la que ha sido rector y actualmente es prorector. Representante nacional del Perú ante la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas. Presidente de la Comisión de Ética de Indecopi. Miembro del Jurado del Premio de Buenas Prácticas de Gestión Pública, que organiza Ciudadanos Al Día (CAD). Miembro de la Sociedad Peruana de Física. Orden Isabel La Católica, en el grado de Encomienda, concedida por el Rey Juan Carlos de España. Destacado investigador especializado en el análisis del cambio climático y en el estudio de los efectos del fenómeno El Niño. Ha publicado artículos sobre el fenómeno El Niño, educación, ecología y gestión cultural.

CONSEJO DIRECTIVO

Miembro Dr. Jorge Alva Hurtado

Ingeniero Civil y magíster en Ciencias, con mención en Estructuras por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster en Ciencias e Ingeniería Civil por el Instituto Tecnológico de Massachussets. Ph.D. por la Universidad de Massachussets. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias del Perú (ANC). Exdecano de la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI. Presidente del Capítulo de Ingeniería Civil del Consejo Departamental de Lima del Colegio de Ingenieros del Perú. Miembro del Comité Técnico Permanente de la Norma Técnica de Edificación, Diseño Sismorresistente de Sencico. Investigador y hombre de empresa, con una admirable trayectoria como promotor del tema de seguridad en la construcción. Es uno de los oradores más reputados del país en el tema de infraestructura.

Miembro Dr. Juan Tarazona Barboza

Biólogo por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Doctor en Recursos Naturales por la Universidad de Bremen, Alemania. Profesor principal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNMSM. Académico titular de la Academia Nacional de Ciencia y Tecnología (ANCyT). Comparte el Premio Nobel de la Paz otorgado a los autores del IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Asesor de la Presidencia del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Director del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica. Presidente del Consejo Consultivo de la Facultad de Biología Marina y Ecomercios de la Universidad Científica del Sur. Investigador del Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi en temas de impacto biológico de los eventos El Niño y el cambio climático, con más de 80 publicaciones en revistas especializadas internacionales. Distinguido como el investigador más destacado del período 1995-99 del área de Ciencias Básicas en la UNMSM.

Secretario Dr. José Macharé Ordoñez

Actual director técnico del Instituto Geofísico del Perú. Ingeniero Geólogo de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster en Tectónica, Geología Estructural y Geofísica. Doctor en Ciencias de la Tierra de la Universidad de París XI. Ha desarrollado su actividad profesional tanto en la investigación como en la industria y en el mundo académico. Ha trabajado como geólogo de exploraciones en empresas mineras de prestigio como *Newmont Ltd.*, *North Ltd.* y *Barrick Gold*. Exdirector ejecutivo del Instituto Nacional de Geología, Minería y Metalurgia (Ingemmet). Condecorado por el gobierno francés con la "Orden de las Palmas Académicas" por su brillante labor científica y su dedicación a las geociencias. Paralelamente, ejerce la docencia de los cursos de geología estructural y geotectónica en la Escuela de Geología de la UNI.



Cañón de Cotahuasi, en la región Arequipa.



INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

- Ronald Woodman, Ph.D., U. de Harvard, EE.UU.
- José Macharé, doctor en Ciencias de la Tierra, U. de París XI, Francia.
- Pablo Lagos, Ph.D., Inst. de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
- Edmundo Norabuena, Ph.D., U. de Miami, EE.UU.
- Hernando Tavera, doctor en Ciencias Físicas, U. Complutense de Madrid, España.
- Orlando Macedo, doctor en Geodinámica, U. de París XI, Francia.
- Ken Takahashi, Ph.D., U. de Washington, EE.UU.
- Jhan-Carlo Espinoza, doctor en Ciencias Ambientales, U. Pierre y Marie Curie, Francia.
- Marco Milla, Ph.D., U. de Illinois en Urbana-Champaign, EE.UU.
- Danny Scipión, Ph.D., U. de Oklahoma, EE.UU.
- Ivonne Montes, doctora en Oceanografía, U. de Concepción, Chile.
- José Ishitsuka, Ph.D., U. de Tokio, Japón.
- Yamina Silva, Ph.D., Inst. Estatal de Hidrometeorología, Rusia.
- Adolfo Inza, doctor en Ciencias de la Tierra, U. Joseph Fourier, Francia.
- Antonio Pereyra, doctor en Astronomía, U. de Sao Paulo, Brasil.
- Edgardo Pacheco, Ph.D., U. de Texas en Dallas, EE.UU.
- Nobar Baella, doctor en Astronomía, Observatorio Nacional de Brasil, Brasil.
- Kobi Mosquera, candidato a doctor en Oceanografía Física, U. Paul Sabatier, Francia.
- Juan Carlos Villegas, doctor en Ciencias de la Tierra, U. de Niza Sophia Antipolis, Francia.
- James Apaéstegui, doctor en Geociencias - Paleoclimatología, U. Federal de Fluminense, Brasil.
- Sergio Morera, Ph.D., U. Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Juan Carlos Gómez, M.Sc., U. Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Alejandra Martínez, Mag., U. Ricardo Palma, Perú.
- Federico Pardo, M.Sc., Inst. de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
- Hugo Trigoso, M.Sc., Inst. Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil.
- Grace Trasmonte, Mag., U. Ricardo Palma, Perú.
- Isabel Bernal, M.Sc., U. Nacional Autónoma, México.
- Sheila Yauri, M.Sc., U. de Niza Sophia Antipolis, Francia.
- Liliana Torres, M.Sc., U. Blas Pascal, Francia.
- Julio Quijano, M.Sc., U. Peruana Cayetano Heredia, Perú.
- Ricardo Zubieta, M.Sc., U. Nacional Agraria La Molina, Perú.

PERSONAL RESPONSABLE DE SOPORTE TÉCNICO E INFORMÁTICO

- David Portugal, Ing., Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- María Rosa Luna, Ing., Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

ARTÍCULOS INDEXADOS

El resultado final de toda investigación se cristaliza a través de artículos indexados publicados en revistas de prestigio internacional. En el presente año, los investigadores del Instituto Geofísico del Perú han continuado con el esfuerzo de divulgar a la comunidad científica nuevos conocimientos, lográndose publicar los siguientes artículos:

CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

1. Bertrand G., J. L. Chatelain, **H. Tavera**, H. Perfettini, **A. Ochoa**, and **B. Herrera**, *Establishing Empirical Period Formula for RC Buildings in Lima, Peru: Evidence for the Impact of Both the 1974 Lima Earthquake and the Application of the Peruvian Seismic Code on High-Rise Buildings*, *Seismological Research Letters*, doi: 10.1785 / 0220140078, v. 85 , p. 1308 - 1315
2. Chlieh M., P. A. Mothes, J.-M. Nocquet, P. Jarrin, P. Charvis, D. Cisneros, Y. Font, J.-Y. Collot, **J.-C. Villegas-Lanza**, F. Rolandone, M. Vallée, M. Regnier, M. Segovia, X. Martin, and H. Yepes, *Distribution of discrete seismic asperities and aseismic slip along the Ecuadorian megathrust*, *Earth and Planetary Science Letters*, doi: 10.1016/j.epsl.2014.05.027, 400, 292-301.
3. Eakin C., M. D. Long, S. L. Beck, L. S. Wagner, **H. Tavera**, and **C. Condori**, *Response of the mantle to flat slab evolution: Insights from local S splitting beneath Peru*, *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1002/2014GL059943, 41, 3438–3446.
4. **Inza L.A.**, J.P. Métaxian, J.I. Mars, C.J. Bean, G.S. O'Brien, O. Macedo and D. Zandomeneghi, *Analysis of dynamics of vulcanian activity of Ubina volcano, using multicomponent seismic antennas*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, doi:10.1016/j.jvolgeores.2013.11.008, p 35–52.
5. Nocquet J. M., **J.-C. Villegas-Lanza**, M. Chlieh, P. A. Mothes, F. Rolandone, P. Jarrin, D. Cisneros, A. Alvarado, L. Audin, F. Bondoux, X. Martin, Y. Fuente, M. Régnier, M. Vallée, T. Tran, C. Beauval, J. M. Maguiña Mendoza, W. Martínez, **H. Tavera**, and H. Yepes, *Motion of continental slivers and creeping subduction in the northern Andes*, *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo2099, 7, 287–291.
6. Quispe S., K. Chimoto, H. Yamanaka, **H. Tavera**, F. Lazares, and Z. Aguilar, *Estimation of S-Wave Velocity Profiles at Lima City, Peru Using Microtremor Arrays*, *Journal of Disaster Research*, Vol.9, No.6 pp. 931-938
7. **Tacza J.**, J.-P. Raulin, E. Macotela, **E. Norabuena**, G. Fernandez, E. Correia, M.J. Rycroft, R.G. Harrison, *A new south American network to study the atmospheric electric field and its variations related to Geophysical phenomena*, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, doi: 10.1016/j.jastp.2014.09.001, Volume 120, 70–79.
8. **Zuñiga K. G.**, A. Finizola, J. Lenat, **O. Macedo**, **D. Ramos**, J. C. Thouret, N. Fournier, V. Cruz, and K. Pistre, *Asymmetrical structure, hydrothermal system and edifice stability: The case of Ubina volcano, Peru, revealed by geophysical surveys*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2014.02.020, 276, 132-144.

CIENCIAS DEL GEOESPACIO Y ASTRONOMÍA

1. **Chau, J.L.**, T. Renkwitz, G. Stober and R. Latteck, *MAARSY multiple receiver phase calibration using radio sources*, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 118, pp. 55-63, doi: 10.1016 / j.jastp.2013.04.004
2. **Chau, J.L.**, J., Röttger and M. Rapp, *PMSE strength during enhanced D region electron densities: Faraday rotation and absorption effects at VHF frequencies*, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 118, pp. 113-118, doi: 10.1016 / j.jastp.2013.06.015
3. Gonzales, G.F., C. Valqui y J. Chau, *Producción Científica de los Miembros de la Academia Nacional de Ciencias*, *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, vol. 31, núm. 2, abril-, 2014, p. 396

4. Hysell D. L., **M. Milla** and J. W. Meriwether, Data-driven numerical simulations of equatorial spread F in the Peruvian sector: 2. Autumnal equinox, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, doi:10.1002/2014JA020345, 119, 6981–6993.
5. Kil H., Y.S. Kwak, W. Kyoung Lee, S.J. Oh, **M. Milla** and I. Galkin, Broad plasma depletions detected in the bottomside of the equatorial F region: Simultaneous ROCSAT-1 and JULIA observations, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, doi: 10.1002/2014JA019964, Volume 119, 5978–5984.
6. Kil H., W. Kyoung Lee, Y.S. Kwak, Y. Zhang, L. J. Paxton and **M. Milla**, The zonal motion of equatorial plasma bubbles relative to the background ionosphere, *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, doi:10.1002/2014JA019963, Volume 119, 5943–5950.
7. Matthew A. H., P. A. Bernhardt, C. L. Siefiring, M. R. Wilkens, J. D. Huba, J. F. Krall, C. E. Valladares, R. A. Heelis, M. R. Hairston, W. R. Coley, J. L. Chau, and **C. De La Jara**, Radio-tomographic images of postmidnight equatorial plasma depletions, *Geophysical Research Letters*, doi: 10.1002/2013GL056112, 41, 13–19.
8. Mott, R., **D. Scipi3n**, M. Schneebeli, N. Dawes, A. Berne, and M. Lehning, Orographic effects on snow-deposition patterns in mountainous terrain, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, doi: 10.1002/2013JD019880, 19, 1419–1439.
9. Shim, J.S., M. Kuznetsova, L. Rast3tter, D. Bilitza, M. Butala, M. Codrescu, B.A. Emery, B. Foster, T.J. Fuller-Rowell, J. Huba, A.J. Mannucci, X. Pi, A. Ridley, L. Scherliess, R.W. Schunk, J.J. Sojka, P. Stephens, D.C. Thompson, D.k. Thompson, L. Zhu, D. Anderson and **J.L. Chau**, E. Sutton, Systematic Evaluation of Ionosphere/Thermosphere (IT) Models: CEDAR Electrodynamics Thermosphere Ionosphere (ETI) Challenge (2009-2010) [Capitulo de libro], *Modeling the Ionosphere-Thermosphere System*, pp. 145-160, doi: 10.1002 / 9781118704417.ch13.
10. Rastogi, R.G., H. Chandra, P. Janardhan, T.L. Hoang, **L. Condori**, T.K. Pant, D.S.V.V.D. Prasad and B. Reinisch, Spread-f during the magnetic storm of 22 January 2004 at low latitudes: Effect of imf-bz in relation to local sunset time, *Journal of Earth System Science*, 123 (6), pp. 1273-1285, doi: 10.1007 / s12040-014-0467-3

CIENCIAS DE LA ATM3SFERA E HIDR3SFERA

1. **Apa3stegui J.**, F. W. Cruz, A. Sifeddine, **J. C. Espinoza**, J. L. Guyot, M. Khodri, N. Strikis, R. V. Santos, H. Cheng, L. Edwards, E. Carvalho, and W. Santini, Hydroclimate variability of the South American Monsoon System during the last 1600 yr inferred from speleothem isotope records of the north-eastern Andes foothills in Peru, *Climate Past Discussion*, doi:10.5194/ cpd-10-533-2014, 10, 533-561.
2. **Apa3stegui, J.**, F. W. Cruz, A. Sifeddine, M. Vuille, **J. C. Espinoza**, J.-L. Guyot, M. Khodri, N. Strikis, R. V. Santos, H. Cheng, L. Edwards, E. Carvalho, and W. Santini, Hydroclimate variability of the northwestern Amazon Basin near the Andean foothills of Peru related to the South American Monsoon System during the last 1600 years, *Climate of the Past*, 10, 1967-1981, doi: 10.5194/cp-10-1967-2014.
3. **Espinoza, J.C.**, J. Marengo, J. Ronchail, J. Molina, L. Noriega, and J.L. Guyot, The extreme 2014 flood in southwestern Amazon basin: the role of tropical-subtropical South Atlantic SST gradient, *Environmental Research Letters*, doi:10.1088/1748-9326/9/12/124007, Volume 9, Number 12.
4. Ganachaud A., S. Cravatte, A. Melet, A. Schiller, N. J. Holbrook, B. M. Sloyan, M. J. Widlansky, M. Bowen, J. Verron, P. Wiles, K. Ridgway, P. Sutton, J. Sprintall, C. Steinberg, G. Brassington, W. Cai, R. Davis, F. Gasparin, L. Gourdeau, T. Hasegawa, W. Kessler, C. Maes, **K. Takahashi**, K. J. Richards and U. Send, The Southwest Pacific Ocean circulation and climate experiment (SPICE), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, doi: 10.1002/2013JC009678, pages 7660 – 7686.
5. Huggels, C., M. Scheel, F. Albrecht, N. Andres, P. Calanca, C. Jurt, N. Khabarov, D. Mira-Salama, M. Rohrer, N. Salzmann, **Y. Silva**, E. Silvestre, L. Vicuna, M. Zappa, A framework for the science contribution in climate adaptation: Experiences from science-policy processes in the Andes, *Environmental Science & Policy*, doi: 10.1016/j.envsci.2014.11.007.
6. Lavado-Casimiro W. y **J. C. Espinoza**, Impactos de El Ni3o y La Ni3a en las llluvias del Per3 (1965-2007), *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.2, 171 - 182, 2014, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862014000200003>
7. Marengo J A, L. M. Alves and J. C. Espinoza, J. Ronchail, [Regional Climates] Tropical South America east of the Andes [in "State of the Climate in 2013"], *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95 (7), S170-S171.
8. **Mosquera-V3squez, K.**, B. Dewitte and S. Illig, 2014: The Central Pacific El Ni3o Intraseasonal Kelvin wave, *Journal of Geophysical Research*, doi: 10.1002/2014JC010044, Volumen 119, 6605-6.621.
9. **Montes, I.**, B. Dewitte, E. Gutknecht, A. Paulmier, I. Dadou, A. Oeschlies, and V. Gar3on, High-resolution modeling of the Eastern Tropical Pacific Oxygen Minimum Zone: Sensitivity to the tropical ocean circulation, *Journal of Geophysical Research, Oceans*, 119 (8), 5515 - 5532, doi: 10.1002/2014JC009858.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

La difusión de los resultados de las investigaciones que se realizan, a través de presentaciones y ponencias, es un valor agregado que genera el IGP. El alto número de exposiciones (212) realizadas durante el 2014, pone en evidencia el interés en diseminar los estudios de la institución, los cuales son compartidos con la comunidad científica nacional e internacional, así como con los tomadores de decisiones y público en general.

En cuanto a Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera, el área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático realizó 105 presentaciones en el ámbito nacional, entre las que destacan la participación en Sinergia 2014 con los temas de eventos hidrológicos extremos en la Amazonía y el Proyecto Manglares, el cual tuvo además

	PRESENTACIONES		
	Nacionales	Internacionales	Total
Ciencias de la Tierra Sólida Sismología, Geodesia Espacial, Geodinámica Superficial y Vulcanología	76	2	78
Ciencias de Geoespacio y Astronomía Aeronomía, Geomagnetismo y Astronomía	6	10	16
Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera Variabilidad y Cambio Climático	105	13	118

un significativo número de ponencias en el III Encuentro de Investigadores Ambientales, desarrollado en agosto en Piura. Otro tema recurrente en las ponencias de esta área fue el estudio del fenómeno El Niño.

En lo que se refiere a Ciencias de la Tierra Sólida, se registraron 76 presentaciones nacionales, la más importante de ellas fue la participación en el XVII Congreso Peruano de Geología desarrollado en octubre en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Además, las ponencias del área de Sismología abarcaron el norte, centro y sur del país. Mientas que en Vulcanología resaltó la participación en el Simposio Internacional de Minería, Geología y Teledetección, organizado por la Universidad Nacional San Agustín en Arequipa.

En cuanto a las exposiciones en el exterior se tuvo un total de 25, entre ellas la participación de científicos de las áreas de investigación en Geoespacio, Variabilidad y Cambio Climático y Sismología en eventos como el “*Coupling Energetics and Dynamics of Atmospheric Regions – CEDAR*” (Estados Unidos), el Simposio Internacional LOTRED –SA “Climate change and human impact in central and South America over the last 2000 years, Observation and Models” (Alemania) y la “Primera Asamblea Regional de la Comisión Latinoamericana y del Caribe de Sismología” (Colombia), entre otros.

Finalmente, también es importante destacar las presentaciones que se realizaron en el Encuentro Científico Internacional, tanto en su edición de verano como de invierno, donde se presidió la sesión “Ciencias de la Atmósfera, la Tierra y el Espacio”. Así como las que se realizaron en “Voces por el clima”, dentro de la Vigésima Conferencia de las Partes (COP20), la cual se organizó en diciembre en Lima.

Ciencias de la Tierra Sólida



INSTITUTO GEOLÓGICO DEL PERÚ

SISMOLOGÍA

CUANDO LA TIERRA TIEMBLA



Recolección de data sísmica en la localidad de Bella Unión – Arequipa.

La historia del Perú tiene en sus páginas más dramáticas la ocurrencia de grandes terremotos que han azotado tanto la costa como el interior del país, ocasionando lamentables pérdidas humanas y cuantiosos daños materiales. El recuerdo de lo que vivieron las generaciones que nos antecedieron así como la recurrente actividad sísmica hace que este tipo de evento natural sea el que mayor preocupación y exaltación causa a la población.

A lo antedicho se suma que, en base a las investigaciones desarrolladas, se espera en la costa peruana la ocurrencia de un gran terremoto en la zona sur y otro en la central, específicamente frente a la capital, con magnitudes que superarían los 8Mw. Lo cual, si no se cuenta con la información complementaria correspondiente, hace aumentar la zozobra en la ciudadanía.

Los estudios que se están desarrollando, a través del área de Sismología, permiten que las autoridades tengan un mayor y mejor panorama al momento de establecer las medidas adecuadas en cuanto a gestión de riesgo de desastres se refiere, ampliando así progresivamente la visión en prevención de la sociedad en comparación a antaño.

Hoy estamos mejor informados a fin de prepararnos para afrontar estos movimientos telúricos, los cuales son además debidamente monitoreados de manera ininterrumpida por la Institución a través del Servicio Sismológico Nacional.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2014



En la costa central de Perú se espera un sismo mayor al ocurrido en Pisco el 2007.

El resultado más importante fue definir el escenario de sismo y niveles de sacudimiento del suelo para la ciudad de Lima Metropolitana, trabajo realizado en colaboración con los profesores Nelson Pulido, del NIED – Japón, y Mohamed Chlieh, del IRD – Francia, además de otros colegas peruanos. El estudio consistió en identificar y configurar la fuente sísmica usando datos de GPS asumiendo el desarrollo de un proceso complejo de ruptura con al menos una decena de posibles puntos de iniciación de la misma.

Los estudios geotécnicos para conocer la calidad del suelo de Lima Metropolitana, a cargo del Cismid, fueron de gran utilidad; y tras conocer la fuente sísmica y el medio de propagación de las ondas sísmicas se procedió a generar los escenarios mencionados.

Los resultados muestran que los niveles de sacudimiento del suelo medido en aceleraciones en roca alcanzarían valores mayores a 0.6 g, similares a los registrados en Santiago de Chile en la ocurrencia

del sismo del 2010 (8.8 Mw). Las zonas con mayores aceleraciones se distribuyen a lo largo del margen costero desde Ventanilla hasta Villa el Salvador, las cuales disminuyen a mayor distancia de la costa. Si consideramos que la ciudad de Lima, a la ocurrencia del sismo de Pisco en el 2007, fue sacudida con valores de aceleración del orden de 0.08 g, estas se incrementarían hasta 0.9 g como máximo. En estas condiciones las viviendas mal construidas, mal ubicadas y más antiguas serían afectadas. Los suelos no consolidados se licuarían, los desplazamientos en zonas de pendiente alta serían acompañados de deslizamientos de tierra y piedras. El escenario post sismo es realmente preocupante.

Cuando se compara este escenario con el mapa de intensidades del sismo de 1746, se observa que existe coherencia entre ambos. Si en ese entonces la mortandad alcanzó al 10% de la población, en la actualidad sería del orden de casi 1 millón de personas.

Ingeniería Sísmica

Las investigaciones realizadas por esta área han permitido lograr resultados importantes para las tareas de gestión de riesgo en la ciudad de Ica, donde aplicando técnicas y recolección de datos sísmicos, geotécnicos y geofísicos se ha logrado determinar con precisión la geometría del basamento rocoso y su efecto en las capas superficiales que logran producir la resonancia de las ondas sísmicas.

El análisis de actividad microsísmica registrada por una red local post sismo del 2007 permitió comprender el importante rol de la Dorsal de Nazca en el proceso de convergencia de placas, llegando a condicionar la deformación local y la compleja ocurrencia de sismos que afectan a todo el citado departamento.

Con la colaboración del Dr. Bertrand Guillier, investigador del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD de Francia), se realizó un estudio que considera la evaluación del

comportamiento dinámico estructural de los principales edificios de Lima Metropolitana construidos antes del terremoto de Lima de 1974 y los posteriores a este evento. Los resultados muestran que dicho comportamiento no es en su totalidad coherente con lo especificado en la Norma E0-30 y que se requiere de mayor cantidad de información de todos los distritos de Lima para mejorar el muestreo de datos y definir con mayor precisión la relación existente entre el periodo estructural y la antigüedad de la construcción. El trabajo fue enviado al Comité de la Norma para su consideración y aporte.

En el marco del Programa Presupuestal por Resultado Nro.068 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, impulsado por el Ministerio de Economía y Finanzas, en la actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, perteneciente al producto “Zonas geográficas



Como parte del PPR 068 se buscó conocer el comportamiento dinámico del suelo de localidades del sur del país.

con gestión de información sísmica”, se trabajó para conocer el comportamiento dinámico del suelo a partir de la recolección de información y aplicación de métodos sísmicos, geofísicos, geológicos, geomorfológicos y geotécnicos de las ciudades Bella Unión, Acarí, Yauca, Chala, Punta de Bombón, Cocachacra, Arequipa Cercado, y Camaná, localidades que presentan alta probabilidad de ser afectadas por sismos y/o tsunamis.

Para el desarrollo de los trabajos de campo se

contó con el apoyo logístico de las autoridades municipales de cada localidad, llegando a desplegarse un total de 10 ingenieros geofísicos y geólogos que durante un periodo de 5 meses recolectaron información *in situ* para su posterior análisis e interpretación. Los resultados se presentaron en mapas, entre ellos destacan los de zonificación sísmica-geotécnica, capacidad portante, escenarios de inundación por incremento del cauce de ríos e inundación por tsunami en zonas costeras.



El Dr. Hernando Tavera realiza presentaciones a nivel nacional.

Servicio Sismológico Nacional (SSN)

Tras la ocurrencia de un sismo, el Servicio Sismológico Nacional del IGP se encarga de analizar las señales sísmicas registradas y de calcular los parámetros que caracterizan al evento, tales como fecha, tiempo, origen, coordenadas del epicentro, profundidad del foco, magnitud e intensidades sísmicas evaluadas. Este proceso se lleva a cabo luego de recibir la información proveniente de la Red Sísmica Nacional (RSN) y la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (Redssat-IGP).

Los datos adquiridos son enviados a la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) para que evalúe los posibles niveles de alerta sobre la ocurrencia de tsunamis y al Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) para fines de mitigación ante los daños que haya podido originar este fenómeno geológico.

De esta forma, el SSN reportó en el 2014 la ocurrencia de 239 sismos (173 de foco superficial y 66 de foco intermedio) percibidos por la población con mayor o menor intensidad. Los parámetros hipocentrales de estos eventos fueron informados debidamente al Indeci y a la DHN. Del mismo modo, para un total de 3 eventos sísmicos de magnitud e intensidades mayores a las habituales se elaboraron sus respectivos informes técnicos que han sido entregados a las principales oficinas involucradas con los temas de gestión del riesgo.

La información generada no solo es compartida a las autoridades y público en general a través del portal web institucional (<http://www.igp.gob.pe/ultimosismo/ultimosismo.php>) sino también vía redes sociales como Facebook y Twitter (cuenta "Sismos Perú IGP").



El Servicio Sismológico Nacional es el punto de partida del Sistema de Alerta de Tsunami.

Las estaciones de Red Sísmica para la Alerta Temprana de Tsunami, instaladas a nivel nacional, nutren de información al SSN.



TESIS

En el 2014 se consolidaron un total de seis tesis, las cuales fueron presentadas, sustentadas y aprobadas en universidades estatales representativas del país, como es el caso de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, la Universidad Nacional Federico Villarreal y la Universidad Nacional San Agustín. Los nuevos profesionales son: Julio Martínez, Eliana Vizcarra, Wilson Mamani Marca, Katia Vila Mamani, Dario Dueñas y Rubén Castro.

Los estudios desarrollados en Lima comprendieron el análisis del riesgo de deslizamientos por factor detonante sísmico en los asentamientos humanos de la margen

izquierda del distrito de Chorrillos (utilizando herramientas geomáticas), la zonificación de suelos en el área urbana de Carapongo (aplicando métodos sísmicos y geotécnicos), así como la evaluación geofísica del deslizamiento del cerro Pucruchacra, en el distrito de San Mateo (provincia de Lima, Perú).

Asimismo, se desarrolló una propuesta de dinámica y modelado numérico de tsunami en el Terminal Portuario del Callao y zonas adyacentes. Mientras que a nivel Perú se trabajó la determinación 3D de la geometría de la placa de Nazca en el país y análisis del estado de esfuerzos.

GEODESIA ESPACIAL

VIGILANCIA SATELITAL AL INTERIOR DEL PLANETA

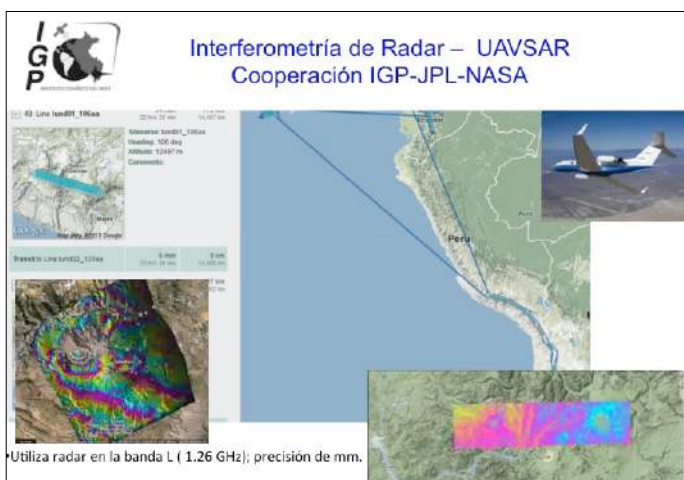


Monitoreo en punto de control geodésico en Cusco.

Desde 1994 el Instituto Geofísico del Perú viene aplicando técnicas de geodesia espacial en el estudio de los procesos dinámicos que dan origen a los sismos que afectan el territorio peruano. Estos procesos corresponden principalmente a la convergencia entre las placas Nazca y sudamericana y a la tectónica de las fallas activas distribuidas a lo largo de nuestro territorio.

La Geodesia Espacial es el instrumento cuantificador del nacimiento y evolución de los grandes terremotos hasta su colapso. El periodo de tiempo que corresponde a estas etapas se denomina ciclo sísmico. Gracias a este tipo de estudio se ha podido documentar las últimas partes del ciclo sísmico de los últimos terremotos ocurridos en el territorio peruano, como Arequipa 2001 y Pisco 2007.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2014



Proyecto — Radar Aéreo de Apertura Sintética No Tripulado - UAVSAR.

Se continuó con la participación en el proyecto “Radar Aéreo de Apertura Sintética No Tripulado - UAVSAR”, liderado por el *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) entidad asociada a la NASA y a CALTECH. La finalidad del mismo es evaluar —en el corto plazo— el riesgo de erupción que pudiera presentarse en algún volcán del sur del Perú. Este trabajo, a iniciativa de JPL-NASA, tiene carácter multinacional y también se desarrolla en otras zonas volcánicas de Sudamérica y América Central.

Con la finalidad de tener un mapa más detallado de la deformación existente en la zona del *gap* sísmico Tacna-Arica, se mantuvo la colaboración con el Instituto de Ciencias de la Tierra (ISTerre) de la Universidad Joseph Fourier - *Grenoble* de Francia, el cual oficialmente donó al IGP 10 estaciones GPS instaladas en el sur del Perú, en los departamentos de Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna.

También se instaló una estación GNSS de operación continua en el distrito de Quilca, Camaná-Arequipa y se continuó con el monitoreo de la micro sismicidad en el norte de Lima mediante el uso del *array* sísmico ARR.LIM1 instalado en el Observatorio de Ancón.

Asimismo, en el marco del proyecto de colaboración con el Instituto Tecnológico de California (CALTECH), con quienes se mantiene una red de 10 estaciones GPS permanentes en el sur del Perú, se busca determinar la distribución de la deformación de la corteza terrestre en la zona de subducción del sur de nuestro país y el norte de Chile, específicamente en las regiones de Moquegua, Tacna y Arica, que no ha experimentado un terremoto significativo desde hace más de 125 años.



Personal de Geodesia Especial en labor de instalación de puntos geodésicos en la región Cusco.



GPS instalado frente a estación satelital, ambos ubicados en la región Tacna.

PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)

Con el fin de conocer en profundidad el origen de las fallas tectónicas activas del territorio nacional, en el 2014 se empezó a desarrollar la actividad “Generación de estudios de deformaciones en la corteza y fallas activas utilizando técnicas de Geodesia Espacial (GNSS e InSAR)”, la cual

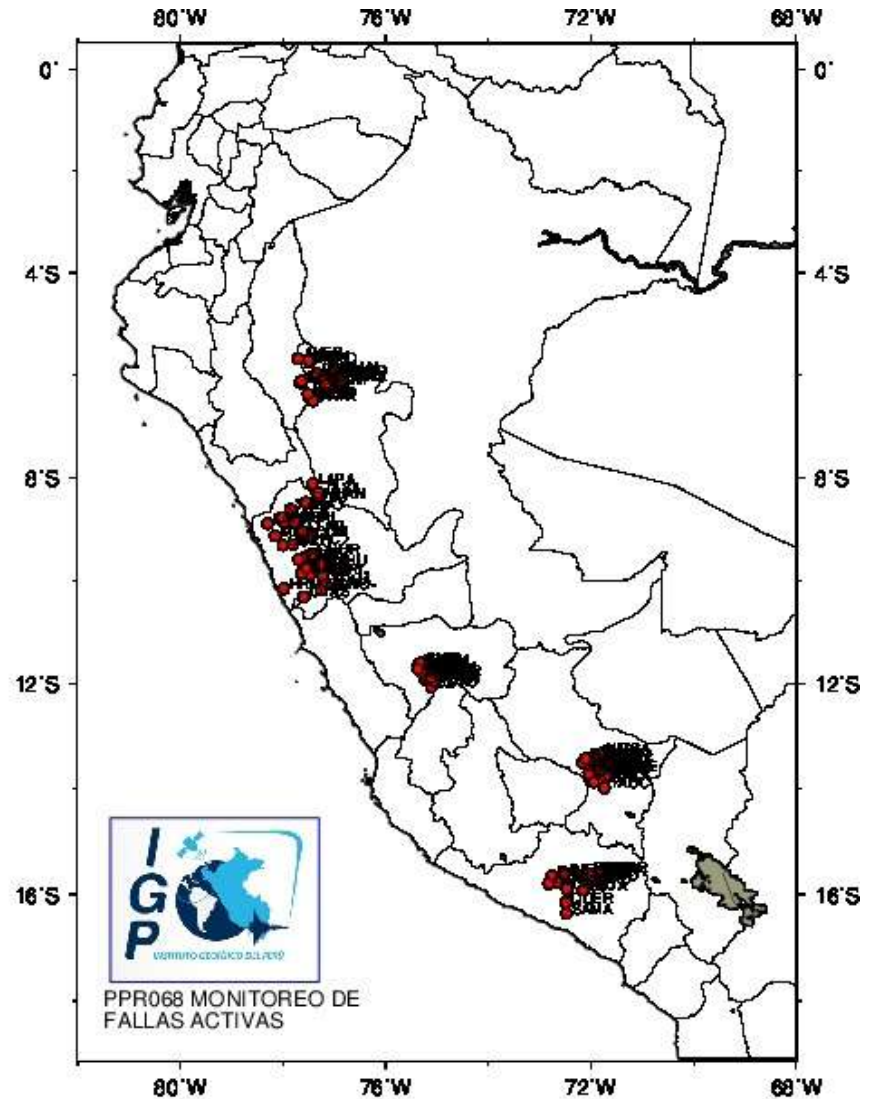
se enmarca dentro del Programa Presupuestal Nro. 068 “Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, impulsado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM).



Labor de instrumentación para el monitoreo de las fallas tectónicas activas del territorio nacional.

En este marco se instalaron puntos de control geodésico a ambos lados de la falla de la Cordillera Blanca (Ancash), falla del Alto Mayo (Moyobamba), falla

de Cabanaconde (Arequipa), falla de Huaytapallana (Junín) y falla de Tambomachay (Cusco).



Dentro del PPR 068 se realiza la labor de monitoreo de las fallas activas del país.

TESIS

En el presente año, Juan Carlos Villegas Lanza obtuvo el grado de Doctor en Geofísica en la Universidad de Niza-Sophia-Antipolis (Francia) con la sustentación de la tesis “*Earth quake cycle and continental along the Peruvian subduction zone*”, la misma contó con la asesoría del Dr. Jean-Mathieu Nocquet y co-asesoría del Dr. Mohamed Chlieh,

ambos investigadores del *Laboratoire Géosciences Azur* de la citada universidad. El estudio pone énfasis en los procesos asociados al ciclo sísmico en la mitad norte de la costa peruana, donde no han ocurrido eventos de gran magnitud en la época histórica, y sus implicancias en la evaluación del riesgo en dicha región.

GEODINÁMICA SUPERFICIAL

OBSERVANDO LA SUPERFICIE DE LA TIERRA



Recolección de data para estudios sísmicos-geotécnicos en Punta de Bombón, Arequipa.

La ocurrencia de lluvias intensas y/o sismos en una determinada zona, así como la propia actividad antrópica, son factores que en ocasiones desencadenan en deslizamientos de tierra, aluviones y flujos de escombros entre otros, eventos geológicos activos que causan severos daños a las construcciones y a las poblaciones.

Por ello, hace tres años el Instituto Geofísico del Perú (IGP) incluyó en sus actividades de investigación el desarrollo de estudios técnicos que permitan dar las recomendaciones del caso a las autoridades que ejecutan las medidas de prevención respectivas con el objetivo final de minimizar los daños que provocan estos tipos de fenómenos geofísicos y geológicos.

En el 2014, año en el que los huacos y deslizamientos afectaron zonas importantes del país como la carretera marginal de la selva, tramos de la Panamericana Sur, así como las provincias de Huamanga y Calca, entre otras, la labor realizada por el área de Geodinámica Superficial ha permitido a las comunidades beneficiarias recibir un diagnóstico oportuno del nivel de peligrosidad ante este tipo de eventos y tomar las medidas correctivas correspondientes.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2014



Deslizamiento en el distrito de Chango, provincia de Chacayan, región Pasco.

Entre las principales actividades desarrolladas figuran la evaluación geodinámica, la estimación de peligrosidad y la vulnerabilidad física de localidades a nivel nacional. Esta labor tuvo un importante crecimiento en comparación al año anterior al atender 21 pedidos para este tipo de valoraciones (30% más que el 2013).

Lo realizado tiene el plus de haber considerado la metodología reglamentada por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred) para la evaluación de la gestión de riesgo de desastres que fue publicada a fines del 2013, con la salvedad de la modificación de algunos cuadros, como es el caso del peso de parámetros de análisis.

Para poder atender estas solicitudes se coordinó previamente con los gobiernos regionales y/o locales, quienes cubrieron los gastos logísticos (movilización, materiales de campo, análisis de laboratorio de suelos, seguros, etc), mientras que el IGP dio el soporte técnico.

Los trabajos se realizaron en 10 regiones del país: Cerro Gayaynilloc (región Lima), geodinámica de los deslizamientos de San Miguel de Mayocc (región Huancavelica), evaluación geodinámica del puente Paucartambo (región Pasco), evaluación geodinámica de la comunidad Japuñe (región Arequipa), evaluación geodinámica del distrito de Yauli (región Junín), geodinámica de la quebrada Quellomayo (región Cusco), geodinámica del Cerro Llorón (región Piura), evaluación geodinámica del distrito de Lucanas (región Ayacucho), evaluación geológica del flujo Yanacolpa, en la provincia de Pomabamba (región Ancash).

Uno de los trabajos solicitados en Huancavelica se complementó con geofísica aplicada (resistividad eléctrica) con el apoyo del área de Geodesia Espacial. Asimismo, a finales de año se inició una serie de reuniones con Cenepred para mejorar los protocolos de evaluación de peligros naturales (movimientos en masa e inundaciones).

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

En el marco del Sub Programa “Fenomenología de eventos extremos”, se llevó a cabo el estudio “Evidencias de depósitos de avalanchas de escombros en el complejo volcánico Sillapaca, región Puno, Perú”. El trabajo de campo en los sectores sureste y noreste del citado complejo (que comprende Santa Lucía y Lagunillas) permitió recabar evidencias de actividad hidrotermal y/o depósitos piroclásticos asociados al depósito de avalancha de escombros Sillapaca, para inferir el origen de la ocurrencia de estos.

Asimismo, en el sub programa “Geodinámica de movimientos en masa”, se llevó a cabo el monitoreo EDM de los deslizamientos en Lari y Madrigal, valle del Colca-Arequipa, dentro del cual se establecieron las

primeras tasas de desplazamiento en Lari y las características geotécnicas de los suelos de cimentación. Los resultados de estos estudios fueron presentados en el Congreso Peruano de Geología.

Por otro lado, se ejecutó el proyecto “Movimientos en masa que afectan la seguridad física de la provincia de La Convención”, que consistió en la evaluación geológica-geodinámica y geotécnica del distrito de Quellouno, en la referida provincia de la región Cusco. Entre las actividades desarrolladas se realizó el cartografiado geodinámico del deslizamiento-flujo de la quebrada Quellomayo y la georeferenciación de los sitios donde anteriormente se realizaron calicatas para complementar los estudios geotécnicos realizados en la zona.

Efectos sobre la infraestructura física del deslizamiento rotacional que afecta al distrito de Sócola, provincia de Cutervo, región Cajamarca.



Recojo de información en alrededores de la zona urbana de Acarí en el marco del PPR 068.



PROGRAMA PRESUPUESTAL (PP)

El área de Geodinámica Superficial continuó en el 2014 su participación en el Programa Presupuestal por Resultados Nro. 68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”, actividad “Generación de estudios territoriales de peligro sísmico”, producto “Zonas geográficas con gestión de información sísmica”, y en coordinación con Ingeniería sísmica se desarrollaron estudios sísmicos, geotécnicos y geodinámicos en los distritos de Acarí, Bella Unión, Yauca, Chala, Camaná, Arequipa

Cercado, Cocachacra y Punta Bombón, tras los cuales se realizó la zonificación Sismo-geotécnica de éstas localidades, el mapa de peligros naturales (geodinámica), donde se muestra el inventario de eventos geodinámicos y las áreas susceptibles a la ocurrencia de estos, así como el mapa de peligro de inundaciones de cada localidad. Otros productos fueron los mapas del tipo de suelos con enfoque geotécnico (usos del sistema SUCS) y mapas de capacidad portante de los suelos.



Ensayos geotécnicos de campo para el PPR-2014: Arequipa, Camaná, Acarí, entre otros.

TESIS

El tesista Jhon Elvis Chahua Janampa, bachiller en Ingeniería Mecánica de Fluidos, concluyó su tesis “Dinámica de flujos aluvionales en el centro poblado de Quincemil, subcuenca del río Araza”, tesis que fue desarrollada con la colaboración del IRD de Francia (*Institut de Recherche pour le Développement*), el proyecto EXGEA-

Geología (Exploración multidisciplinaria de los contrastes Geoclimáticos al Este de los Andes) y el propio IGP. Esta tesis determinó que, según los escenarios obtenidos por el modelado hidrológico computacional, un tercio de Quincemil es altamente susceptible a ser afectado por inundaciones, debido a crecidas extremas del río Araza.

VULCANOLOGÍA

EL DESPERTAR DE UN VOLCÁN



Estación sísmica de Cajamarca, en Arequipa.

El área de investigación en Vulcanología tiene como objetivo identificar las primeras señales de actividad de cada uno de los volcanes situados en el país, con la finalidad de poder informar oportunamente a las distintas autoridades políticas y representantes de instituciones involucradas en la gestión del riesgo de desastres para que puedan tomarse las medidas preventivas correspondientes ante una posible erupción.

Para poder desarrollar óptimamente esta labor se cuenta con vulcanólogos de primer orden, especialistas en monitoreo sísmico y en labores de campo, quienes vigilan al minuto la actividad de los volcanes Misti, Ubinas y Sabancaya. Además, con el apoyo de un equipo de profesionales de otros campos, se ha completado un grupo multidisciplinario de alto nivel con motivación para la conquista de sus principales metas y objetivos.

VIGILANCIA VOLCÁNICA



Los especialistas del IGP monitorean periódicamente los cráteres de los volcanes más activos del país.

Esta labor se realiza en coordinación con otras instituciones nacionales e internacionales: la Universidad de Turín (Italia), representada por el Dr. Diego Coppola, responsable del Sistema Mirova (*Middle Infra Red Observation of Volcanic Activity*), que proporciona información acerca de anomalías térmicas en zonas volcánicas; el Departamento de Ciencias de la Tierra y la Atmósfera (DEAS) de la Universidad de Cornell (USA), que proporciona datos de posibles deformaciones del cono volcánico. Del mismo modo, se utiliza información obtenida del satélite EOS AURA "GSDM-NASA" acerca de la densidad de SO₂ en las cimas de cada uno de los volcanes vigilados.

Con todo este apoyo se ha elaborado en el 2014 lo siguiente: 26 reportes técnicos semanales sobre la actividad del volcán Sabancaya, 43 reportes técnicos semanales sobre la actividad del volcán Ubinas y 24 reportes quincenales sobre la actividad del volcán Misti.

De igual forma, durante los meses de mayor actividad de los volcanes Ubinas y Sabancaya, se elaboraron reportes técnicos diarios, los cuales fueron enviados cotidianamente a los representantes de los Gobiernos Locales y Regionales de Moquegua y Arequipa. Fueron 89 sobre el primero y 88 respecto al segundo.

Cada reporte mostró no solo el panorama de los distintos parámetros sismovolcánicos de cada macizo que vigila, sino también hizo un pronóstico del escenario de cada volcán en un plazo inmediato.

Un caso especial dentro del grupo de volcanes objeto de estudio lo constituye el Ticsani. En 2014 se ejecutaron campañas de estudio temporal, mediante la instalación de estaciones sísmicas temporales en el domo reciente de este volcán y en zonas aledañas. Los resultados obtenidos concluyeron que la sismicidad de este coloso se concentra en una zona muy próxima al domo reciente, al igual que al sur y al sureste del volcán.



Vista panorámica de domo del volcán Ticsani.

COMITÉ CIENTÍFICO DE MONITOREO PERMANENTE

En el país el área de vulcanología del IGP, conjuntamente con el Observatorio Vulcanológico del Ingemmet (OVI), son las instituciones que constituyen el Comité Científico de Monitoreo Permanente del Volcán Ubinas, ente oficial formado por Resolución Ejecutiva Regional N° 889-2013-GR-MOQ, el cual tiene como principal labor asesorar a las autoridades del sistema de Defensa Civil en la gestión del riesgo volcánico de este volcán, considerado el más activo del Perú. De esta forma, a

lo largo de todo el 2014, el Comité ha elaborado y publicado 09 comunicados conjuntos, los cuales fueron remitidos oportunamente a las autoridades locales de provincias como Sánchez Cerro y los Gobiernos Regionales de Moquegua y Arequipa. Esta labor se efectuó siempre en coordinación con el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y el Centro de Operaciones de Emergencia Regional de Arequipa y Moquegua (COER).



Reunión del comité de monitoreo permanente, conformado por el IGP e Ingemmet.

AVANCES EN INVESTIGACIÓN DE LOS VOLCANES PERUANOS

Un estudio importante en la comprensión del desarrollo de un proceso eruptivo es el estudio de señales sísmicas asociadas directamente al ascenso de magma cerca de la superficie. En este caso, entre las señales sísmicas registradas en el volcán Ubinas durante una de sus erupciones en el 2014 se han identificado “sismos

híbridos” que precedieron en algunos días a las explosiones que ocurrieron posteriormente ese mismo año. Los primeros resultados de este estudio y su concordancia con las anomalías térmicas detectadas desde satélites fueron presentados en el XVII Congreso Peruano de Geología en octubre.

POTENCIAL ESPONTÁNEO

La técnica geofísica de medición de Potencial Espontáneo o PE permite conocer la diferencia de potencial eléctrico generada de forma natural en el subsuelo del volcán que se estudia, y así determinar cuál es el comportamiento de su sistema hidrotermal.

El IGP realiza constantemente campañas de Potencial Espontáneo en los volcanes Misti, Ubinas y Sabancaya. En el 2014 estas mediciones se realizaron principalmente en el volcán Ubinas y el volcán Sabancaya con la participación del Dr. Anthony Finizola, investigador de la *Université de La Réunion* (Francia).

En el caso de Ubinas, los resultados han develado que existen señales eléctricas medibles a lo largo de un perfil próximo al cráter en el

flanco noroeste del volcán, las cuales cambian influenciadas por la aproximación de un evento eruptivo. Precisamente sobre esta zona se tiene planeado colocar un “arreglo” de estaciones de PE que enviarán sus señales por telemetría hasta los laboratorios ubicados en Arequipa para observar los detalles del fenómeno en tiempo real.

Por otro lado el Sabancaya es parte de un proyecto ambicioso realizado conjuntamente con el Ingemmet y la *Université de la Réunion* en el que se tiene planificado cubrir toda la zona del volcán mediante mediciones geofísicas de PE con el fin de estudiar la estructura interna. Por lo pronto ya se ha logrado un avance importante de este trabajo (40%) y está planeado continuar durante el 2015.



El IGP realiza campañas de Potencial Espontáneo en el Misti, Ubinas y Sabancaya.

REDES DE MONITOREO Y NUEVOS SOFTWARE

La Red Sísmica del volcán Misti está compuesta por 07 estaciones sísmicas telemétricas, distribuidas en todo el edificio volcánico. Esta red fue modernizada en septiembre de 2014 migrándose la totalidad de equipos analógicos a equipos digitales. Esto supone un gran avance en la transmisión de información en tiempo real y ahora se reciben señales libres de ruidos e interferencias electromagnéticas, garantizándose una lectura limpia y confiable de las señales sísmicas.

La Red Sísmica del volcán Ubinas está compuesta por 04 estaciones sísmicas telemétricas, localizadas alrededor del cono volcánico. El Dr. Adolfo Inza, investigador del IGP,

ha efectuado trabajos usando la autocorrelación entre dos señales con el objetivo de mostrar información adicional. Como resultado, elaboró un detector de eventos sísmicos con el cual puede obtenerse información previa y post a la explosión.

La Red Sísmica del volcán Sabancaya está compuesta por tres estaciones sísmicas telemétricas emplazadas en las proximidades del edificio volcánico, además de dos estaciones sísmicas temporales. Esta red telemétrica reinició sus operaciones en marzo de 2014 permitiendo a los vulcanólogos del IGP obtener señales en tiempo real del comportamiento de este macizo.



El volcán Ubinas, ubicado en la región Moquegua, es el más activo del país.

TESIS

En el 2014 se inició el análisis de la sismicidad ocurrida en el área del volcán Sabancaya y la vecina región del Colca. Este trabajo de investigación fue llevado a cabo por el Bach. José Luis Torres Aguilar (tesista), el cual le permitió obtener el título de Ingeniero Geofísico en la Universidad Nacional de San Agustín (UNSA).

Asimismo, sobre la base de este trabajo, así como a datos de deformación aportados por medio de la interferometría radar llevada a cabo por el DEAS de la Universidad de Cornell de Estados Unidos, se preparó un artículo de investigación que fue publicado en la prestigiosa revista *Geophysical Research Letters*.

Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera



VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

ESTUDIO DEL CLIMA Y SU VARIABILIDAD



Caverna ubicada en Cajamarca donde se realiza labor de espeleología.

El 2014 fue el año de la Vigésima Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP20), encuentro que se realizó por primera vez en Perú y que logró reunir a expertos y autoridades de todo el mundo. Durante todo el año pasado el área de investigación en Variabilidad y Cambio Climático estuvo comprometido con los desafíos lanzados por esta importante cumbre internacional, co-organizando y haciendo presentaciones en conferencias que se dieron tanto en el espacio abierto al público general (“Voces por el Clima”) como en la sede oficial de las negociaciones.

Este año fue también de crecimiento, ya que se dio el ingreso de nuevos especialistas y la integración de nuevas líneas de investigación. Asimismo, creció el reconocimiento a nivel nacional e internacional con la participación en importantes comités científicos. Dentro de la Comisión Nacional de Cambio Climático, por ejemplo, se brindaron aportes para la elaboración de la Estrategia Nacional sobre el Cambio Climático resaltando la importancia de fomentar la producción de investigación científica y el desarrollo tecnológico.

A nivel internacional, se participó en el *CLIVAR Pacific Regional Panel* y en el *Tropical Pacific Observational System 2020 (TPOS2020) Scientific Committee*, donde el IGP promueve los temas climáticos de relevancia para el Pacífico Tropical Oriental y, en particular, para nuestro país.

Asimismo, el IGP es parte del Comité Multisectorial para el Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), en el que aporta conocimiento experto sobre la física de El Niño y su predicción, particularmente mediante “modelos climáticos”, que son las principales herramientas utilizadas para el pronóstico climático estacional a mediano y largo plazo (más de dos meses). Además, realiza investigación científica que apunta a mejorar la capacidad de pronóstico y la mejora de los modelos climáticos.

EL NIÑO E INTERACCIÓN OCÉANO - ATMÓSFERA

A partir del 2014, el IGP está a cargo de la actividad “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño” en el marco del Programa Presupuestal (PP) N°68 “Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres”. Entre las tareas específicas desarrolladas resaltan la validación y síntesis de modelos climáticos acoplados globales, la validación y mejora del desempeño del modelo lineal de ondas oceánicas ecuatoriales, el desarrollo y validación de un modelo acoplado para el pronóstico de las condiciones de la temperatura superficial del mar frente a la costa peruana, el fortalecimiento del sistema de cómputo para correr modelos climáticos, así como la síntesis y difusión de información

sobre El Niño y modelos climáticos a través de boletines técnicos que intentan acercar la información científica a un público más amplio, incluyendo tomadores de decisiones.

Entre los principales logros alcanzados resalta el exitoso pronóstico del evento El Niño de magnitud moderada que se presentó en nuestra costa a mediados de año. A inicios del año 2014 hubo mucha especulación en los medios, tanto a nivel nacional como internacional, sobre la posibilidad de que se diera un evento El Niño extraordinario como el de 1997-98, pero el conocimiento experto del ENFEN, con aporte esencial del IGP, descartó oportunamente esta posibilidad.

El deterioro de la red de boyas oceanográficas TAO/TRITON,

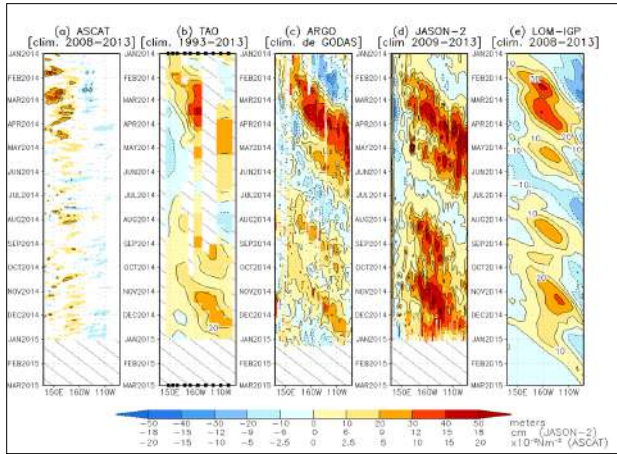


Diagrama longitudin-tiempo de las anomalías de esfuerzo de viento zonal ecuatorial basado en datos del escaterómetro ASCAT (a), anomalía de la profundidad de la isoterma de 20°C datos de TAO (b) y los derivadores de Argo (c), datos del nivel del mar de JASON-2 (d). Finalmente en (e) se muestra la anomalía de la profundidad de la termoclina calculada con el modelo LOM-IGP (forzado por ASCAT y $\tau_{ax}=0$ para el pronóstico). Las líneas diagonales representan una propagación hacia el este con velocidad de 2.6 m/s. (Elaboración IGP).

la principal fuente usada para el monitoreo de las condiciones oceanográficas y atmosféricas en el Pacífico Tropical (en particular de las ondas Kelvin ecuatoriales), justo en un año en que había alta expectativa sobre la posibilidad de que ocurriera El Niño, motivó al IGP a implementar nuevas herramientas para el monitoreo basadas en fuentes de datos alternativos, particularmente usando la información satelital del nivel del mar (JASON-2) y boyas derivadoras subsuperficiales (ARGO) que permitieron realizar un adecuado análisis del desarrollo de la intensa onda Kelvin cálida que dio inicio a El Niño costero en el 2014. Actualmente estas herramientas, en conjunto con los resultados numéricos de un modelo oceánico simple que se ejecuta mensualmente en el clúster del IGP, se encuentran operativas en tiempo real y los productos están disponibles libremente a través de la web de la Institución.

Por otro lado, la onda Kelvin ecuatorial fue tema de un estudio liderado por el IGP y publicado en la revista *Journal of Geophysical Research*. En este se caracterizó la actividad de la onda Kelvin intraestacional en los eventos El Niño del tipo Modoki (o El Niño del Pacífico Central) y se comparó con la del Niño extraordinario 1997/1998. Asimismo, se observó que la inclinación de la termoclina, particularmente alrededor de los 120°W, incrementa la disipación de las ondas Kelvin intraestacionales que se acercan a Sudamérica.

Lo antedicho sugiere que las condiciones decadalmente frías desde finales de los años 90, asociadas a vientos alisios del

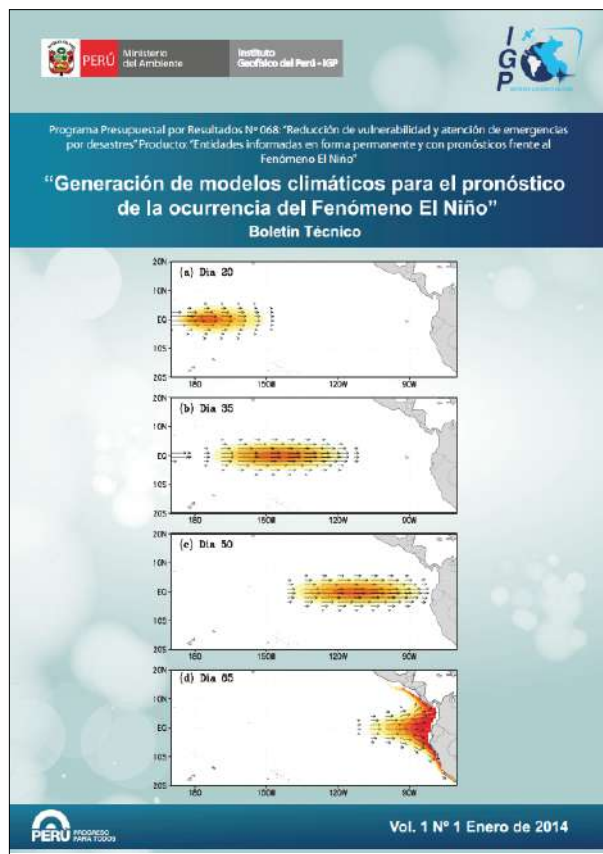
este más intensos y a una mayor inclinación de la termoclina, podrían haber incrementado dicha disipación y esto podría jugar un rol importante en reducir la variabilidad en la temperatura del mar en el Pacífico Oriental, resultando en eventos El Niño del tipo Modoki confinados al Pacífico Central.

En el 2014 se terminó un estudio de El Niño que propone la existencia de dos regímenes: El Niño extraordinario y todos los demás El Niño. En particular, se propuso que El Niño extraordinario puede volverse intenso gracias a la retroalimentación de las fuertes precipitaciones en el Pacífico Oriental, que solo se activan con un calentamiento superficial intenso.

Además, se propuso que el viento del Oeste en el Pacífico Central alrededor del mes de agosto permitiría pronosticar con alta confiabilidad la posibilidad de El Niño extraordinario en el verano siguiente. Este indicador fue parte de la evidencia que permitió al ENFEN descartar este evento en el 2014. Este estudio fue sometido a la revista *Climate Dynamics*.

Dada la importancia de la estructura tridimensional de la lluvia para el modelado de El Niño, se está estudiando la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) usando datos del radar de precipitación TRMM, logrando por primera vez una estimación observacional de la velocidad vertical climatológica en este sistema.

Por otro lado, se recibió la invitación para participar en un estudio sobre el efecto del cambio climático en los eventos La Niña extremos, el cual fue sometido para publicación en Nature



El Boletín Técnico “Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño”, elaborado en el marco del PP N°68, tiene el objetivo de difundir conocimientos y avances científicos.

Climate Change. Los resultados, basados en modelos climáticos, indican que la frecuencia de estos eventos en el Pacífico Central podría duplicarse, lo cual estaría asociado a más frecuencia de años con precipitaciones sobre lo normal tanto en la Amazonía como en los Andes.

También se participó en una publicación en *Journal of Geophysical Research* sobre el clima en el Pacífico Sudoccidental, aportando conocimientos sobre la Zona de Convergencia del Pacífico Sur, que es un sistema atmosférico involucrado en las teleconexiones entre el Pacífico Tropical y Sudamérica.

Asimismo, se sometió a *Climate Dynamics* un estudio sobre el rol de la orografía sudamericana sobre el clima de gran escala en nuestro continente, en que se muestra que la meseta brasileña, con una altura promedio menor a 1 km, puede tener un efecto importante.

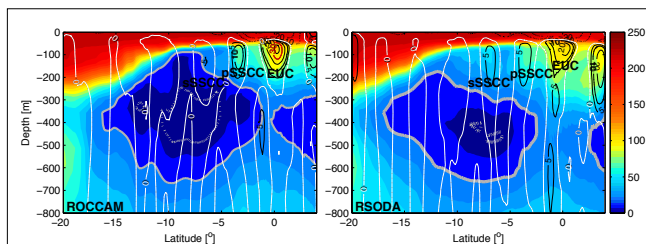
En cuanto al impacto continental de El Niño, este año fue publicado en la *Revista Brasileira de Meteorologia*, un trabajo sobre los impactos que tiene el calentamiento o enfriamiento en diferentes regiones del Pacífico sobre las lluvias en el territorio peruano. Este estudio muestra que (además que el calentamiento del mar en la costa favorece más lluvia en la parte baja) el calentamiento/enfriamiento en el Pacífico Central reduce/aumenta la lluvia en las

cuenas alto andinas. Además, se sustentó exitosamente una tesis sobre la variabilidad de día a día de las lluvias extremas en la costa norte (Tumbes y Piura) durante eventos El Niño extraordinario, identificando las perturbaciones atmosféricas que las preceden y que parecen venir del oeste.

Por otro lado, a través de una colaboración con la Pontificia Universidad Católica del Perú, se analizaron las series meteorológicas largas de las estaciones de Campo de Marte e Hipólito Unanue (1931-1980) para evaluar la variabilidad a escala decadal y tendencias en Lima.

Por último, otra de las tesis sustentadas en el 2014 evaluó el impacto económico de diferentes magnitudes de El Niño costero en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, para lo cual se sistematizaron los datos de emergencias por inundaciones del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y se estimaron las pérdidas a las viviendas, que fueron de S/. 764 millones durante El Niño de 1997-98. Se encontró que durante El Niño costero débil las pérdidas fueron menores que en condiciones neutras, posiblemente por influencia del Pacífico Central.

OCEANOGRAFÍA Y MODELADO NUMÉRICO



Secciones verticales del oxígeno promedio anual a 88°W extraídas de ROccam (panel izquierdo) y RSoda (panel derecho). Los contornos blancos denotan la concentración de O₂ de 20 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Las líneas negras demarcan las velocidades zonales hacia el este (contornos cada 5 cm s^{-1}) en cada respectiva simulación.

FÍSICA ATMOSFÉRICA

A partir del 2014 se cuenta con la línea de investigación de Oceanografía, cuyos objetivos principales son entender el rol de la variabilidad global sobre la circulación oceánica frente a nuestro país y estudiar la dinámica de la circulación y dispersión en diferentes escalas espacio-temporales a través del perfeccionamiento de configuraciones y modelos oceánicos regionales para el Pacífico Tropical Este. Estos estudios se concentran particularmente en el Sistema de Corrientes Ecuatorial y el Sistema de Corrientes de Perú, ambos de gran importancia ya que el primero interviene en el clima del planeta y el segundo representa uno de los sistemas más productivos del mundo.

Este año se publicó un estudio en *Journal of Geophysical Research* sobre la influencia de la circulación oceánica sobre la zona mínima de oxígeno ubicada frente a Perú, que es una capa oceánica de más de 400 metros de espesor donde el agua prácticamente no tiene oxígeno, lo cual representa una barrera respiratoria para muchas especies marinas. Para este fin, se realizaron dos simulaciones numéricas de alta resolución en la región del Pacífico Tropical Oriental, que incluye la dinámica del Sistema Ecuatorial, del

El estudio de los procesos físicos y dinámicos de los eventos meteorológicos extremos (heladas, sequías y lluvias intensas), la interacción entre la superficie y la atmósfera, la microfísica de nubes y precipitaciones en la región andina, son algunos de los temas de investigación a los cuales se dedica

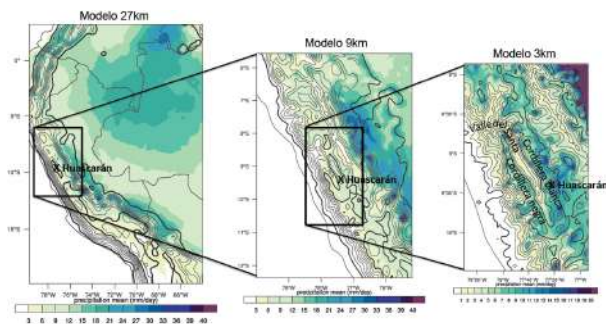
Sistema de Corrientes de Perú y los procesos asociados al oxígeno. Las dos simulaciones también sirvieron de base para otros tres estudios sobre la dinámica de la salinidad superficial en el Pacífico Ecuatorial (sometido a *Gayana*), el efecto de remolinos sobre la estructura vertical del Pacífico Tropical Oriental (sometido a *Nature Climate Change*) y los procesos asociados al margen costero (aceptado para publicación en *Biogeosciences*).

Para apoyar el mejoramiento del pronóstico de El Niño, se hicieron dos simulaciones que cubren los periodos 1999-2008 y 1999-2005, con diferentes resoluciones espacio-temporales. Esto servirá para caracterizar el efecto de El Niño y La Niña en la costa peruana y sus posibles retroalimentaciones.

Finalmente, con el objetivo de caracterizar la variabilidad de la columna de agua en los últimos 50 años, durante el 2014 se hizo la recopilación de una base de datos hidrográficos para el Pacífico Tropical Oriental, lo cual permitirá estudiar la distribución de masas de agua. La base actual cubre el periodo de tiempo 1941 – 2005, conteniendo varios periodos sin datos.

esta línea de investigación del IGP, mediante las mediciones atmosféricas especializadas, el análisis de datos meteorológicos históricos y el modelado atmosférico a escala de tormentas, cuencas y regional.

Para la región de Cuzco se hizo un estudio numérico de la climatología de verano (2000 – 2014) usando



Modelización climática regional de la cuenca del río Santa con la técnica de bajada de escala (*downscaling*) con el modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*). De izquierda a derecha: las resoluciones horizontales de las simulaciones son de 27km (Andes tropicales), 9km (Andes peruanos norte) y 3km (cuenca del río Santa). En colores: precipitación media de dos años hidrológicos 2012-2014 (mm/día). En contornos negros: topografía cada 500m. Las líneas de 500 y 3500m son indicadas en grueso.

un modelo climático regional de alta resolución (9km), el cual reprodujo los núcleos de máxima precipitación en la región de Quincemil (*hotspots*). Sin embargo, la validación del modelo con observaciones *in situ* y datos del satélite TRMM indicó que algunos de los mecanismos orográficos a escala de cuenca no son adecuadamente representados, incluso con mayor resolución (3 km).

Similarmente, para el estudio de los eventos meteorológicos extremos en la cuenca del Mantaro se hizo una simulación de diez años, lo cual permitió analizar la variabilidad de las lluvias de verano, así como los procesos físicos asociados a las heladas, como la ocurrida el 17 de febrero del 2007, donde el descenso de humedad previo al evento al parecer jugó un rol importante.

También se colaboró en un estudio de modelado de la hidrología de la cuenca del río Santa, para lo cual se contribuyó con una simulación de alta resolución (hasta 3 km) para esta región. Usando datos observacionales se hizo un análisis de los patrones espaciales y temporales de la intensidad de la concentración de las lluvias en la cuenca del Mantaro, con el objetivo de identificar cambios temporales en las concentraciones máximas de precipitaciones.

Asimismo, se analizó la variabilidad en la fecha de inicio y fin de la temporada de lluvias en la cuenca del Mantaro, encontrándose que hay un retraso en el inicio de las lluvias y evidenciando que la temporada de lluvias presenta un acortamiento. Otro de los estudios desarrollados en el 2014 fue el análisis del ciclo anual de la radiación ultravioleta en Huancayo,

donde se encontraron altos valores en esta en comparación con otras zonas tropicales.

También se estudió el efecto de las quemas de vegetación de la Amazonía sobre la concentración de ozono troposférico en Huancayo, obteniéndose una serie de tiempo en base a datos de satélite. Además, se instalaron equipos para medición de ozono troposférico en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR). Los resultados mostraron un ciclo estacional con máxima concentración de ozono en los meses de setiembre/octubre, mientras que las mínimas se dieron en febrero.

Precisamente LAMAR, ubicado en el Observatorio de Huancayo, será repotenciado en el 2015 gracias a dos proyectos financiados por el Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT) que prevén la implementación de un radar perfilador de nubes y precipitación y un disdrómetro laser, que permitirán estudiar los procesos microfísicos en las tormentas, así como la implementación de un higrómetro de alta frecuencia que, junto con el anemómetro sónico, permitirá medir directamente los flujos turbulentos superficiales de humedad (evapotranspiración) y calor.

Esta información se complementará con el modelado numérico de heladas, lluvias intensas y evapotranspiración en los Andes centrales de Perú para entender los mecanismos asociados a los eventos meteorológicos extremos, lo cual permitirá mejorar los modelos de pronóstico y de estimación del cambio climático, así como validar y corregir los métodos empíricos usados para calcular parámetros claves como la evapotranspiración.

HIDROCLIMATOLOGÍA AMAZÓNICA



Inundación en Puerto Siles (Amazonía boliviana) en marzo de 2014.

La región amazónica experimenta variaciones hidroclimáticas extremas, como lluvias intensas, sequías, friajes, etc., que producen impactos negativos sobre la infraestructura, agricultura, ecosistemas, transporte y, además, pueden desencadenar epidemias en poblaciones urbanas. Frente a ello, esta rama desarrolla investigaciones sobre variabilidad climática y eventos hidrológicos extremos con la finalidad de entender y mejorar la capacidad de predicción de los eventos extremos. Además, el IGP es parte del observatorio internacional de investigación de la hidrología y medio ambiente amazónico, SO-HYBAM, el cual realiza el monitoreo integral de la hidrología amazónica en cinco países que forman parte de la cuenca del Amazonas (Perú, Brasil, Bolivia, Ecuador y Colombia).

A inicios del 2014 se registraron lluvias excepcionales seguidas por una inundación sin precedentes en el extremo sur de la cuenca amazónica, incluyendo las cuencas de los ríos Madre de Dios (Perú) y Madeira (Bolivia y Brasil). En marzo el caudal del río *Madre de Dios* excedió en 74% lo normal, lo que produjo grandes impactos (68 mil familias afectadas y más de 60 muertos). El análisis de este evento llevó a la publicación de un artículo, realizado en colaboración con el Observatorio SO-HYBAM, en la revista *Environmental Research Letters*. En este estudio se mostró que este evento no estuvo asociado a La Niña, como es usual, sino que estuvo más bien asociado a las teleconexiones con el océano Indo-Pacífico y el océano Atlántico cerca a la costa de Argentina y Brasil, y a la ausencia de vientos del sur,

produciéndose mayor convergencia de humedad y precipitación en el sur de la cuenca amazónica y en la cuenca del río de La Plata.

Además, en colaboración con el Centro de Monitoreo de Desastres Naturales (Cemaden) de Brasil, se publicó un trabajo en el *Bulletin of the American Meteorological Society* sobre una sequía excepcional en el sureste de Brasil, la sequía más importante en los últimos 80 años. También se documentaron los eventos hidroclimáticos más relevantes ocurridos en América del Sur tropical, incluyendo los intensos episodios de friajes en invierno de 2014 en la región de Madre de Dios y Ucayali.

Por invitación de la revista *International Journal of Climatology*, se colaboró con un científico del Cemaden en un artículo de balance del conocimiento sobre los extremos hidroclimáticos estacionales en la cuenca amazónica, tanto sequías como inundaciones, sus causas, tendencias e impactos sociales. En este trabajo, además, se resaltaron los temas más importantes sobre eventos extremos a escalas paleoclimáticas y se discutieron las proyecciones futuras de los eventos extremos en la cuenca amazónica en el marco del cambio climático.

Apoyado en los importantes avances del IGP en el conocimiento sobre los extremos amazónicos, el proyecto “Sistema de previsión de eventos hidrológicos extremos estacionales en la cuenca amazónica peruana” ganó un financiamiento del FINCyT. En este proyecto, propuesto por el IGP en colaboración con la Autoridad Nacional del Agua, el IRD-Francia y el observatorio SO-HYBAM, se establecerán las bases científicas

para el seguimiento y una previsión más adecuada y consensuada de los eventos hidrológicos extremos estacionales (sequías e inundaciones) en los principales ríos de la Amazonía peruana. Además, se desarrollará una plataforma web para el seguimiento de variables hidroclimáticas y la difusión de resultados.

En el 2014 se desarrolló un modelo hidrológico distribuido en la cuenca amazónica peruana utilizando diferentes fuentes de datos de precipitación, tanto observados como estimados mediante satélites (TRMM, PRESIANN, CMORPH). El estudio, sometido a *Journal of Hydrology*, permitió comparar estas diferentes bases de datos y ver cuál de ellas se adecua mejor a la simulación hidrológica, resultando que los productos derivados de TRMM permiten una mejor simulación de los caudales.

También se realizó un análisis, sometido a Water Resources Research, sobre dos de las zonas de precipitación más extrema de la Amazonía: Quincemil en Cusco y Chapare en Bolivia, las cuales presentan acumulados de cuatro veces el promedio de la cuenca amazónica debido a la interacción entre los vientos húmedos que vienen de la Amazonía y la orografía en la transición andino-amazónica. En el estudio también se encontró que los periodos de días más húmedos y más secos están asociados con vientos del

norte y sur, respectivamente, a escala regional.

En colaboración con el laboratorio mixto internacional *Greatice* del IRD, se documentó el ciclo anual de la nubosidad en el glaciar Zongo y la relación entre la circulación atmosférica regional y el balance radiativo en dicho glaciar. Los resultados mostraron que la mayor parte del año las perturbaciones tropicales y las incursiones de los vientos fríos produjeron inestabilidad atmosférica y mayor nubosidad sobre el glaciar. Sin embargo, durante el verano el Monzón Sudamericano es el principal mecanismo que produce nubosidad y precipitación sobre el glaciar Zongo.

Finalmente, se sustentó una tesis en la que se incluye un estudio de comparación entre diferentes técnicas de estimación del balance radiativo y evapotranspiración en la cuenca amazónica. En la actualidad hay muchos productos satelitales disponibles, pero los resultados indican que estos no son recomendables para la Amazonía. Este trabajo muestra que ecuaciones empíricas, como las ecuaciones clásicas (e.j. Penman–Monteith, Priestley–Taylor), permiten obtener mejores resultados si se usan con datos *in situ*. Particularmente, el estudio mostró que la radiación neta observada es un mejor indicador del flujo de calor latente, es decir la evapotranspiración, en muchos de los casos.

EROSIÓN FLUVIAL



Muestreador de fondo Helley-Smith. El muestreador Helley-Smith está compuesto por un marco de acero, una malla de 0.2 mm elaborada de poliéster y boquilla.

En Perú hay pocos estudios sobre el transporte de sedimentos, los cuales son fundamentales para el manejo de cuencas, particularmente para el dimensionamiento de obras hidráulicas. En el IGP se ha iniciado una línea de investigación dedicada al estudio de la erosión fluvial, cuyo objetivo principal es cuantificar y entender la frecuencia espacial y temporal de las tasas de erosión, así como caracterizar el origen e identificar los factores que controlan la producción de sedimentos.

En el 2014 se concluyó una investigación doctoral que caracteriza la escorrentía y las tasas de erosión desde los Andes centrales hacia el océano Pacífico. En este trabajo se observó una gradiente de precipitación y escorrentía a lo largo de los Andes con los máximos valores en las cuencas altas del norte del Perú. Sin embargo, las tasas de erosión no presentaron una gradiente tan marcada como la escorrentía. Se determinó que la cuenca del río Santa presenta una de las tasas de erosión más altas a nivel de Sudamérica.

Otro logro fue el desarrollo de una metodología para estimar el transporte de sedimento de fondo en los ríos Puyango-

Tumbes y Zarumilla, afectados constantemente por inundaciones debido a la dinámica entre los flujos y sedimentos en el cauce del río. En el reporte técnico asociado se documentó paso a paso un protocolo para el monitoreo del sedimento de fondo en estaciones de pie de monte. Para el estudio se empleó un perfilador acústico (ADCP) del Senamhi y un muestreador Helley-Smith. Los datos observados fueron comparados con siete fórmulas empíricas ampliamente utilizadas en cuencas de montaña, pero estas mostraron falta de representatividad para ambos ríos.

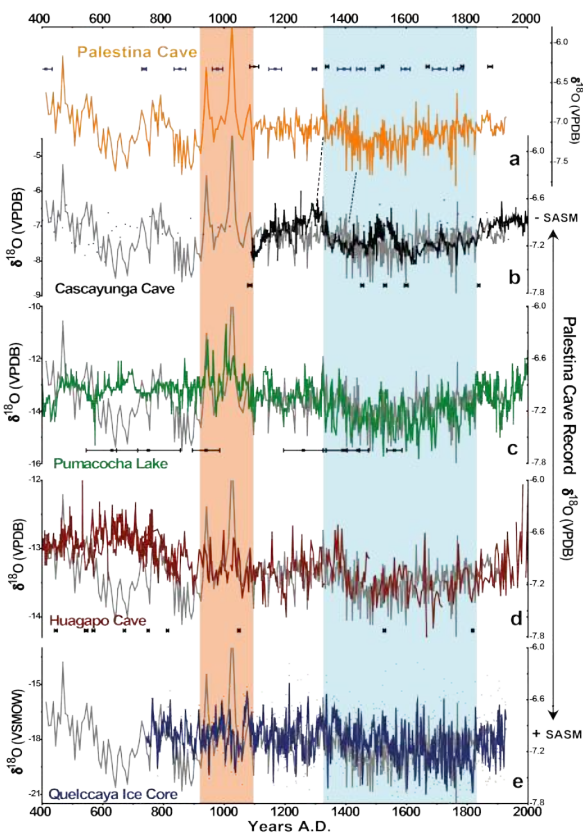
En la cuenca amazónica se realizó un balance de la erosión y sedimentación en la cuenca del río Ucayali, registrándose un máximo de erosión en la parte alta de esta cuenca (río Pachitea), caracterizada por abundantes precipitaciones. Los primeros resultados mostraron que la cuenca del Ucayali aporta el 36% del total de sedimentos de la cuenca del río Amazonas hasta el océano Atlántico. Además, se estimó que el 40% de los sedimentos producidos en la cabecera de la cuenca del Ucayali son depositados en la llanura amazónica de dicha cuenca.

PALEOCLIMATOLOGÍA

Esta nueva línea de investigación se dedica al estudio del comportamiento del clima pasado remoto, sobre escalas de tiempo históricas o geológicas, utilizando registros climáticos no instrumentales para estimar las grandes variaciones climáticas, así como el estudio de sus posibles causas y efectos. Esto permite tener una visión más amplia

de los posibles escenarios que se podrían dar en el futuro.

Durante el año 2014 se realizó un estudio de la variabilidad climática en el último milenio en el noreste de los Andes peruanos, en la región amazónica de Nueva Cajamarca (San Martín), y su relación con el Monzón Suramericano durante los últimos 1600 años. Este trabajo



Comparación entre el registro isotópico compuesto de la cueva de Palestina (Rioja y línea gris en el fondo) y otros registros isotópicos de los Andes orientales con sus respectivos controles cronológicos. De arriba a abajo: (a) Registro Palestina; (b) Registro Cascayunga (Reuter et al., 2009); (c) Registro lago Pumacocha (Bird et al., 2011a.); (d) Registro cueva Huagapo (Kanner et al., 2013.); (e) Glaciar Quelccaya (Thompson et al., 1986). El fondo sombreado representa la Anomalía Climática Medieval (MCA, en rojo) y el periodo de la Pequeña Edad de Hielo (LIA). Donde se observa el incremento y disminución de la actividad monzónica para estos periodos.

fue publicado en la revista *Climate of the Past* e hizo una revisión de varios registros paleoclimáticos de Suramérica, revaluando la interpretación de la señal isotópica del $\delta^{18}\text{O}$. Se observó que dicha señal, obtenida tanto en registros glaciares como sedimentos lacustres y algunos registros de espeleotemas, se encuentra relacionada a la intensidad de la actividad del Monzón Suramericano y que este presentó una disminución durante el periodo conocido como la Anomalía Climática Medieval, y un incremento durante la Pequeña Edad del Hielo. Un resultado interesante fue la modulación asociada a un fenómeno centrado en el hemisferio norte como la Oscilación Multidecadal del Atlántico (OMA), la cual varía con periodos de alrededor de 60 años. El estudio también estableció contrastes regionales y estacionales en las señales isotópicas que son importantes para interpretar los registros paleoclimáticos.

Para el Holoceno (los últimos 10.000 años) se logró una reconstrucción paleoclimática a partir de variaciones isotópicas en espeleotemas de cavernas del Norte del Perú provenientes de la región de Rioja, en San Martín. Dicha señal sugiere que la insolación no es la principal forzante de la intensidad del Monzón Suramericano después del Holoceno Medio (~ 6000 años antes del presente) y que hubieron reorganizaciones del sistema océano – atmósfera durante el Holoceno tardío relacionadas a fenómenos como El Niño Oscilación del Sur (ENSO).

Comparando la reconstrucción isotópica, que es un registro de escala continental, con otros registros indicadores de la hidrología local (e.j. elementos trazos en carbonatos), se evidenciaron incrementos abruptos en las precipitaciones en Suramérica concurrentes con los “eventos

Bond”, los cuales han sido demostrados como eventos de enfriamiento abrupto e incrementos de icebergs en el Atlántico Norte.

También se obtuvieron registros monzónicos más recientes, para los últimos 1400 años, en la zona sur de la Cordillera de los Andes (Bolivia), lo cual permitió confirmar que existe un gradiente entre norte y sur de las precipitaciones en la región andino-amazónica. Sin embargo, contrariamente a lo esperado, se encontró un incremento de la humedad durante la Anomalía Climática Medieval en Bolivia.

Otras actividades desarrolladas en el 2014 incluyen la colecta de muestras de espeleotemas en las regiones de Cusco y del Altomayo. En la última se extrajo una estalagmita en forma de vela de 1.80 m que tiene un altísimo potencial para la reconstrucción del clima pasado (probablemente los últimos 100.000 años). También se encontraron patrones similares de rupturas en espeleotemas en diferentes cuevas, lo cual podría ser un indicador de paleosismos. Además, en colaboración con investigadores del IRD, se realizó una colecta de sedimentos lacustres en la laguna Pumacochas (región Amazonas), muy próxima a la zona de colecta de espeleotemas, con el objetivo de realizar reconstrucciones regionales a través de varios indicadores.

Parte de las actividades también estuvieron referidas a la búsqueda de registros relacionados a la reconstrucción pasada de los eventos El Niño en el lado occidental de los Andes, específicamente en la región de Ninabamba, en la parte alta de la cuenca del río Chanchay, donde se planea realizar una colecta para evaluar la intensidad de la señal de estas muestras y pasados.

Ciencias del Geoespacio y Astronomía



GEOESPACIO

ESTUDIO DE LA IONÓSFERA ECUATORIAL



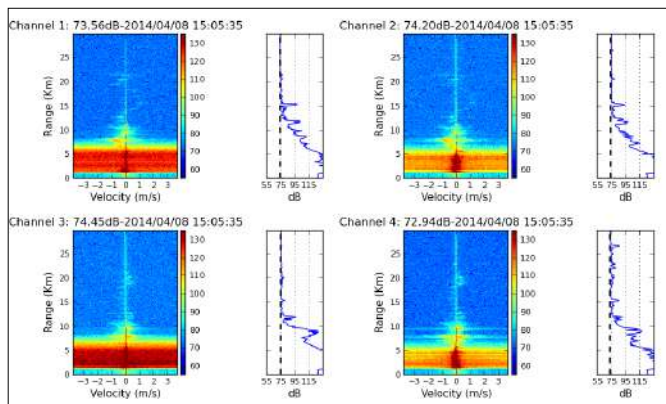
Aeromodelo (DataHawk) diseñado y fabricado por la Universidad de Colorado que es usado en el ROJ.

Se denomina como Aeronomía a la ciencia que estudia la interacción y dinámica de las capas superiores de la atmósfera, aquellas situadas por encima de los 40-50 km de altitud, donde los fenómenos de ionización y disociación producidos por la radiación solar cobran vital importancia debido a que pueden alterar las características físicas y químicas de estas regiones. La región ionizada de la atmósfera es también conocida como la ionósfera.

Los estudios realizados por el Instituto Geofísico del Perú sobre estas regiones de la atmósfera son ejecutados a través del Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ), sede científica que cuenta con el radar ionosférico (o de dispersión incoherente) más grande y potente a nivel mundial para la observación de los fenómenos de la ionósfera. Los diferentes datos obtenidos han contribuido a un mejor conocimiento del espacio cercano a la Tierra y a refinar tecnologías de comunicación satelital y sistemas de posicionamiento global (GPS).

Es importante destacar que la mayor parte del conocimiento que tiene la humanidad sobre la física de la ionósfera en la región Ecuatorial se debe a las contribuciones realizadas por el ROJ y sus investigadores.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2014



Comparación de datos medidos por el radar principal de Jicamarca usando los nuevos TRs de 800kW (columna derecha) y los TRs antiguos (columna izquierda) basados en spark-gaps.

El 2014 el ROJ implementó una nueva técnica de radar que permite realizar la medición simultánea de los diferentes parámetros físicos de la ionósfera como por ejemplo densidades, temperaturas y derivados del plasma en la región F. Este modo además permite la observación de las estructuras ionosféricas en el modo de imágenes. Esta técnica ha permitido realizar estudios de modelamiento de la ionósfera ecuatorial y de pronóstico de la ocurrencia del fenómeno conocido como F-dispersa.

En lo que concierne a las actividades de mantenimiento y modernización del radar principal de Jicamarca, durante el 2014 se realizaron dos actividades importantes. En mayo se implementó exitosamente un prototipo de TR basado en semi-conductores, el cual soporta condiciones de alta potencia. Los nuevos TRs al tener un tiempo de respuesta corto, van a permitir realizar mejores observaciones con el radar de Jicamarca, particularmente para las observaciones de la baja atmósfera. Otra actividad importante del radar fue la serie de mejoras que se hicieron en la implementación del sistema electrónico de apunte

de la antena de Jicamarca (ABS-*Automatic Beam Switching*). Este sistema va a permitir realizar los cambios de apunte del radar principal en milisegundos, lo cual va a facilitar la realización de nuevos experimentos con el radar.

Es importante resaltar que el 2014 el ROJ, en colaboración con la Universidad Metropolitana de Puerto Rico (UMET), ha recibido un nuevo sistema de radar, AMISR-14, compuesto de 14 paneles de 32 dipolos cruzados cada uno. Este sistema cuenta con lo último en tecnología de radares de dispersión incoherente que va a permitir realizar observaciones de irregularidades de la ionósfera como la F-dispersa y el Electrochorro ecuatorial usando frecuencias entre los 430 y 450 MHz.

Asimismo, en colaboración con la Universidad de Boston College, se instaló una nueva cámara All Skyimager en el Observatorio Óptico de Jicamarca. Esta nueva cámara contiene 5 filtros diferentes (5577A, 6300A, 6950A, 7774A, 6050A) y permite realizar observaciones nocturnas a diferentes longitudes de onda de las capas altas de la atmósfera neutra.

PROYECTOS TECNOLÓGICOS



Vehículo no tripulado *DataHaw* en campaña de toma de datos.

SEMANA HISTÓRICA PARA LA CIENCIA: X COLAGE E ISSS

Durante el 2014 se llevaron a cabo un total de 19 proyectos de desarrollo tecnológico, de los cuales 13 fueron programados y 6 provenientes de las necesidades puntuales que se presentaron en el año.

Entre agosto y setiembre del 2013 y abril del 2014, se realizaron tres campañas de radar para la medición de vientos entre 70km y 110 km en la mesósfera y baja termósfera de manera rutinaria empleando radares de meteoros JASMET (*Jicamarca All Sky Meteor Radar*) y el sistema *SignalChain* con el fin de validar el rendimiento de ambos sistemas. Los resultados obtenidos fueron presentados en la conferencia MST-14/iMST-1 (San José Dos Campos, Brasil) y en los eventos: CEDAR (Seattle, E.E.U.U) en junio y en la X COLAGE (Lima – Perú) en setiembre.

En la parte operativa se continuó con la operación regular de la red de interferómetros Fabry Perot, los cuales están instalados en Jicamarca, Nazca y Arequipa en modo cardinal y de volumen común. En enero se reprocesó toda la base de datos anterior (años anteriores al 2013) usando una nueva versión del programa de procesamiento con el fin de mejorar la calidad de datos que son proporcionados a la comunidad científica.

El Perú fue anfitrión del evento científico internacional “10ma Conferencia Latinoamericana de Geofísica Espacial” (X COLAGE) a cargo del Radio Observatorio de Jicamarca en representación del IGP. Este importante evento tuvo como sede principal el Centro de Convenciones de la Municipalidad de Cusco y convocó a más de 140 participantes entre

Otro proyecto importante es el estudio de turbulencia de la tropósfera usando el radar Sousy y el vehículo no tripulado *DataHaw*. Para ello, se realizaron 3 campañas periódicas (cada 3 meses) de mediciones de baja tropósfera de alta resolución espacial (37.5 m) con el radar Sousy, así como mediciones rutinarias de parámetros atmosféricos (presión, temperatura, humedad, etc.) con el *DataHaw* con el fin de obtener mediciones comparativas entre ambos sistemas y armar una base de datos de parámetros de turbulencia: CT2, Cn2, ϵ .

Un hecho resaltante durante el año, es que el ROJ ganó 5 propuestas para proyectos de desarrollo electrónico, cuatro serán financiados por Fincyt y una por Fondecyt. Los proyectos ganadores fueron: instrumentación para nanosatélites, monitoreo de volcanes con UAVs, radar perfilador de vientos UHF, monitoreo de deslizamientos, sistema de alerta temprana de huaycos 2.0. Cabe resaltar que la ejecución de cada proyecto contará con el trabajo en conjunto del ROJ, que cuenta con la experiencia en electrónica, y las distintas áreas del IGP especializadas en cada uno de estos temas.

estudiantes y científicos provenientes de Estados Unidos, Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia, Puerto Rico, Francia, entre otros países.

Durante la conferencia, que se desarrolló del 8 al 12 de setiembre, se trataron los siguientes temas de investigación: atmósfera alta y media; ionósfera; magnetósfera; medio interplanetario; rayos cósmicos; planetas, satélites,



Participantes de la X COLAGE frente al Centro de Convenciones de la Municipalidad de Cusco.

FORMACIÓN ACADÉMICA



Miembros del programa JIREP en el Radio Observatorio de Jicamarca.

planetas menores y otros cuerpos celestes; el Sol y las interacciones Sol-Tierra. Asimismo, el desarrollo del evento se distribuyó en 7 sesiones científicas: 77 presentaciones orales (25 invitadas, 52 regulares) y contó con la presentación de 100 posters. Cabe resaltar que la COLAGE es un evento organizado cada 3 a 4 años por la Asociación Latinoamericana de Geofísica Espacial (ALAGE) en distintos países, siendo la próxima sede la ciudad de Buenos Aires en Argentina.

Otro importante evento que el ROJ realizó luego de la X COLAGE fue la Escuela Internacional de Ciencias Espaciales (*International School*

Con el objetivo de fomentar el interés por la investigación en las ciencias a través de la formación de jóvenes estudiantes, el ROJ ha implementado programas nacionales e internacionales de experiencia en investigación e ingeniería.

En el 2014 se llevó a cabo el programa “Experiencia en investigación científica y desarrollo tecnológico para universitarios” con el fin de brindar al estudiante una experiencia única de 10 semanas para que desarrolle su talento en un centro de investigación como el de Jicamarca. Este programa convocó a más de 30 postulantes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Matemática, Ciencias de la Computación, Física y/o afines de las distintas universidades nacionales y particulares de Lima y provincias. Los 7 participantes elegidos elaboraron proyectos de desarrollo electrónico e investigación y fueron entrenados en temas genéricos de radar y procesamiento de señales.

on Space Science - ISSS) llevada a cabo en las instalaciones de la sede central del IGP en Mayorazgo del 15 al 23 de setiembre. El evento contó con la participación de 42 estudiantes internacionales, siendo en su mayoría de países de Latinoamérica, de los cuales 13 fueron peruanos. Además, 20 profesores de diversas instituciones internacionales fueron los encargados del desarrollo de la escuela. Entre las actividades del evento se llevó a cabo un *Workshop* de instrumentación en el Radio Observatorio de Jicamarca. Es importante mencionar que parte del financiamiento para realizar ambos eventos fue brindado por Concytec.

Mientras que entre los programas internacionales se tiene el JIREP “*Jicamarca International Research Experience Program*” e IAESTE “*International Association for the Exchange of Student for Technical Experience*”. Ambos convocan a estudiantes de Maestrías y Doctorados de las diferentes universidades del mundo. Para el 2014, cuatro estudiantes fueron aceptados para el programa JIREP y uno para IAESTE. Estos llevaron a cabo un proyecto durante las 10 semanas de estadía en el ROJ bajo la asesoría de uno de nuestros investigadores y/o ingenieros senior.

Otro de los programas internacionales en los que participa el ROJ es el REU-Summer Program en conjunto con el Observatorio de Arecibo, Puerto Rico. Cada año se acepta un estudiante para que participe de las actividades del programa JIREP en Jicamarca. Todos los programas se iniciaron entre mayo - julio y han significado una experiencia inolvidable para sus participantes.

ASTRONOMÍA

EL CIELO NO ES EL LÍMITE



Antena del Radio Observatorio Astronómico de Sicaya (ROAS), ubicado en la región Junín.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2014

Durante este año se dio un incremento en el equipo de investigadores en el campo de la Astrofísica con el ingreso de los doctores Antonio Pereyra y Nobar Baella, ambos físicos de la Universidad Nacional de Ingeniería con estudios de doctorado en las universidades de Sao Paulo y Río de Janeiro, respectivamente.

En el 2014 el Dr. Pereyra desarrolló el proyecto denominado Observatorio Astronómico Universidad Nacional de Ingeniería (OA-UNI), el cual es una facilidad para la observación astronómica que consiste de un

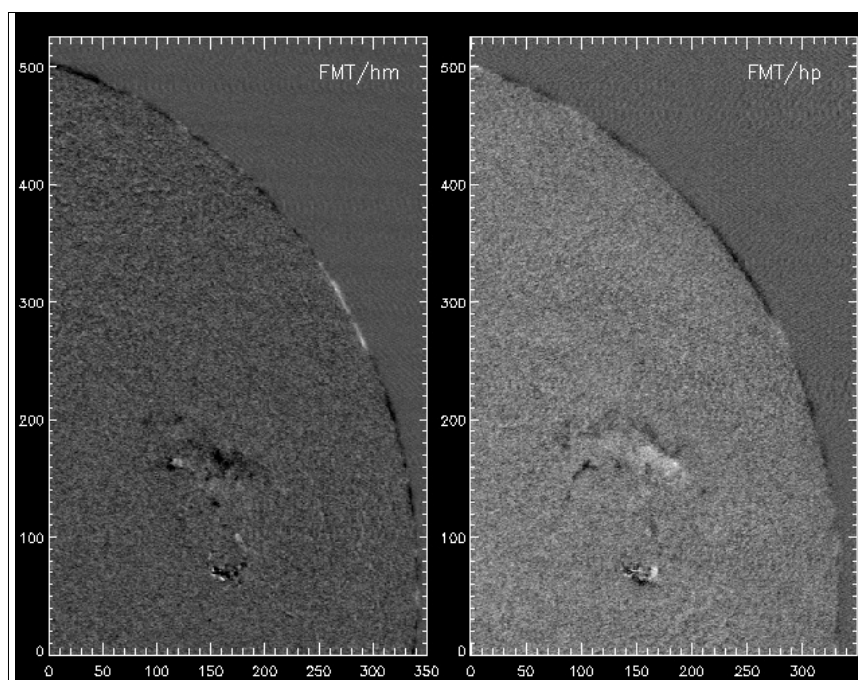
telescopio de 51 cm de diámetro, adquirido gracias al fondo "TWAS Research Grants Programme in Basic Sciences" para realizar fotometría estelar.

Mientras que el proyecto de investigación del Dr. Baella estuvo orientado a la búsqueda de estrellas simbióticas amarillas en nuestra galaxia. Proyecto realizado en colaboración con los especialistas Claudio Bastos, del Observatorio Nacional de Brasil, y Luis Miranda, de la Universidad de Vigo – España.

ACTIVIDADES EN EL OBSERVATORIO SOLAR DE ICA

El Bach. Jovanni Bulege realizó importantes actividades en el Observatorio Solar de Ica, ubicado en la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de la citada ciudad, con el telescopio Flare Monitoring

Telescope (FMT). Entre las observaciones más resaltantes realizadas con este equipo se tiene la detección de una onda Moreton el 29 de marzo y de un Flare tipo X1.6 el 22 de octubre.



En marzo se detectaron ondas Moreton con el telescopio FMT del IGP en la Estación Solar de Ica.

LABOR EDUCATIVA



El sistema 3D itinerante del Planetario fue presentado en Lima y el interior del país.

Por intermedio del Planetario Nacional Mutsumi Ishitsuka se realizaron presentaciones en la Sala Domo de temas como el Sol, el cinturón de Orión, la festividad Tanabata, entre otros, y en la Sala 3D las funciones consistieron en un viaje virtual por el Universo. En el 2014 se recibieron a más de 14 mil visitantes, entre estudiantes de colegios, institutos, universidades y público en general.

En lo que respecta a actividades de difusión de la Astronomía, durante los meses de verano se llevó a cabo el ciclo denominado “Tardes de telescopios”, mediante el cual el público asistente podía hacer

observaciones de la Luna y otros cuerpos celestes. En el segundo trimestre se co-organizó con la *Network for Astronomy School Education* (NASE) el XLIV Curso Internacional de Enseñanza de la Astronomía tanto en Huancayo como Ica.

Asimismo, con el sistema 3D Itinerante se realizaron proyecciones en Iquitos, Huaral y Cusco en los meses de febrero, abril y noviembre, respectivamente. Mientras que el 17 de mayo se llevó a cabo un taller sobre el uso científico del telescopio Nishimura, instalado en el Observatorio Solar de Ica.



Los telescopios del IGP fueron puestos al servicio de la ciudadanía en diversos eventos de difusión.

Optimizando las Tecnologías e Infraestructuras



REDES, INSTRUMENTACIÓN GEOFÍSICA Y CNDG

REDES, INSTRUMENTACIÓN GEOFÍSICA Y CNDG



Algunos equipos y antenas del IGP son instalados en zonas alejadas a las ciudades. (Chachapoyas – Amazonas).

REDES GEOFÍSICAS

Redes Geofísicas es un área técnica del Instituto Geofísico del Perú que maneja todos los instrumentos instalados en el territorio nacional y que son utilizados para recolectar la información geofísica, en particular sísmica, vulcanológica y geodésica. Su principal responsabilidad recae en mantener operativa la Red Sísmica Nacional (RSN), sistema conformado por unas 50 estaciones equipadas con sismómetros y/o acelerómetros de alta sensibilidad, que registran continuamente la actividad sísmica que ocurre en nuestro país. Los datos que se obtienen son transmitidos a las centrales de procesamiento en Lima o sedes descentralizadas.

Otra responsabilidad es la Red GPS que básicamente está conformada por equipos de los proyectos con la Universidad de Caltech (Instituto Tecnológico de California) y el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad Joseph Fourier de Grenoble, cada uno ha donado 10 estaciones GPS permanentes para ser instaladas en la zona de *gap* sísmico ente Moquegua y Tacna.



Estación de monitoreo de la actividad del volcán Ubinas, en Moquegua.

En lo que respecta a nuevos equipos, se han instalado 08 estaciones satelitales nuevas, 02 de estaciones de banda ancha en el volcán Ubinas, 03 estaciones de banda ancha en el volcán Misti, 03 estaciones de periodo corto en el citado volcán y una estación repetidora en el Chachani. Asimismo, se han instalado 61 estaciones acelerométricas del proyecto SNIP.

Por otro lado, se ha completado el diseño de la Red Sísmica Telemétrica del volcán Ticsani (conformada por cuatro estaciones), por solicitud del área de Vulcanología y usuario principal de esta red. Los equipos de esta red ya fueron adquiridos y se estima la instalación para el primer semestre del 2015.

Entre otras actividades que maneja las Redes Geofísicas del IGP se tiene la optimización del sistema de recepción VSAT (ubicado en el laboratorio de Mayorazgo) y la operación del sistema de adquisición sísmica en tiempo real en los periodos 2013-2014 y 2014-2015. Así como también el sistema *backup* del Observatorio de Huancayo, con el cual solo se garantiza— en caso haya un sismo en Lima que dañe los equipos de esta ciudad — la existencia de un respaldo de las señales sísmicas que provienen de la Red Satelital, mas no las que llegan vía internet.

Además, se ha instalado una cámara de monitoreo óptico digital en el volcán Ubinas y se hicieron las primeras pruebas en el laboratorio de la sede de Camacho. Dentro de logros indirectos, se ha facilitado un generador alterno para el centro de operaciones de la Red Acelerométrica Nacional y se ha contribuido a las labores del Observatorio de Huancayo y el Observatorio Vulcanológico del Sur.

CENTRO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS – CNDG

El Centro Nacional de Datos Geofísicos, dentro de una de sus funciones principales, tiene la de recepcionar, almacenar, custodiar y cautelar toda la información geofísica proveniente de las redes de estaciones recolectoras del IGP de datos distribuidos en todo el país, así como la información que proviene de proyectos especiales en contraparte con otras instituciones privadas nacionales e internacionales. La estructura organizativa de la misma comprende:

GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN INFORMÁTICA

Consiste en el desarrollo de documentos de gestión y planificación informática, tales como la elaboración y evaluación del Plan Operativo Informático, elaboración de la encuesta anual de recursos informáticos, documentos correspondientes a gobierno electrónico entre otros, donde se manejan datos abiertos del portal de

Transparencia, la interoperabilidad y servicios al ciudadano.

Asimismo, se encuentra la automatización de procesos y la gestión con el ONGEI para uso de servicios web sin costo para el IGP, lo que permitiría la programación de las aplicaciones correspondientes (envío de mensajes MSM y la consulta de DNI en RENIEC).

OPERACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

A cargo del monitoreo y soporte de los servicios de voz y datos en todas las sedes del IGP; la administración de los servicios de correo, web, etc.; la evaluación técnica de la infraestructura informática en las sedes de la Institución; el soporte y mantenimiento de los equipos informáticos, equipos UPS, proyectores, fotocopiadoras, etc. y el soporte técnico a las áreas usuarias.

Se llevó a cabo la implementación del servicio EDUROAM, el cual es un servicio de movilidad mundial que permite a estudiantes, investigadores y personal de las instituciones participantes (IPEN, INICTEL – UNI, Conida y el propio IGP, entre otros) tener conectividad a internet segura sin realizar ningún trámite administrativo ni técnico al visitar otras instituciones participantes.

INGENIERÍA DE SOFTWARE

Se realizó el monitoreo de los sistemas de publicación de parámetros sísmicos y reportes varios; la implementación, operación y mantenimiento de módulos web para la automatización y gestión de la información institucional; la administración del portal institucional y la capacitación técnica al personal.

También se desarrollaron sistemas, aplicativos, y se elaboraron los portales web de las áreas de Vulcanología y del Centro Nacional de Datos, así como el mantenimiento del portal de la Academia Nacional de Ciencias y capacitaciones a personal de Sismología y las áreas administrativas.

El CNDG se encarga de recibir, almacenar, custodiar y proteger toda la información geofísica.



BANCO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS

Está compuesto de dos tipos de bancos, el de datos geofísicos y el de datos geoespaciales. En el primero se cumple con la evaluación de infraestructura, registro de data, monitoreo de la base de datos y atención a solicitudes. Mientras que

el segundo consiste en el manejo y acceso a la data geoespacial a través de un repositorio local, evitando así que una misma información sea generada más de una vez, consumiendo tiempo y recursos computacionales.

Fortaleciendo Capacidades



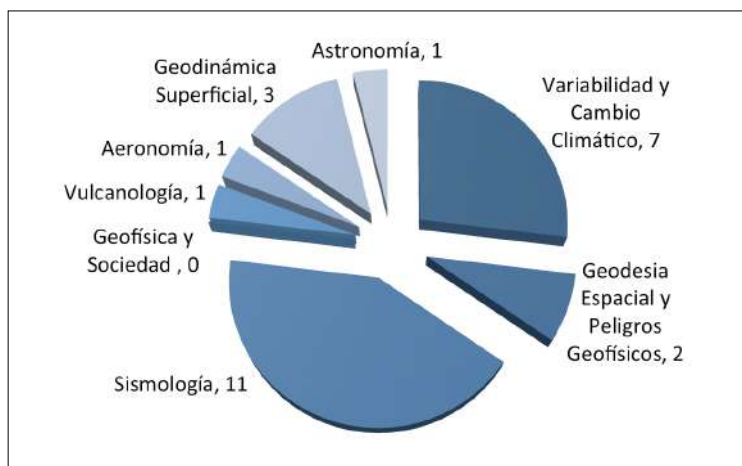
ASUNTOS ACADÉMICOS

EL FUTURO ES AHORA

El Instituto Geofísico del Perú además de realizar investigación científica en las diversas áreas de la Geofísica y ofrecer servicios científicos, brinda capacitación profesional de alto nivel. El IGP, como generador y transmisor de conocimientos, ofrece programas de capacitación mediante desarrollo de tesis de grado y maestría a los egresados de las diversas universidades del país.

Esta capacitación profesional está dirigida a estudiantes universitarios de los últimos ciclos, egresados y bachilleres que deseen desarrollar su tesis en los campos de estudio como: Variabilidad y Cambio Climático, Astrofísica, Física Solar, Física Cósmica, Magnetismo terrestre, Tectonofísica, Sismología, Geología, Geodinámica Superficial, Geodesia espacial y Vulcanología; así como en instrumentación y electrónica.

TESIS: APORTES A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Tesis desarrolladas durante el 2014.

Los egresados de universidades nacionales que ingresan al IGP como tesistas son beneficiados con el “Programa de Becas del IGP”, el cual es coordinado por Asuntos Académicos (AA) y consiste en subvencionarlos —hasta por un periodo de 15 meses— en el desarrollo de sus tesis. Asimismo, se les facilita datos geofísicos y se les brinda una asesoría permanente por parte de los investigadores del IGP.

Durante el 2014 participaron del programa 26 tesistas, de los cuales 23 fueron financiados por el IGP y los demás a través de convenios y otras fuentes. El mayor número de tesistas estuvo concentrado en las áreas de Sismología y Variabilidad y Cambio Climático. Como resultado

se sustentaron 14 tesis, tres correspondientes al área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático, ocho a Sismología, dos a Geofísica & Sociedad y una a Geodinámica.

Todos estos trabajos de investigación, en la modalidad de tesis, son publicados en el libro “Compendio de Trabajos de Investigación Realizados por Estudiantes”. El último volumen es el N° 14 y contiene una selección de 10 artículos y es distribuido en universidades e institutos de investigación de todo el país. La siguiente edición comprenderá lo realizado en los años 2013/2014 y un prólogo especial por los 15 años de esta publicación que será impresa en el 2015.

N°	Nombres y apellidos	Universidad	Especialidad	Tema de tesis	Asesor	Área
1	Julio Martínez Herrera	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Mecánica de Fluidos	"Dinámica y modelado numérico de un tsunami en el terminal portuario del Callao y zonas adyacentes"	H. Tavera	Sismología
2	Dario Dueñas Galdos	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Ingeniero Geofísico	"Zonificación de suelos en el área urbana de Carapongo (Lima Metropolitana) aplicando métodos sísmicos y geotécnicos"	H. Tavera	Sismología
3	Katia Vila Mamani	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Ingeniero Geofísico	"Determinación 3D de la geometría de la placa de Nazca en el Perú y análisis del estado de esfuerzos"	H. Tavera	Sismología
4	Gumerindo Mamani Marca	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Maestría en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible	"Determinación de la vulnerabilidad social en la población costera de la ciudad de Ilo ante la ocurrencia de un Tsunami de origen cercano"	H. Tavera	Sismología
5	Marco Moreno Tapia	Universidad Federico Villareal	Ingeniero Geógrafo	"Umbral de participación en la generación de deslizamientos e inundaciones en los centros poblados de Jarpa, Ramra y Chamisería-Región Junín"	Y. Silva	Geofísica y Sociedad Clima
6	Antonio Chang Huarcaya	Pontificia Universidad Católica	Magister en Historia	"La cobertura periodística del fenómeno El Niño de 1925-1926 en el diario El Comercio de Lima"	A. Martínez	Geofísica y Sociedad
7	Hans Segura Cajachagua	Universidad Agraria La Molina	Ingeniero Agrícola	"Estudio del ciclo hidrológico de la cuenca amazónica mediante el uso de sensoramiento remoto: análisis de evapotranspiración"	J. Espinoza	Clima
8	Eliana Vizcarra Zúñiga	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Ingeniero Geofísico	"Evaluación Geofísica de deslizamiento del cerro Pucruchaca, distrito de San Mateo"	H. Tavera	Sismología
9	Juan Carlos Villegas	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Dr. Ciencias de la Tierra y el universo	"Earthquake cycle and continental deformation along the Peruvian subduction zone"	H. Tavera	Sismología
10	Rubén Castro Mendoza	Universidad Mayor de San Marcos	Ingeniero Geógrafo	"Evaluación del riesgo de desastres por peligros naturales y antrópicos del área urbana del Distrito de Punta Hermosa"	H. Tavera	Sismología
11	Ricardo Machuca Breña	Universidad Nacional del Callao	Licenciado en Economía	"Cálculo de daños económicos en viviendas por inundaciones durante la ocurrencia del fenómeno El Niño: caso norte peruano"	K. Takahashi	Clima
12	José Luis Aguilar Torres	Universidad Nacional San Agustín de Arequipa	Ingeniero Geofísico	"Evaluación de la actividad sísmo volcánica asociada a la intranquilidad del volcán Sabancaya, periodo enero-julio de 2013"	H. Tavera	Sismología
13	Abraham Gamonal Sanches	Universidad Nacional de Cajamarca	Ingeniero Geólogo	"La laguna Azul y su influencia en la ocurrencia de movimientos en masa que afectan la seguridad física de los poblados de La Laguna, Barrio Chino y Las Catahuas, en la región Cajamarca."	J. Gómez	Geodinámica
14	Georgynio Yossimar Rosales Ayalas	Universidad Alas Peruanas	Ingeniero Ambiental	Efecto de las quemadas de vegetación de la Amazonia sobre la concentración de ozono troposférico en Huancayo."	L. Suarez	Clima

Relación de tesis sustentadas en el 2014.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y ACTIVIDAD ACADÉMICA



La Dra. Yamina Silva y el M.Sc. Juan Carlos Gomez presidieron la sesión Ciencias de la Atmósfera, Tierra y Espacio del ECI2014v.

Como parte de la difusión de los temas relacionados con las ciencias de la Tierra sólida, atmósfera e hidrósfera, geoespacio y astronomía, además de otros temas de interés para la comunidad científica y público en general, Asuntos Académicos organiza semanalmente conferencias científicas que son dictadas por personal de la Institución, así como invitados de otras instituciones nacionales y extranjeras.

De esta forma, especialistas de Brasil, Francia, Estados Unidos, entre otros países, junto a investigadores de instituciones nacionales compartieron nuevos conocimientos a través de charlas que se desarrollaron en la sede central del IGP. Igualmente, la DAA participó en la organización de la sesión especializada sobre “Ciencias de la Atmósfera, Tierra y Espacio” del Encuentro Científico Internacional (ECI 2014) de verano e invierno.

CAPACITACIÓN

Durante el 2014, Asuntos Académicos dirigió el desarrollo de capacitaciones para el personal del IGP. En ese sentido se capacitó a un

total de 207 trabajadores distribuidos en 20 cursos en Lima, dos en el Radio Observatorio de Jicamarca, y 01 en el Observatorio de Huancayo.

SERVICIO DE BIBLIOTECA

Otras de las actividades a cargo de esta área es la Biblioteca Central que proporciona servicios y productos especializados de calidad y que brinda el soporte necesario para las diversas tareas de investigación que realizan: i) el personal de la institución, ii) los estudiantes universitarios o egresados que vienen desarrollando sus tesis en el IGP, iii) la comunidad educativa en todos sus niveles y iv) el público en general.

La Biblioteca Central del IGP tiene una de las colecciones más completas en el Perú en referencia a ciencias de la Tierra, cuenta con más de 8650 títulos distribuidos entre: monografías, libros, tesis, publicaciones periódicas, artículos, congresos, recursos electrónicos y mapas; que abarcan temas como: Geología, Geofísica, Atmósfera, Astronomía, Climatología, Oceanografía, Sismología, Vulcanología, Geodesia, Geomagnetismo, Electrónica, Agricultura, entre otros.

Entre los servicios que brinda se encuentran: lectura en sala, búsqueda

de artículos especializados, fotocopia y digitalización, consultas por teléfono y correo electrónico, préstamos interbibliotecarios y servicios de difusión como las alertas bibliográficas, boletines bibliográficos y calendario de eventos científicos internacionales.

La Biblioteca tiene acceso libre, gracias a Concytec, a más de 2500 revistas y 1024 textos en línea a través de las prestigiosas editoriales Elsevier, Springer y Epsco; y acceso a bases de datos bibliográficos y de análisis de citas.

Entre los visitantes externos se contó con la presencia de estudiantes de la Facultad de Ciencias Geológicas de la UNMSM, de Arquitectura del Instituto SENCICO, de Ingeniería Civil de la Universidad Daniel Alcides Carrión (Pasco), de la Facultad de Educación y Arquitectura de la UNFV, entre otros. Los temas más requeridos fueron sismos en Lima y Huarochiri (registros sísmicos), declinación magnética en Lima entre los años 2000 y 2007, estudios de la cuenca del río Lurín, etc.

Acercándonos a la Sociedad



GEOFÍSICA & SOCIEDAD

LA CIENCIA AL SERVICIO DE LA GENTE

Geofísica & Sociedad se encarga de incluir la temática de dimensión humana en los proyectos de investigación del IGP, así como difundir los resultados de las investigaciones que se realizan en la institución a los diferentes estamentos de la sociedad, incluyendo otros investigadores, tomadores de decisiones y público en general.

COMUNICACIONES



Los talleres en el norte chico de Lima sobre la ocurrencia de tsunamis fueron cubiertos por los medios de prensa de cada localidad.

Esta unidad orgánica modificó en el 2014 su visión y forma de trabajo, agregando la especialización de la comunicación en toda la institución. De esta forma, cuenta con un comunicador general y tres comunicadores que tienen a su cargo, respectivamente, la difusión de actividades de investigación en variabilidad y cambio climático, geoespacio y vulcanología.

La labor conjunta de este equipo se centra en la actualización diaria del portal institucional, el dinamismo

de las redes sociales, así como la elaboración de material de difusión para su entrega en talleres y/o ferias técnico científicas. Así como la cobertura y/o participación en reuniones nacionales e internacionales en apoyo a las diferentes subdirecciones y observatorios. Además, cada comunicador tiene labores específicas de apoyo a las áreas u observatorios, como preparación de material especializado, atención al público, etc.

DIMENSIÓN HUMANA



En el marco del PPR 035 se realizaron talleres con los extractores de cangrejos, concheros y pescadores artesanales.

Las actividades dentro de esta unidad comprenden lo realizado en el marco del Programa Presupuestal por Resultados (PPR), que promueve el ejecutivo por intermedio de la Presidencia del Consejo de Ministros, y el apoyo al proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, financiado por el IDRC y ejecutado por el área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático.

Dentro del PPR 035 se realizó la “Valoración económica del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes”, el cual consiste en la elaboración

y actualización de estudios de valoración económica de los recursos naturales, diversidad biológica y servicios ambientales utilizando una metodología internacional que también es usada por el Ministerio del Ambiente (Minam).

Mientras que como parte del PPR 068 se continuó desarrollando el producto “Zonas costeras monitoreadas y alertadas ante peligro de tsunamis”, el cual se lleva a cabo teniendo como base lo hecho por las áreas de Sismología y Geodinámica. Se realizan talleres de capacitación y sensibilización sobre la ocurrencia de tsunamis con la



Entre la diversidad biológica del SNLMT está presente el cangrejo de manglar y las conchas negras.

participación de especialistas de la Institución y del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) e Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci).

En el 2014 estos talleres se desarrollaron en el norte de Lima en las provincias de Huacho, Barranca, Huarney y Chimbote, localidades donde además se entregaron mapas

sísmicos del Perú a las autoridades y representantes involucradas en la gestión de riesgo de desastres.

Como parte del Proyecto Manglares se apoyó en el aspecto socioeconómico, donde se realizó el análisis de la capacidad y vulnerabilidad climática de las asociaciones de extractores de concha negra y cangrejo rojo del manglar del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes.

NUEVOS PROYECTO: IGP/PNUD

Con el financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Geofísica & Sociedad desarrollará en el 2015 con la colaboración del área de Investigación en Variabilidad y Cambio Climático el proyecto “Estudio de Vulnerabilidad Presente y Futura ante el CC en la Región Tumbes”.

El estudio tendrá una duración de ocho meses en el periodo enero – agosto del 2015 e incluirá los sectores agrícolas, acuícola, infraestructura y vida humana, y turismo. El presupuesto total será de 150 mil soles y el primer depósito para los primeros trabajos se recibió en diciembre del presente año.

EL IGP EN LA COP20

Como parte de su labor institucional el personal de Geofísica & Sociedad asistió a reuniones sectoriales, intersectoriales y representaciones nacionales, siendo la más importante del año la participación en las negociaciones ante la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) – COP20, la cual se desarrolló en Lima en diciembre.

Los temas que se trataron en este evento fueron adaptación, mitigación,

financiamiento, tecnología, fortalecimiento de capacidades. Entre las medidas que se establecieron está la Conformación del Comité Ejecutivo del Mecanismo de Varsovia para Pérdidas y Daños, el cual tendrá un plan de trabajo de dos años que incluye aumentar la comprensión de como las pérdidas y daños causados por el cambio climático afectan particularmente a los países en desarrollo vulnerables y a las poblaciones, incluyendo el tema de desplazamiento humano, entre otros.

El IGP participó en la COP20 como parte del equipo de negociadores y a través de exposiciones en el ciclo de conferencias “Voces por el clima”.



TESISTAS

De las cuatros tesis de la unidad se lograron sustentar tres y una está en proceso con una alta posibilidad de ser sustentada en el 2015. De las tesis sustentadas una fue de maestría en Historia con el tema “Prensa escrita y desastres naturales: La cobertura periodística del Fenómeno El Niño 1925-26 en el diario El Comercio de Lima”, presentada por Antonio Chang en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Mientras que las otras dos, sustentadas en la Universidad de

Tumbes para optar el grado de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente, tuvieron como títulos “Identificación de los impactos de la actividad agrícola para el periodo 1982 – 2012, en la Zona de amortiguamiento del Santuario Nacional los Manglares de Tumbes, de los distritos de Aguas Verdes y Zarumilla” y “Capacidad de carga turística del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes y Puerto Pizarro, Tumbes”, a cargo de Alder Feijoo y María Roxana Prado, respectivamente.

El tesista Alder Feijó desarrolló su estudio de tesis en la zona de amortiguamiento del SNLMT.



Cooperación Institucional y Servicios



CONVENIOS PARA EL DESARROLLO

La labor del Instituto Geofísico del Perú no solo tiene relevancia nacional, sino también mundial debido al alto nivel de sus investigaciones así como por el interés que generan en la comunidad científica internacional los temas que se desarrollan en las diversas áreas de la institución. Esta condición del IGP ha permitido que diversas instituciones nacionales y del exterior opten por trabajar de manera conjunta a través de convenios, donaciones o subvenciones en proyectos de interés conjunto.

De esta forma, en el marco del convenio de cooperación con la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, EE.UU.) en marzo se instaló un fotómetro solar para la medición de aerosoles en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR) del Observatorio de Huancayo del IGP, con lo cual el LAMAR pasó a integrar la red mundial AERONET de la NASA.

En abril se oficializó con la Universidad Continental un importante convenio para el desarrollo conjunto del estudio “Impacto del transporte transfronterizo de contaminantes del aire relacionados a la quema de vegetación sobre los Andes centrales de Perú”, el cual tendrá como centro de operaciones el Observatorio de Huancayo.



Firma de convenio entre el Instituto Geofísico del Perú y la Universidad Continental de Huancayo.

Asimismo, en junio se firmó con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD de Francia) la extensión por tres años del convenio de cooperación interinstitucional entre ambas entidades con el fin de continuar con los estudios que se desarrollan en Sismología, Vulcanología y eventos hidrológicos extremos en la Amazonía, los cuales aportan conocimiento en materia de gestión de riesgo de desastres.

Mientras que en noviembre se culminó con la serie de convenios suscritos con entidades públicas a nivel nacional, las cuales incluyen a 168 colegios y la Municipalidad de La Perla (Callao), para garantizar la instalación total de 169 acelerómetros en todo el país como parte del proyecto SNIP “Ampliación y Mejoramiento de la Red Acelerométrica Nacional”.

Por otro lado, en el marco del compromiso del Perú en la vigilancia de la no proliferación de pruebas con armas nucleares, el IGP cuenta desde

el 2012 con una importante donación por parte del Sistema Internacional de Verificación del Tratado de No-Proliferación de Armas Nucleares (CTBTO), el cual consiste en un sistema que facilitará el intercambio de información relevante sobre eventos sísmicos que puedan estar asociados a posibles explosiones nucleares detectables en el ámbito regional.

Además, se continuó con el convenio realizado en el 2012 con la Municipalidad de Sachaca, mediante el cual se realizó un estudio de microzonificación sísmica en su jurisdicción y esta comuna cedió al IGP un terreno para la construcción de un moderno Observatorio Vulcanológico.

Por su parte, el área de Aeronomía continuó recibiendo el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU. (NSF) a través del acuerdo cooperativo que ostenta con la Universidad de Cornell. Convenio que data desde



IGP – IRD extendieron convenio que garantizará estudios de eventos sísmicos, vulcanológicos e hidrológicos extremos.

1979 y mediante el cual el Radio Observatorio de Jicamarca realiza investigaciones tanto en Aeronomía como Geomagnetismo y asume la responsabilidad de permitir a la citada casa de estudios obtener datos de radar de dispersión incoherente a una tasa aproximada de 1000 (mil) horas/año durante el período acordado.

Desde el 2006 se lleva a cabo un convenio con el Boston College de EE.UU. para la operación del proyecto internacional *Low-Latitu de Ionospheric Sensor Network* (LISN) cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos. LISN consiste en un sistema capaz de monitorear la baja, media y alta atmósfera a través de modernos instrumentos geofísicos instalados en diversos países de América del Sur.

Mientras que, desde el 2007, el área de Geodesia Espacial mantiene un convenio de cooperación con el Laboratorio de Tectónica del Instituto Tecnológico de California (CALTECH), en el marco del cual se

realizan campañas de observaciones en puntos geodésicos instalados por ISTERre e IGP. Cabe agregar que esta área del IGP y la *Jet Propulsion Laboratory* (JPL) colaboran desde el 2013 de manera conjunta en un proyecto científico con el objetivo de evaluar la potencial ocurrencia de erupciones volcánicas en los principales volcanes del sur del Perú, trabajo que, a iniciativa de la JPL-NASA, tiene carácter multinacional y también se desarrolla en otras zonas volcánicas de Sudamérica y América Central.

Por su parte, el Radio Observatorio de Jicamarca tiene convenios con el Laboratorio del Gobierno Federal de los Estados Unidos del Departamento de la Marina (NRL) y con el *Atmospheric & Space Technology Research Associates* LLC (ASTRAD-IGP), con los cuales el Instituto realiza la instalación, mantenimiento y toma de datos de cuatro receptores marca Nwra y se ejecuta el proyecto de investigación denominado “Radar Doppler de alta frecuencia (HF) para estudios en bajas latitudes”, respectivamente.



El IGP mantiene desde 1979 un acuerdo cooperativo con la Universidad de Cornell que es el principal aporte para la operatividad del ROJ.

SERVICIOS TECNOLÓGICOS



En el nevado de Chaupijanca se cuenta con un acelerómetro en convenio con la empresa Milpo.

Las áreas de investigación del Instituto Geofísico del Perú (IGP) generan conocimiento científico que contribuye al desarrollo de actividades de diversas empresas e instituciones en ámbitos como: minería, electricidad, telecomunicaciones, etc. En esa dirección, durante el 2014 se continuaron ejecutando convenios en beneficio del desarrollo del país.

Dentro del convenio marco de cooperación interinstitucional entre la Municipalidad Provincial de Moyobamba y el IGP, el área de investigación en Sismología instaló en junio una Red Sísmica Temporal de 10 estaciones para estudiar las fallas geológicas que provocaron los sismos de 1990 y 1991, los cuales ocasionaron cuantiosos daños en la referida provincia.

Mientras que como parte del convenio que tiene la Institución con la Universidad de Texas y Dallas, el primer semestre el área de Investigación en Geoespacio exportó al Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciales (INPE) de Brasil un moderno equipo que fue instalado en el radar de Sao Luis y que permitirá realizar observaciones del Electrochorro ecuatorial, F dispersa así como de los ecos que ocurren a 150 km de distancia de la tierra.

Además, se continuó con el convenio que se tiene con Electroperú consistente, por parte del área de investigación en Sismología, en el análisis de la actividad sísmica local registrada por la red sísmica telemétrica del Complejo Mantaro – Tablachaca y, a cargo de Redes Geofísicas, en el registro, evaluación, análisis y procesamiento e interpretación de la actividad sísmica local.

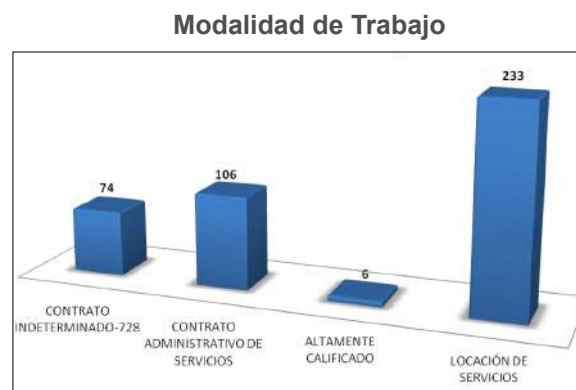
Asimismo, la Institución también encargó a estas áreas los contratos que se tienen con la compañía minera Milpo, que consisten en la operación, mantenimiento y entrega de datos del acelerómetro instalado en el nevado de Chaupijanca (Redes geofísicas).



Estudio en Moyobamba de las fallas geológicas que provocaron los sismos de 1990 y 1991.

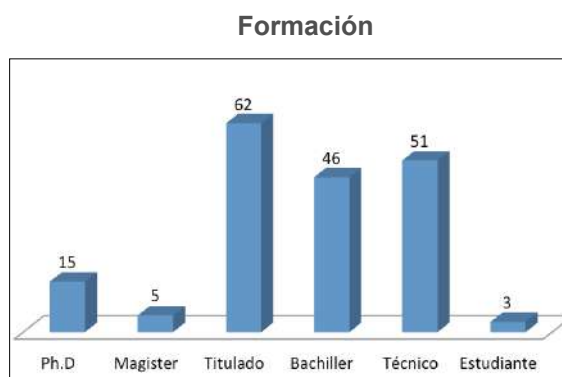
RECURSOS HUMANOS DEL IGP

La fuerza de toda organización se centra en su capital humano, sus capacidades, conocimientos y habilidades: elementos esenciales para el desarrollo de sus actividades. El IGP tiene la responsabilidad —dentro de su competencia— de hacer ciencia y su campo de acción son los fenómenos y procesos naturales que afectan a la Tierra. Para cumplir a cabalidad esa tarea, cuenta con profesionales de alto nivel, lo que le permite investigar y obtener información confiable que se convertirá luego en insumo para hacer la ciencia que el país tanto necesita.



Al 31 de diciembre del 2014, el IGP mantuvo una fuerza laboral de 420 personas, bajo diferentes modalidades de contratación: 74 por Contrato Indeterminado 728, 106 vía Contrato Administrativo de Servicios (CAS) y 233 locadores de servicio (198 de la institución, 27 del Proyecto Manglares, 7 de LSIN y 1 por convenio con la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos). A ellos se suman seis investigadores científicos contratados por el Ministerio de Economía y Finanzas bajo la modalidad personal altamente calificado del sector público.

Además, como resultado del convenio con la Autoridad Nacional del Servicio Civil (Servir), la Institución continuó con la colaboración de tres gerentes públicos cuya labor se centró en mejorar la eficiencia del gasto y la gestión administrativa del IGP.



En lo que respecta a la labor científica, el IGP cuenta con una plana de destacados especialistas que le permite ser fuente de información altamente especializada. Sus áreas de investigación están bajo la batuta de destacados profesionales: el área de Geoespacio está dirigida por Marco Milla; Astronomía por José Ishitsuka; Geodesia Espacial por Edmundo Norabuena; Geodinámica Superficial por Juan Carlos Gómez; Sismología a cargo de Hernando Tavera; Variabilidad y Cambio Climático por Ken Takahashi; y Vulcanología por Orlando Macedo. Ellos tienen a su cargo equipos de trabajo integrados por investigadores asociados, asistentes de investigación, técnicos, ingenieros, tesis y colaboradores, quienes contribuyen durante el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

Además, en lo que se refiere a las áreas de soporte, el área de Redes Geofísicas estuvo a cargo de David Portugal y Edmundo Norabuena, el Centro Nacional de Datos Geofísicos dirigido por María Rosa Luna, Asuntos Académicos y Geofísica & Sociedad, lideradas por Yamina Silva y Alejandra Martínez, respectivamente.

Personal IGP 2014



Astronomía



Geodinámica Superficial



Asuntos Académicos



Geofísica & Sociedad



Sismología



Presidencia Ejecutiva y Dirección Técnica



Oficina de Asesoría Legal



Vulcanología



Oficina de Control Institucional



Redes Geofísicas



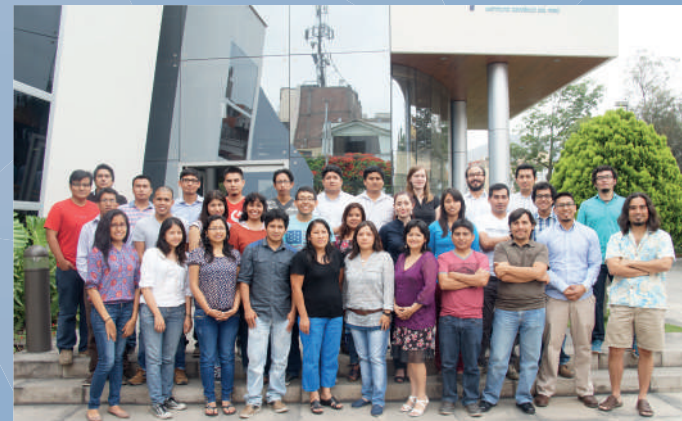
Geoespacio



Oficina desconcentrada de Chiclayo



Oficina General de Administración



Variabilidad y Cambio Climático



Geodesia Espacial



Oficina de Planeamiento y Presupuesto



Centro Nacional de Datos Geofísicos



Observatorio de Huancayo

Mejorando la Gestión Institucional



FORTALECIENDO EL CORE DEL IGP

Con la finalidad de incorporar nuevos investigadores científicos y profesionales en aras de reforzar las capacidades de las diversas áreas de investigación de la Institución, la Dirección Técnica del IGP realizó concursos externos en los meses de mayo, noviembre y diciembre del 2014. Tras lo cual se dio el ingreso de nuevos profesionales a las Institución.

En la búsqueda de valorar las capacidades de los profesionales con que cuenta el IGP, así como ampliar y diversificar los estudios que se desarrollan, en los meses de mayo, agosto, octubre y diciembre la Institución dispuso la progresión interna por méritos permitiendo que 04 trabajadores accedan a niveles superiores. De esta manera el IGP puso de manifiesto su premisa de reforzar su staff y mantenerse a la vanguardia de la investigación científica en el país, así como continuar siendo un referente a nivel internacional.

AREA DE INVESTIGACION	N° INVESTIGADORES
ASTRONOMIA	2
GEODESIA ESPACIAL	1
GEODINÁMICA	1
SISMOLOGÍA	2
VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO	6
VULCANOLOGÍA	1
AERONOMÍA	1

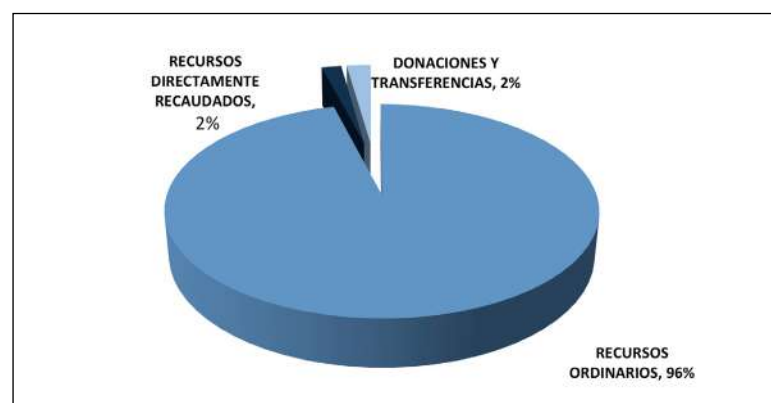
Cuadro de número de investigadores del IGP.

MEDIOS FINANCIEROS

FINANCIAMIENTO E INGRESOS

El Presupuesto Institucional de Apertura (PIA) para el Pliego N°112 Instituto Geofísico del Perú (IGP), aprobado mediante Ley N° 30114, "Ley del Presupuesto del Sector Público para el periodo Fiscal 2014", ascendió por toda fuente de financiamiento a S/. 28, 203,467 nuevos soles, siendo desagregado en las Fuentes de Financiamiento: Recursos Ordinarios S/. 27,063,927 nuevos soles, que corresponde a 96%; Recursos Directamente Recaudados S/. 513,080 nuevos soles correspondiente a 2% y en Donaciones y Transferencias S/. 626,460 nuevos soles corresponde a un 3%, los mismos que fueron incorporados y aprobados con Resolución de Presidencia N° 365-IGP/13 de fecha 31.12.2013.

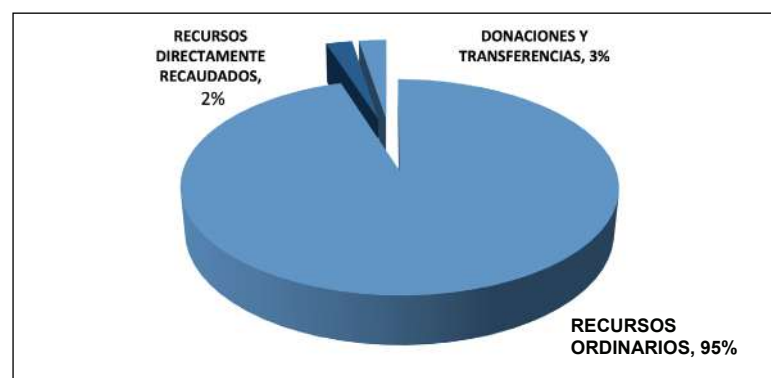
Presupuesto Institucional de Apertura
PIA 2014
S/.28,203,467



En lo que respecta a Donaciones y Transferencias, el presupuesto para el año 2014 fue de S/.761,460.00 donde hubo transferencia del convenio con la Universidad de Cornell para el funcionamiento del Radio Observatorio Jicamarca de S/.626,460.00, para la contratación de personal, servicios y adquisición de bienes. Finalmente, la suma de S/. 135,000 provinieron de otros ingresos. Del monto total se ejecutó en el ejercicio fiscal 2014 la suma de S/.629.624.00

Al finalizar el periodo fiscal 2014, la entidad culmina con un Presupuesto Institucional Modificado – PIM (por toda Fuente de Financiamiento) de S/. 30,317,321 nuevos soles, notándose un incremento (créditos suplementarios y transferencias de partidas) por S/. 2,113,854 nuevos soles, que representan el 7.5 % con respecto al PIA.

Presupuesto Institucional Modificado
PIM 2014
S/.30,317,321



El mayor incremento se dio en la Fuente de Recursos Directamente Recaudados el mismo que alcanzó el 42.6% principalmente como consecuencia del saldo de balance correspondiente al periodo 2013.

La Fuente de Financiamiento Recursos Ordinarios experimentó un incremento del 6.5%, como consecuencia de la transferencia

de recursos con el D.S. 003-2014-EF por reajuste de pensiones D.L. N° 20530 -, con el D.S 031-2014-EF para el Fondo D.U. N° 037-94 sin Sentencia Judicial; asimismo transfiere mayores recursos vía Crédito Suplementario con el Decreto de Urgencia N° 001-2014 (aguinaldo extraordinario mes de julio y pago de beneficios del D.U 0.37-94 con y sin sentencia judicial), y Decreto de Urgencia N° 004-2014 (aguinaldo extraordinario mes de diciembre).

Asimismo, la fuente de financiamiento Donaciones y Transferencias tuvo un incremento porcentual de 21.5% respecto al PIA aprobado.

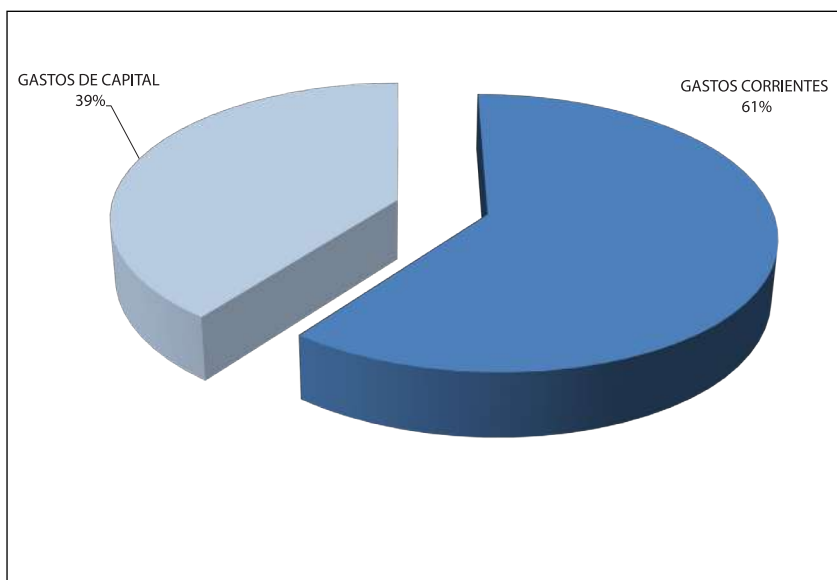
Resumen del Comportamiento de los Ingresos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE INGRESOS 2014				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
RECURSOS ORDINARIOS	27,063,927	28,823,977	1,760,050	6.5%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	27,063,927	27,063,927	0	
Crédito Suplementario		1,724,600	1,724,600	
Transferencia de Partidas		35,450	35,450	
RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	513,080	731,884	218,804	42.6%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	513,080	513,080	0	
Crédito Suplementario		218,804	218,804	
Transferencia de Partidas				
DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	626,460	761,460	135,000	21.5%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	626,460	626,460	0	
Crédito Suplementario		135,000	135,000	
Transferencia de Partidas				
TOTAL	28,203,467	30,317,321	2,113,854	7.5%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	28,203,467	28,203,467	0	
Crédito Suplementario	0	2,078,404	2,078,404	
Transferencia de Partidas	0	35,450	35,450	

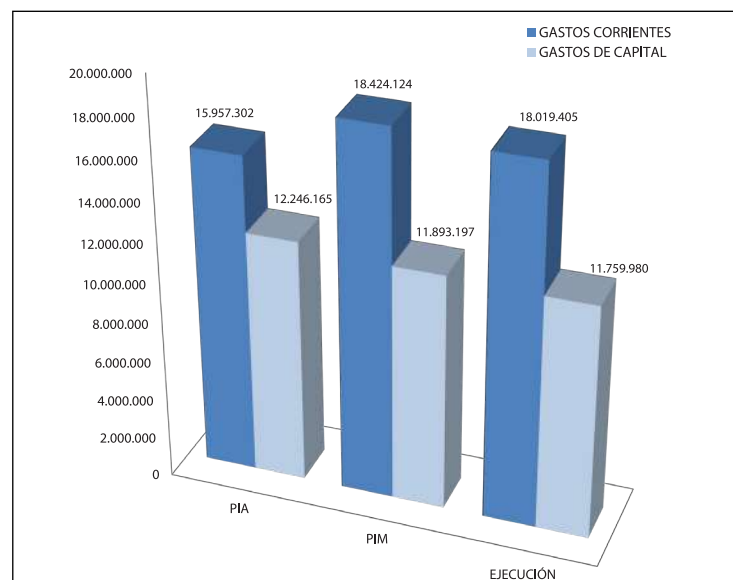
COMPORTAMIENTO DE LOS GASTOS

Para el periodo fiscal 2014, el IGP logró ejecutar por toda fuente de financiamiento S/. 29,779,386 nuevos soles, significando el 98% respecto al PIM; este porcentaje se distribuyó en Gastos Corrientes 61% y Gastos de Capital 39%.

**Ejecución Presupuestaria 2014
por Tipo de Gasto**

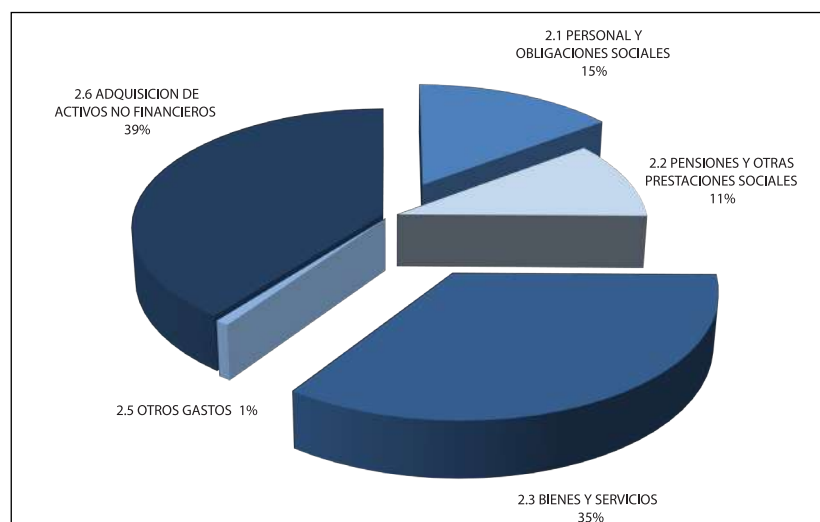


Ejecución Presupuestaria 2014



Analizando la composición del gasto ejecutado, el 15% corresponde a la genérica 2.1 Personal y Obligaciones Sociales, el 11% corresponde a la genérica 2.2 Pensiones y Otras Prestaciones Sociales, el 35% a la genérica 2.3 Bienes y Servicios, el 1% a la genérica 2.5 Otros gastos y el 39% a la genérica 2.6 Adquisición de Activos no Financieros.

**Ejecución Presupuestaria 2014
por Genérica de Gasto**



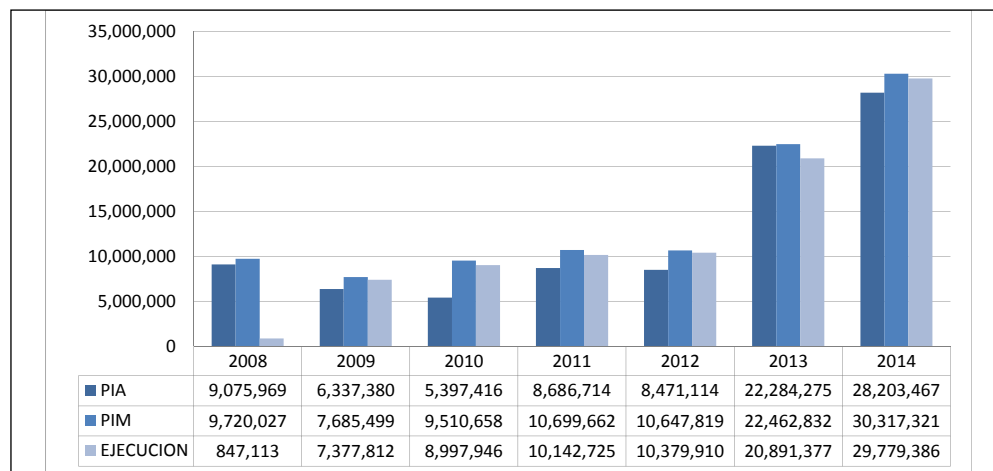
Resumen del Comportamiento de los Gastos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE GASTOS 2014				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO / GENERICA DE GASTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	EJE/PIM
1 RECURSOS ORDINARIOS	27.063.927	28.823.977	28.481.588	99%
GASTOS CORRIENTES	14.827.762	17.087.684	16.828.380	98%
2.1 PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES	4.444.762	4.382.251	4.332.723	99%
2.2 PENSIONES Y OTRAS PRESTACIONES SOCIALES	1.079.000	3.186.024	3.128.376	98%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	9.174.000	9.282.118	9.131.434	98%
2.5 OTROS GASTOS	130.000	237.291	235.846	99%
GASTOS DE CAPITAL	12.236.165	11.736.293	11.653.208	99%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	12.236.165	11.736.293	11.653.208	99%
2 RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	513.080	731.884	668.174	91%
GASTOS CORRIENTES	513.080	623.873	579.972	93%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	513.080	622.603	578.702	93%
2.5 OTROS GASTOS	0	1.270	1.270	100%
GASTOS DE CAPITAL	0	108.011	88.203	82%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	0	108.011	88.203	82%
4 DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	626.460	761.460	629.624	83%
GASTOS CORRIENTES	616.460	712.567	611.054	86%
2.1 PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES	107.620	107.620	39.131	36%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	493.840	603.622	570.598	95%
2.5 OTROS GASTOS	15.000	1.325	1.325	100%
GASTOS DE CAPITAL	10.000	48.893	18.570	38%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	10.000	48.893	18.570	38%
T O T A L	28.203.467	30.317.321	29.779.386	98%

Comportamiento Histórico del Presupuesto del IGP Toda Fuente

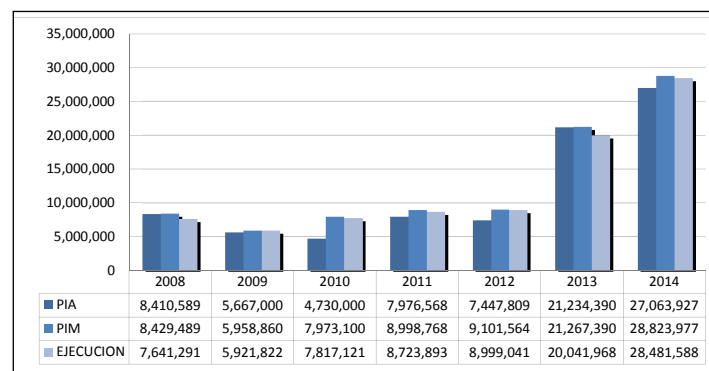
COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PRESUPUESTO DEL IGP

Para el periodo fiscal 2014, y tomando como base el año 2008, la ejecución presupuestal por toda fuente muestra una tendencia creciente, si bien el PIA y el PIM han tenido oscilaciones en este rango de tiempo y del 2013 al 2014 han tenido un aumento de S/.5,919,192 y S/.7,854,489 respectivamente, significando una mayor ejecución de gasto en termino absoluto.



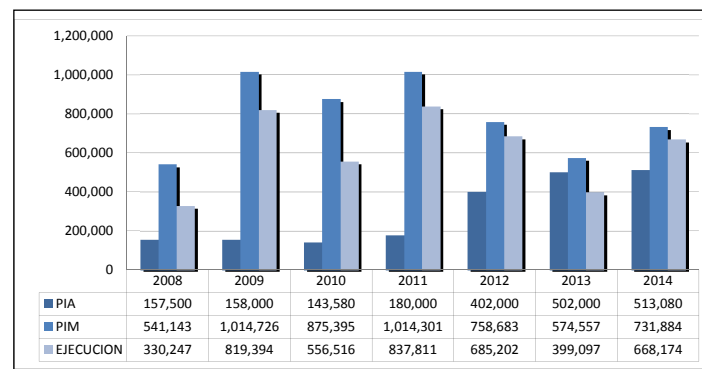
Verificando el comportamiento histórico por fuente de financiamiento, observamos que a nivel de Recursos Ordinarios (RO) este tuvo un incremento significativo a partir del año 2010.

Comportamiento Histórico RO



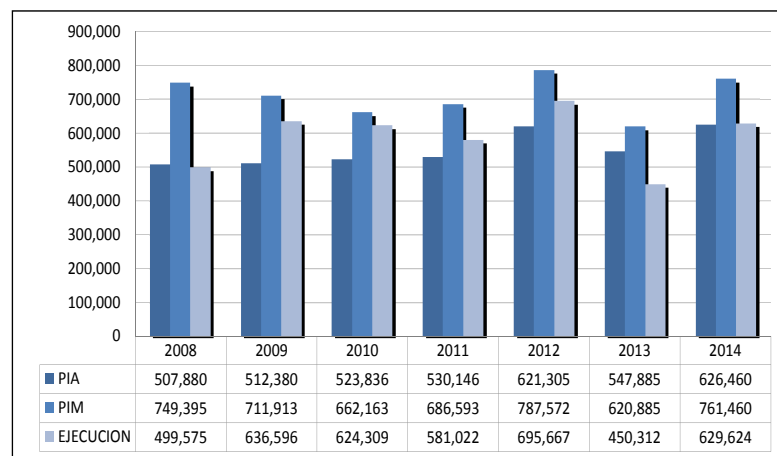
La fuente Recursos Directamente Recaudados (RDR), a nivel de PIM y Ejecución, muestra un comportamiento ascendente a partir del 2009.

Comportamiento Histórico RDR



La fuente Donaciones y Transferencias (D y T) muestra un comportamiento homogéneo a partir del 2010, como consecuencia del aporte de la fuente cooperante.

Comportamiento Histórico D y T



PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

FICHA RESUMEN DEL PROYECTO	
Nombre del proyecto:	"Mejoramiento de la red sísmica acelerométrica a nivel nacional y del centro de procesamiento de información del Instituto Geofísico del Perú"
Código SNIP:	2159216
Objetivo del proyecto:	Incremento de la capacidad de registro y provisión de información sísmica - acelerométrica a nivel nacional, con fines de prevención y atención de peligros naturales .
Principales detalles técnicos del proyecto:	Mejora de la prevención y atención de desastres naturales , con mínimos costos sociales y económicos asumidos por el Estado, ante la ocurrencia de eventos sísmicos.
Objetivo Especifico:	* 169 estaciones acelerometricas instaladas y funcionando adecuadamente a nivel nacional al tercer año del proyecto. * Sistema de interconexión y transmisión de datos entre estaciones y con el centro de procesamiento de datos funcionando adecuadamente .
Beneficiarios directos :	20,050,010 habitantes o 4,890 ,246 hogares
Beneficiarios indirectos:	Población a nivel nacional
Costo total del proyecto	9,474,021.00

PROYECTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	%
"Mejoramiento de la red sísmica acelerométrica a nivel nacional y del centro de procesamiento de información del Instituto Geofísico del Perú"	3,944,000	3,944,000	3,943,501.70	99.99%

ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA

Al 31 de Diciembre de 2014 y 2013
(Expresado en Nuevos Soles)

ACTIVO

ACTIVO CORRIENTE

	2014	2013
Efectivo y Equivalente de Efectivo	650,960	533,352
Inversiones Disponibles	0	0
Cuentas por Cobrar (Neto)	12,411	108,469
Otras Cuentas por Cobrar (Neto)	81,472	81,400
Inventarios (Neto)	191,081	94,514
Servicios y Otros Pagados por Anticipado	20,513	766,678
Otras Cuentas del Activo	4,194,330	0
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	5,150,767	1,584,413

ACTIVO NO CORRIENTE

Cuentas por Cobrar a Largo Plazo	0	0
Otras Ctas. por Cobrar a Largo Plazo	0	0
Inversiones (Neto)	0	0
Propiedades de Inversión	0	0
Propiedad, Planta y Equipo (Neto)	596,945,022	44,545,810
Otras Cuentas del Activo (Neto)	2,593,713	1,228,963
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	599,538,735	45,774,773

TOTAL ACTIVO **604,689,502** **47,359,185**

Cuentas de Orden **10,338,062** **21,512,944**

PASIVO Y PATRIMONIO

PASIVO CORRIENTE

	2014	2013
Obligaciones Tesoro Público	0	610,783
Sobregiros Bancarios	0	0
Cuentas por Pagar a Proveedores	3,856,163	2,742,041
Impuestos, Contribuciones y Otros	159,649	207,461
Remuneraciones y Beneficios Sociales	305,058	676,147
Obligaciones Previsionales	0	0
Operaciones de Crédito	0	0
Parte Cte. Deudas a Largo Plazo	0	0
Otras Cuentas del Pasivo	234,719	33,257
TOTAL PASIVO CORRIENTE	4,555,589	4,269,689

PASIVO NO CORRIENTE

Deudas a Largo Plazo	0	0
Cuentas Por Pagar a Proveedores	0	0
Beneficios Sociales	1,805,396	1,804,696
Obligaciones Previsionales	2,296,415	2,474,830
Provisiones	183,025	0
Otras Cuentas del Pasivo	0	0
Ingresos Diferidos	0	0
TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	4,284,836	4,279,526

TOTAL PASIVO

8,840,425 **8,549,215**

PATRIMONIO

Hacienda Nacional	169,703,797	169,705,801
Hacienda Nacional Adicional	(14,125)	(2,004)
Resultados No Realizados	544,888,115	0
Resultados Acumulados	(118,728,710)	(130,893,827)
TOTAL PATRIMONIO	595,849,077	38,809,970

TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO **604,689,502** **47,359,185**

Cuentas de Orden **10,338,062** **21,512,944**

ESTADO DE GESTIÓN

Para los años terminados al 31 de Diciembre de 2014 y 2013

(Expresado en Nuevos Soles)

INGRESOS

	2,014	2,013
Ingresos Tributarios Netos	0	0
Ingresos No Tributarios	433,847	348,673
Traspasos y Remesas Recibidas	31,975,532	16,040,649
Donaciones y Transferencias Recibidas	734,057	1,091,258
Ingresos Financieros	14,490	9,253
Otros Ingresos	848,112	902,131
TOTAL INGRESOS	34006038.62	18391963.12

COSTOS Y GASTOS

Costo de Ventas	0	0
Gastos en Bienes y Servicios	(10,269,478)	(7,090,098)
Gastos de Personal	(6,820,697)	(4,697,215)
Gastos por Pens.Prest.y Asistencia Social	(596,725)	(162,871)
Donaciones y Transferencias Otorgadas	0	0
Traspasos y Remesas Otorgadas	0	0
Estimaciones y Provisiones del Ejercicio	(4,381,196)	(3,419,207)
Gastos Financieros	(487)	0
Otros Gastos	(970,635)	(101,688)
TOTAL COSTOS Y GASTOS	-23039217.33	-15471079.27

**RESULTADO DEL EJERCICIO SUPERAVIT
(DEFICIT)****10966821.29****2920883.85**

Instituto Geofísico del Perú

Ciencia para protegernos, ciencia para avanzar.





Cráter del volcán Misti en la región Arequipa.



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

© Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima,
Central Telefónica: (511) 317 2300
<http://www.igp.gob.pe>