



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Memoria Institucional 2016



*Trabajando para
todos los peruanos*

**Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.**

Editado por:

Geofísica & Sociedad
Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo, IV Etapa, Ate Vitarte, Lima, Perú
Central telefónica: (+ 51 1) 3172300
<http://portal.igp.gob.pe/>
Tiraje: 1000 ejemplares

Lima, julio de 2017

Fotografías:

Agradecimiento especial a las subdirecciones, observatorios y oficinas del IGP.

Impreso por:

INVERSIONES IAKOB S.A.C.
Teléfono: (+51 1) 2963911
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria
Diciembre, 2017

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

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

Fotografías carátula

1. Personal de la sede de Arequipa.
2. Radar principal de la sede de Jicamarca.
3. Trabajo de campo de ingenieros de la institución.
4. Estación satelital de la Red Sísmica Nacional.



**Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.**



Ingreso a caverna de la selva peruana para estudio en paleoclima.

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 20 | Geodinámica 26
Ingeniería Sísmica 24 | Geodesia 27

30 CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA
Climatología 32 | Hidrología y Suelos 36
Oceanografía 34 | Física Atmosférica 40

43 GEOFÍSICA Y SOCIEDAD
Comunicaciones 45 | Planetario 47
Dimensión Humana 46 | Asuntos Académicos 49

52 REDES GEOFÍSICAS

58 RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA
I+D&I 62 | Cielo 63
Operaciones 63

65 OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL SUR
Monitoreo volcánico 60

71 OBSERVATORIO DE HUANCAYO

75 OPTIMIZANDO LAS TECNOLOGÍAS E INFRAESTRUCTURAS

79 COOPERACIÓN INSTITUCIONAL Y SERVICIOS

86 MEJORANDO LA GESTIÓN INSTITUCIONAL



Estación de monitoreo volcánico en la región sur del país.

RESUMEN EJECUTIVO

En el año que marcó el inicio del último quinquenio hacia el bicentenario de la independencia nacional, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) continuó marcando hitos en su camino a consolidarse como una entidad pública líder en la gestión del ambiente geofísico e investigación científica.

De esta forma, en febrero se inauguró el Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (CENSIS), moderna instalación que le permite al IGP registrar, procesar, analizar y difundir la información de un evento sísmico en un promedio de tres minutos desde la ocurrencia del mismo, lo que lo posiciona como un actor clave dentro del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd).

En marzo, un grupo de científicos de la institución recibió el reconocimiento “Investigador Concytec”, por ser parte de los primeros 200 investigadores en ser incorporados al Registro Nacional de Investigadores en Ciencia y Tecnología (Regina), para lo cual se tuvo que cumplir con requisitos como el tener experiencia en proyectos de investigación y haber publicado artículos en revistas científicas indexadas, entre otras calificaciones.

Al mes siguiente fue reconocida la vasta y altamente calificada producción científica de la institución, debido a que la prestigiosa revista científica internacional Nature colocó al IGP en el primer lugar de las instituciones peruanas dedicadas a la investigación durante el 2015.

Por otro lado, a nivel de tecnologías de la información, el IGP ingresó al servicio Eduroam, el cual forma parte del espacio de movilidad mundial operado por redes académicas europeas (Eduroam Europa) y se extiende a las filiales de Canadá y Estados Unidos.

Con este ingreso, la institución cuenta con conectividad y movilidad segura entre los distintos puntos de acceso de las redes de investigación mundial, dirigido a la comunidad académica y de investigación a través de un equipo móvil.

De este modo, el IGP continúa generando conocimiento científico, desarrollo e innovación tecnológica que lo destaca dentro de las 14 Instituciones Públicas de Investigación Científicas (IPIS) y como actor principal en la gestión de riesgo de desastres en beneficio de la ciudadanía.

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.

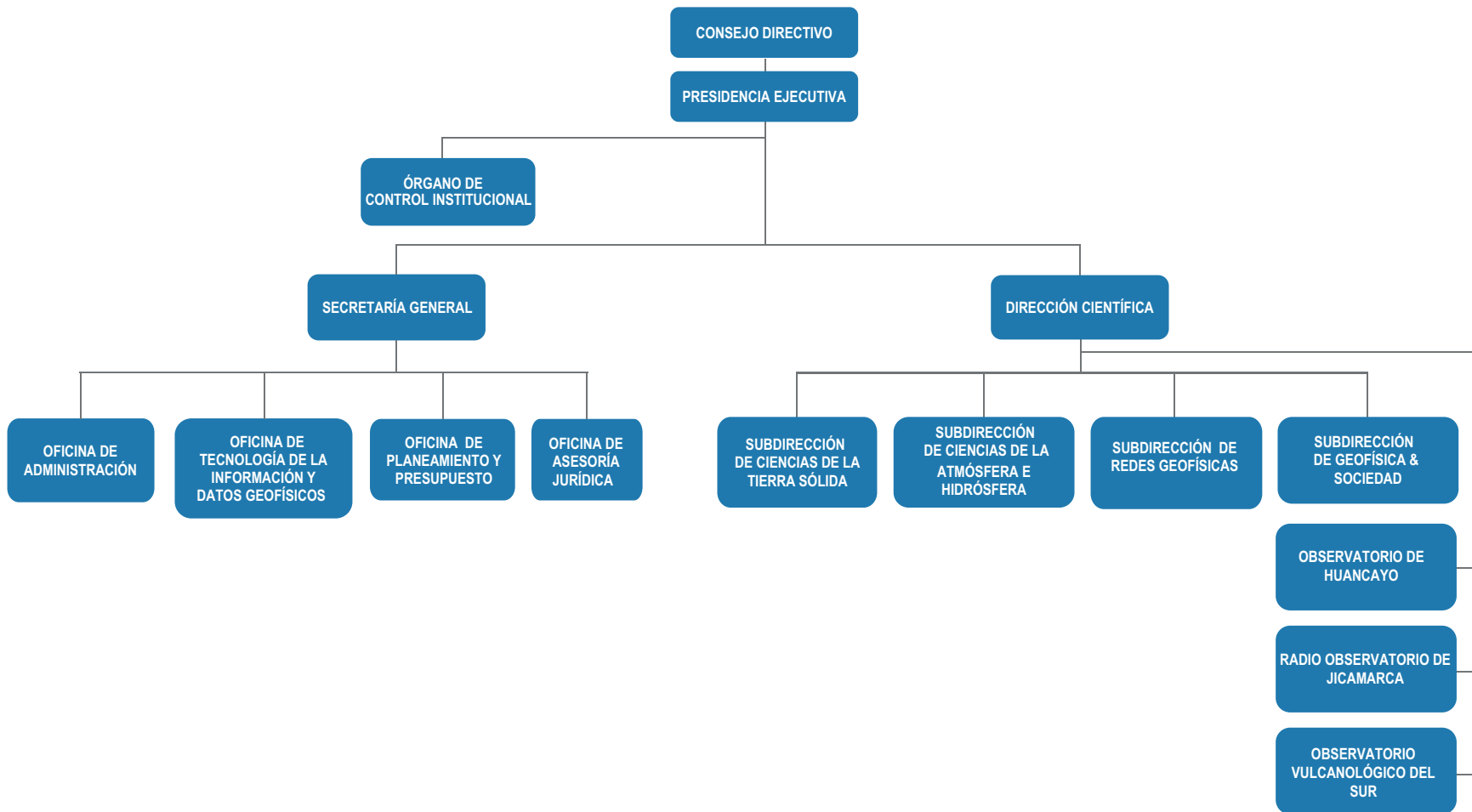
VISIÓN

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.



Estación sísmica Muylaque, instalada en el volcán Ticsani.

ORGANIGRAMA



Aprobado como parte del Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Instituto Geofísico del Perú (IGP), mediante DECRETO SUPREMO No 001-2015-MINAM.

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.

Miembro
Dr. Jorge Alva Hurtado

Ingeniero Civil y magister 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. Actualmente es rector de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

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 Cap. Julio Vílchez Moscoso

Capitán de Fragata de la Marina de Guerra del Perú, con diplomado en Relaciones Internacionales y Defensa Nacional en la universidad UTP de Arequipa y curso de métodos de autoevaluación en la Universidad Católica del Perú.

Se ha desempeñado como jefe de la Tercera División de Control de Averías en el B.A.P. "ALMIRANTE GRAU", de la División de Ingeniería del B.A.P. "SANCHEZ CARRION", de Navegación y Comunicaciones del Departamento de Operaciones del B.A.P. "FERRE" y ha sido oficial de dotación de la Dirección de Alistamiento Naval.

Como oficial calificado en Hidrografía y Navegación ha ocupado cargos tales como comandante del B.I.C. SNP-2 bajo Convenio Marco con el IMARPE-PRODUCE, y coordinador marítimo en la ANTAR XXII, entre otros.

Asimismo, ha sido comandante del B.I.C. "HUMBOLDT" desde julio del 2014 al 1 de julio del 2015. Actualmente se desempeña como jefe de la oficina de Planeamiento programación y presupuesto en la Dirección de Hidrografía y Navegación.

Miembro Mag. Luis Montes Bazalar

Magíster en Ingeniería de las Telecomunicaciones, formado en Ingeniería Electrónica. Con amplia experiencia profesional muy ligada a la evolución de las telecomunicaciones en el país. Actualmente se desempeña como Secretario Técnico del Fondo de Inversión en Telecomunicaciones (FITEL).

Durante su trayectoria como ingeniero, planificó la red de la ex Compañía Peruana de Teléfonos (CPT), la expansión de centrales digitales en Telefónica. Asimismo, participó como Director Técnico en el comité de privatización de la Compañía Peruana de Teléfonos y Entel Perú.

Desde el año 2012 aporta con su experiencia en uno de los proyectos que el Estado peruano se ha planteado para interconectar a todo el país a través de una red de fibra óptica de más de 13.500 kilómetros, el desarrollo de la "Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica en el Perú".

Secretario Ing. César Morales Olazabal

Mag. en Administración de Empresas por la Universidad San Ignacio de Loyola y The School of Business of California State University – Fullerton. Postgrados en Salud Pública, en dirección de entidades deportivas y estudios concluidos de doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ingeniero industrial colegiado, egresado de la Universidad de Piura (UDEP).

Más de 20 años de experiencia laboral en empresas del sector público y privado. Después de laborar en la transnacional SCANIA del Perú, se desempeñó como gerente de programación y gerente de adquisiciones en ESSALUD en el periodo 1999-2001. Miembro del equipo que lanzó AGROBANCO para luego desempeñarse como gerente de administración y RRHH entre los años 2002-2003. Ingresó al FONDO MIVIVIENDA en el 2004 como jefe de canales de atención, para luego desempeñarse como gerente de administración y planeamiento entre el 2007 y 2010. Se desempeña como secretario general del IGP desde el 2010.



Labor de levantamiento topográfico.



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., Instituto de Tecnología de Massachusetts, EE.UU.
- Hernando Tavera, doctor en Ciencias Físicas, U. Complutense de Madrid, España.
- Edmundo Norabuena, Ph.D., U. de Miami, EE.UU.
- 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., Instituto 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, doctor en Oceanografía Física, U. Paul Sabatier, Francia.
- Juan Carlos Villegas, doctor en Ciencias de la Tierra, U. de Niza SophiaAntipolis, Francia.
- James Apaéstegui, doctor en Geociencias - Paleoclimatología, U. Federal de Fluminense, Brasil.
- Sergio Morera, Ph.D. U., Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Clementine Junquas, doctora en ciencias del clima de la Escuela Politécnica de Francia.
- Eva Prieto, doctora en Oceanografía de la U. de Oviedo, España.
- Juan Carlos Gómez, M.Sc., U. Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Alejandra Martínez, M.Sc., U. Ricardo Palma, Perú.
- Hugo Trigo, M.Sc., Inst. Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil.
- Isabel Bernal, M.Sc., U. Nacional Autónoma, México.
- Liliana Torres, M.Sc., U. Blas Pascal, Francia.
- Ricardo Zubieta, M.Sc., U. Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Juan Sulca, M. Sc., U. de Albany, EE.UU.
- Percy Córdor, M. Sc., U. Pontificia Católica del Perú.
- Nino Puma, M. Sc., U. de Nice Sophia-Antipolis, Francia.
- Wendy Quiroz, M. Sc., U. Joseph Fourier, Francia.

GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

ARTÍCULOS INDEXADOS

El resultado final de toda investigación se cristaliza a través de artículos publicados en revistas indexadas 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 32 artículos.

1. **Aoyama, T., Lyemori T., Nakanishi K., Nishioka M., Rosales D., Veliz O. and Safor E.V.**, Localized field-aligned currents and 4-min TEC and ground magnetic oscillations during the 2015 eruption of Chile's Calbuco volcano, *Earth, Planets and Space*, doi: 10.1186/s40623-016-0523-0.
2. **Baella, N. O., Pereira C. B., Miranda L. F. and AlvarezCandal A.**, Searching for New Yellow Symbiotic Stars: Positive Identification of StHa 63, *The Astronomical Journal*, doi: 10.3847/0004-6256/151/4/100.
3. **Bustamante M.G., Cruz F.W., Vuille M., Apaéstegui J., Strikis N., Panizo G., Novello F.V., Deininger M., Sifeddine A., Cheng H., Moquet J.S., Guyot J.L., Santos R.V., Segura H. and Edwards R.L.**, Holocene changes in monsoon precipitation in the Andes of NE Peru based on $\delta^{18}\text{O}$ speleothem records, *Quaternary Science Reviews*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.023>
4. **Diaz, M., Zagal J., Falcon C., Stepanova M., Valdivia J., Martinez-Ledesma M., Diaz-Peña J., Jaramillo F., Romanova N., Pacheco E., Milla M., Orchard M., Silva J. and Mena F.**, "New opportunities offered by cubesats for space research in Latin America: The SUCHAL project case", *Advances in Space Research*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2016.06.012>.
5. **Eakin C.M., Long M.D., Scire A., Beck S.L., Wagner L.S., Zandt G. and Tavera H.**, Internal deformation of the subducted Nazca slab inferred from seismic anisotropy, *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/ngeo2592.
6. **Espinoza, J.C., H. Segura, J.Ronchail, G. Drapeau, and O. Gutierrez-Cori**, Evolution of wet and dry day frequency in the western Amazon basin: Relationship with atmospheric circulation and impacts on vegetation, *Water Resources Research*, doi: 10.1002/2016WR019305.
7. **Hysell D., Milla M. and Vierinen J.**, A multi static HF beacon network for ionospheric specification in the Peruvian sector, *Radio Science*, doi: 10.1002/2016RS005951.
8. **Huaman, L., and Takahashi K.**, The vertical structure of the eastern Pacific ITCZs and associated circulation using the TRMM Precipitation Radar and in situ data, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1002/2016GL068835.
9. **Jiménez-Muñoz J.C., Mattar C., Barichivich J., SantamaríaArtigas A., Takahashi K., Malhi Y., Sobrino J. A. and Van der Schrier G.**, Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016, *Scientific Reports* 6, doi:10.1038/srep33130
10. **Khadka S., Valladares C., Pradipta R., Pacheco, E. and Cóndor P.**, On the mutual relationship of the equatorial electrojet, tec and scintillation in the peruvian sector, *Radio Science*, doi: 10.1002/2016RS005966. **Knezevic, A.S., L.S. Wagner, S.L. Beck, M.D. Long, G. Zandt and H. Tavera**, Effects of change in slab geometry on the mantle flow and slab fabric in Southern Peru, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, doi: 10.1002/2016JB013064.
11. **Kumar A., Wagner L.S., Beck S.L., Long M.D., Zandt G., Young B., Tavera H. and Minaya E.**, Seismicity and state of stress in the central and southern Peruvian flat slab, *Earth and Planetary Science Letters*, doi: 10.1016/j.epsl.2016.02.023.
12. **Long M.D., Biryol C.B., Eakin C.M., Beck S.L., Wagner L.S., Zandt G., Minaya E. and Tavera H.**, Overriding plate, mantle wedge, slab, and slab contributions to seismic anisotropy beneath the northern Central Andean Plateau, *Geochimistry, Geophysics, Geosystems*, doi: 10.1002/2016GC006316.
13. **Moquet J.S., Cruz F.W., Novello V.F., Strikis N.M., Deininger M., Karmann I., Santos R.V., Milla C., Apaestegui J., Guyot J.-L., Sifeddine A., Vuille M., Cheng H., Edwards R.L. and Santini W.**, Calibration of speleothem $\delta^{18}\text{O}$ records against hydroclimate instrumental records in Central Brazil, *Global and Planetary Change*, doi: 10.1016/j.gloplacha.2016.02.001.
14. **Mourre L., Condom T., Junquas C., Lebel T., Sicart J. E., Figueroa R. and Cochachin A.**, Spatio-temporal assessment of WRF, TRMM and in situ precipitation data in a tropical mountain environment (Cordillera Blanca, Peru), *Hydrology and Earth System Sciences*, doi: 10.5194/hessd-12-6635-2015.

15. Marengo, JA, **Espinoza J.C.**, Ronchail J. and Alves L. M., [Regional Climates] Tropical South America east of the Andes [in "State of the Climate in 2015"], *Bull. Amer. Meteor.*, 97 (8).
16. Parada, C., Frusher S., Bustamante R.H., Di Lorenzo E., Bernal P., Cryer M., Dunn A., Garreaud R., Gutierrez M., Jennings S., Montecinos A., Neira S., Quiñones R.A., **Takahashi K.**, Tascheri R., Yannicelli B., *South Pacific Integrated Ecosystem Studies meeting: Toward conservation and sustainable use of marine resources in the South Pacific*, *Fisheries Oceanography*, doi: 10.1111/fog.12148.
17. Pucci, S. Civico R., Villani F., Ricci T., Delcher E., Finizola A., Sapia V., De Martini P.M., Pantosti D., Barde-Cabusson S., Brothelande É., Gusset R., Mezon C., Orefice S., Peltier A., Poret M., **Torres L.** and Suski B., *Deep electrical resistivity tomography along the tectonically active Middle Aterno Valley (2009 L'Aquila earthquake area, central Italy)*, *Geophysical Journal International*, doi: 10.1093/gji/ggw308.
18. Remy, D., Perfettini H., Cotte N., Avouac J.P., Chlieh M., Bondoux F., Sladen A., **Tavera H.**, Socquet A., *Postseismic relocking of the subduction megathrust following the 2007 Pisco, Peru, earthquake*, *Journal of Geophysical Research B: Solid Earth*, doi: 10.1002/2015JB012417.
19. Ronchail, J., Schor T., **Espinoza J.C.**, Sabot M., Pinheiro H., Gomez P., Drapeau G., Michot V., Filizola N., Guyot J.L., Sultan B. and Martinez J.M., *Hydrologie et production agricole dans le nord-ouest del' Amazonie*, *Bulletin de l'Association des Géographes Français*.
20. Scipión, D., Lawrence D., **Woodman R.**, Lume D., Milla M. and Balsley B., *Simultaneous observations of structure function of refractive index using a high resolution radar and the DataHawk small airborne measurement system*, *Annales Geophysicae*, doi:10.5194/angeo-34-767-2016.
21. Scire, A., Zandt G., Beck S., Long M., Wagner, L., Minaya E. and **Tavera H.**, *Imaging the transition from flat to normal subduction: Variations in the structure of the Nazca slab and upper mantle under southern Peru and northwestern Bolivia*, *Geophysical Journal International*, doi: 10.1093/gji/ggv452.
22. Smith J. M., Rodrigues F. S., Fejer B. G. and **Milla M. A.**, *Coherent and incoherent scatter radar study of the climatology and day-to-day variability of mean F-region vertical drifts and equatorial spread F*, *Journal of Geophysical Research – Space Physics*, doi: 10.1002/2015JA021934
23. **Segura, H.**, **Espinoza JC**, Junquas C., **Takahashi K.**, *Evidencing decadal and interdecadal hydroclimatic variability over the Central Andes*, *Environmental Research Letters*, doi:10.1088/1748-9326/11/9/094016.
24. **Sulca J.**, Vuille M., **Silva Y.** and **Takahashi K.**, *Teleconnections between the Peruvian Central Andes and northeast Brazil during extreme rainfall events in austral summer*, *Journal of Hydrometeorology*, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JHM-D-15-0034.1>
25. Tacza, J.C., Raulin J.-P., Macotela E.L., **Norabuena E.O.**, Fernandez G., *Atmospheric electric field variations and lower ionosphere disturbance during the total solar eclipse of 2010 July 11*, *Advances in Space Research*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2016.01.021>.
26. Takahashi K. and Dewitte B., *Strong and moderate nonlinear El Niño regimes*, *Climate Dynamics*, doi: 10.1007/s00382-015-2665-3.
27. Vergara, O., Dewitte B., **Montes I.**, Garçon V., Ramos M., Paulmier A., and Pizarro O., *Seasonal Variability of the Oxygen Minimum Zone off Peru in a high-resolution regional coupled*, *Biogeosciences*, doi: 10.5194/bg-13-4389-2016.
28. **Villegas-Lanza, J.C.**, Nocquet J.-M., Rolandone F., Vallee M., **Tavera H.**, Bondoux F., Tran T., Martin X. and Chlieh M., *A mixed seismic-aseismic stress release episode in the Andean subduction zone*, *Nature Geoscience*, doi: 10.1038/ngeo2620.
29. **Villegas-Lanza, J.C.**, Chlieh M., Cavalié O., **Tavera H.**, Baby P., Chire.Chira J. and Nocquet J.-M., *Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust, rigid motion of the Peruvian Sliver and Subandean shortening accommodation*, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, doi:10.1002/jgrb.51302.
30. Zerathe, S., Lacroix P., Jongmans D. Marino J., Taipe E., Wathelet M., Pari W., Smoll L.F., **Norabuena E.**, Guillier B., Tatard L., *Morphology, structure and kinematics of a rainfall controlled slow-moving Andean landslide, Peru*, *Earth Surface Processes and Landforms*, doi: 10.1002/esp.3913.
31. **Zubieta R.**, **Saavedra M.**, **Silva Y.** and **Giráldez L.**, *Spatial analysis and temporal trends of daily precipitation concentration in the Mantaro River basin: central Andes of Peru*, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, doi:10.1007/s00477-016-1235-5.

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 (**187**) realizadas durante el 2016, pone en evidencia el esfuerzo 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.

A nivel nacional se participó en las ediciones de verano e invierno del “Encuentro Científico Internacional (ECI)”, el “Encuentro Peruano de Astronomía y Astrofísica”, el “XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica”, el “Congreso Peruano de Geología”, el “XXIII Congreso internacional INTERCON” e “InterClima”, entre otros eventos.

Mientras que, en el ámbito internacional, la institución contó con representación en el taller “Lavás IV” en México, “CORDEX 2016” en Suecia, la II Asamblea Regional del “*International Association of Seismology and Physics of the Earth’s Interior* (IAPSPEI)” en Costa Rica, el “*Multistatic Meteor Radar* (MMR)” en Alemania, el “*Climate and Ocean: Variability, Predictability and Change* (CLIVAR)” en China y el denominado “Día de la Ciencia del GCOS” en Ecuador, para citar algunos.

De esta forma, el IGP - a través de sus subdirecciones y/o sedes desconcentradas, dio a conocer tanto a nivel local como en el exterior los resultados de sus principales investigaciones, poniendo de manifiesto un año más que está a la vanguardia en cuanto a desarrollo científico y tecnológico nacional se refiere, así como su posición de referente importante a nivel global.

	Nacionales	Internacionales	Total
Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida	17	1	18
Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera	114	9	123
Radio Observatorio de Jicamarca	7	3	10
Observatorio Vulcanológico del Sur	24	2	26
Observatorio de Huancayo	10	0	0

Ciencias de la **Tierra Sólida**





Labor de recolección de data sísmica por parte de personal del IGP.

El Perú forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico; por tanto, se encuentra ubicado en una región de alto potencial sísmico, puesto de manifiesto con la ocurrencia de un gran número de sismos de variada magnitud a niveles de profundidad de hasta 700 km. Históricamente, muchos de estos sismos han producido destrucción y muerte, ocasionando pérdidas económicas que han sido difíciles de recuperar en el tiempo.

En el Perú se han identificado tres fuentes sismogénicas que generan sismos, el proceso de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana, y la deformación cortical en el interior del continente con la presencia de fallas geológicas que producen sismos hasta profundidades de 30 km; además, la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente que dan origen sismos hasta profundidades de 700 km. Las dos primeras fuentes son las que generan sismos que afectan directamente a la población.

Por tal motivo, se ha hecho necesario realizar estudios a fin de comprender el comportamiento en el tiempo de estas fuentes sismogénicas, llegándose a configurar la geometría de las fallas geológicas, así como la identificación de asperezas en el borde occidental del Perú; es decir, zonas de acumulación de esfuerzos que darían origen a los próximos grandes sismos en el Perú. Estas investigaciones han sido complementadas con los estudios realizados usando datos de GPS y en la actualidad se tiene una visión clara del comportamiento dinámico de las placas en esta región.

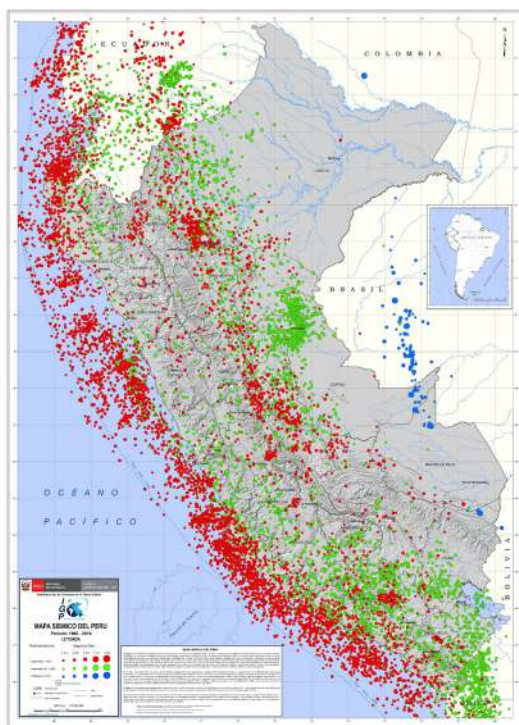
Asimismo, considerando que los daños en las ciudades están directamente relacionados a la respuesta del suelo

al requerimiento sísmico, se han realizado investigaciones orientadas a zonificar los suelos de muchas ciudades ubicadas en zonas de alto riesgo por sismo, esto usando información y técnicas geofísicas, así como geodinámicas y geotécnicas.

Estos campos de investigación son parte de la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida (Sismología, Geodesia Espacial, Ingeniería Sísmica y Geodinámica Superficial), el cual se dedica a la investigación fundamental para el conocimiento de los fenómenos que se producen en el interior y superficie terrestre.

Finalmente, como parte de este grupo de investigación, está el Servicio Sismológico (SS), área encargada del monitoreo sísmico a nivel nacional. La información que utiliza, proviene de una red sísmica que está compuesta por más de 40 estaciones sísmicas con transmisión por satélite y cerca de 200 acelerómetros con transmisión por internet; además de 45 puntos de monitoreo con GPS. El SS proporciona información sobre los parámetros sísmicos al Instituto Nacional De Defensa Civil (INDECI) y la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), además de la población usando de manera adicional las redes sociales y aplicativos de celulares.

UNIDAD DE SISMOLOGÍA



Mapa sísmico del Perú 2016, un instrumento que ayuda a comprender que vivimos en un país sísmico.



El Servicio Sismológico permite reportar en menor tiempo la ocurrencia de sismos en todo el país.

El Perú tiene en sus recuerdos, las más dramáticas ocurrencias de grandes terremotos que ha sacudido tanto en su costa como en la sierra y parte de la selva, ocasionando lamentables pérdidas humanas y grandes daños materiales. Esto se debe a que el Perú es un país altamente sísmico por estar ubicado en el llamado Cinturón de Fuego del Océano Pacífico. Por tal motivo, los peruanos estamos expuestos a ser afectados por la ocurrencia de grandes sismos.

Nuestras generaciones pasadas aún recuerdan los eventos sísmicos vividos hace años atrás; ante lo dicho, en base a las investigaciones desarrolladas, se espera que en la costa sur ocurra un gran terremoto, y otro en la zona centro, específicamente frente a la capital, con magnitudes que superarían los 8Mw.

Por tanto, la información que se obtiene de los registros sismológicos

es de vital importancia para la Gestión de Riesgo de Desastre.

El grupo de sismología se encarga de la elaboración de mapas sísmicos, informes técnicos de proyectos e investigaciones sobre la problemática sísmica en el país. Esta información es de acceso directo para la Secretaría General de la Presidencia del Consejo de Ministros, el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - Cenepred. Los resultados son de información primaria para las tareas de gestión del riesgo en el país.

De esta forma, gracias a la sismología, hoy en día estamos mejor informados a fin de prepararnos para afrontar estos movimientos telúricos, los cuales son además debidamente monitoreados de manera ininterrumpida a través del Servicio Sismológico.

Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (Censis)

A inicio del año, el IGP ha informado sobre el mejoramiento de la Red Sísmica Nacional con la implementación de las estaciones acelerométricas, cuya finalidad es conocer los niveles de sacudimiento del suelo, en términos de aceleración; es decir, a mayor aceleración del suelo, se generaría mayor daño en las construcciones. En general con la información obtenida de la Red Sísmica Nacional, los especialistas del Servicio Sismológico (SS), procesan la información, con el fin de informar en el menor tiempo posible la ocurrencia de sismos al Instituto Nacional de Defensa Civil, para mitigar los daños; así como también

con la Dirección de Hidrología de la Marina de Guerra del Perú, para las posibles alarmas sobre la ocurrencia de Tsunamis; además, los ciudadanos tienen acceso de informarse de los acontecimientos sísmicos a través de las redes sociales y aplicativos de celulares.

Los especialistas del SS trabajan conjuntamente con el personal de la Subdirección de Redes Geofísicas (RG) y la Oficina de Tecnología de la Información y Datos Geofísicos (OTIDG), áreas fundamentales para la operación del Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (Censis) en su misión del servicio a la sociedad.

Lo que desarrollamos en el 2016

Monitoreo sísmico de fallas activas

En general la deformación en continente se manifiesta con la formación geológica; es decir, un fracturamiento en la corteza producido por fuerzas de compresión o extensión con la consecuente ocurrencia de sismos.

La falla de Huaytapallana

En 1969 más de cien pobladores de la provincia de Huancayo, departamento de Junín, fallecieron tras la ocurrencia de dos sismos con magnitudes del orden de 6.0 Ms que afectaron a viviendas rurales de la zona. Estos sucesos tienen su origen en la reactivación de la falla Huaytapallana y para conocer su actual geodinámica desde inicios del año 2016 se ha instalado siete estaciones sísmicas para el monitoreo y registro de la actividad microsísmica netamente local.

El proyecto “Monitoreo sísmico y análisis de la deformación cortical de la falla Huaytapallana” tiene como objetivo conocer los procesos de deformación que soporta la corteza en la región Junín, puestos en evidencia con la presencia de la falla del Huaytapallana. Se espera conocer en detalle la geometría de la falla, así como la orientación de los esfuerzos locales causantes de la deformación.

Las fallas del Alto Mayo

El 29 mayo de 1990, en la ciudad de Moyobamba, se registró un sismo de 6.0 Mw., que dejó como saldo 70 muertos, más de 800 heridos y más de 600 viviendas de adobe y tapial dañadas. Al año siguiente, el 5 de abril de 1991, nuevamente ocurrió otro sismo cuya magnitud fue de 6.5 Mw., afectando las zonas de los departamentos de San Martín, Loreto y Amazonas.

Desde mediados del año 2015 se mantenía operativa en la región San Martín una red sísmica compuesta por 10 estaciones sísmicas que registra la actividad relacionada al sistema de fallas Rioja – Moyobamba. El objetivo de la red fue recolectar información sísmica que permita conocer la geometría del sistema de fallas Rioja – Moyobamba, información que actualmente sigue siendo analizada.



La ciudad de Moyobamba fue afectada por dos sismos importantes en los años 1990 y 1991.



La iglesia del distrito de Ichupampa quedó destruida tras el sismo del 14 de agosto.

Sistema de fallas del Cañón del Colca

El 14 de agosto de 2016, cinco sismos sacudieron la provincia de Caylloma - Arequipa, alarmando a los pobladores de dicha región. El sismo de mayor magnitud 5.2 (Mw), afectó a las localidades de Chivay, Ichupampa, Achoma, Yanque, Maca, Madrigal y Coporaque; y tras la ocurrencia del evento telúrico, el gobierno decretó estado de emergencia en las zonas afectadas por el sismo.

En marzo del año 2016, en el Cañón

del Colca, se instalaron 8 estaciones sísmicas a fin de registrar actividad sísmica, asociadas a los sistemas de fallas geológicas de Huambo, Cabanconde, Pinchollo y otras.

Estas actividades se realizan en coordinación con la Subdirección de Redes Geofísicas y tiene por objetivo el monitoreo y estudio sísmico y geodésico de los más importantes sistemas de fallas activas presentes en el Perú.

Peligro de Tsunami

Otras de las investigaciones que se realizan son los estudios de Tsunami a fin de conocer el peligro que se generarían en nuestra zona costera. Estos estudios se realizan usando modelos matemáticos, para estimar, las alturas y tiempos de arribo de las olas, así como las distancias y niveles de inundación.

A la fecha se ha generado mapas temáticos para las localidades de Chimbote, Nuevo Chimbote, Huarmey, Barranca, Huacho, Yauca, Chala, Punta de Bombón, Camaná, Asia, Cerro Azul y Chancay.

Asimismo, a raíz del terremoto de Pisco de 2007, nuestros especialistas empezaron a reconstruir el tsunami implementando modelos de fuente sísmica homogénea y heterogénea, además de bases de datos topográficos y batimétricos de resolución para lograr detalles próximos a los escenarios presentados en las Bahía de Paracas y Lagunillas. Esta información permitió comprender mejor la complejidad de los procesos de ruptura y el desarrollo de tsunamis en áreas con topografía compleja como los de la costa del departamento de Ica.

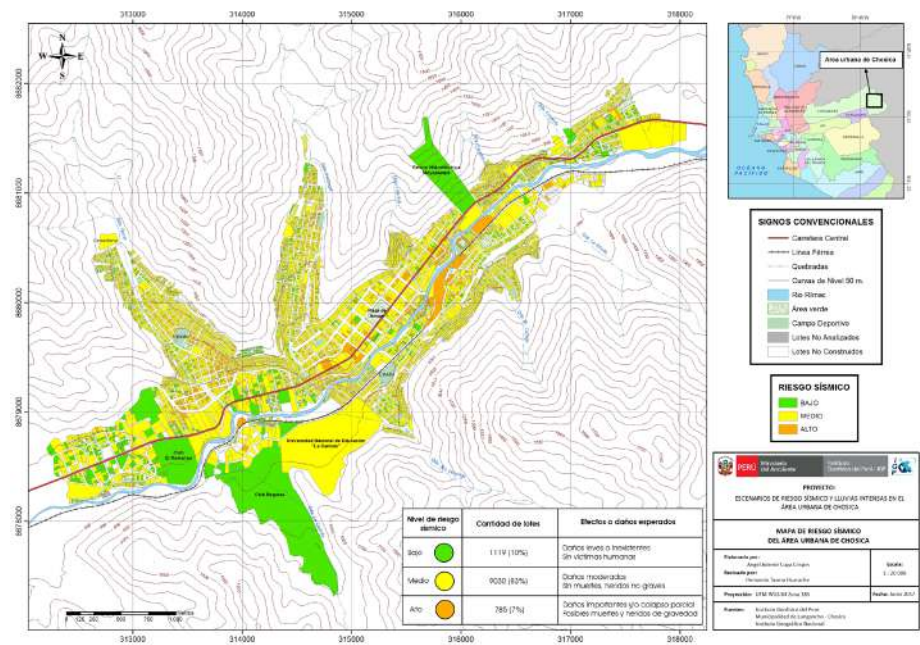
Escenarios de riesgo sísmico y lluvias intensas en el área urbana de Chosica

A fin de evitar daños y pérdidas humanas, durante el año 2016, se evaluó la vulnerabilidad estructural por exposición, fragilidad y resiliencia en el área urbana de Chosica, a fin de determinar escenarios de riesgos ante un sismo o lluvias intensas.

Para este proyecto se ha recolectado información de campo durante 4 meses, tanto del tema estructural como de la topografía de las quebradas.

A su vez, se hizo un simulación en

caso que el distrito de Chosica fuese sacudido por un sismo en la época de verano, ya que suelen suceder lluvias intensas el cual provocan inundaciones, caídas de rocas, flujos de lodos y detritos (huaicos). Los resultados muestran un alto riesgo por la presencia de viviendas antiguas y la sobrepoblación en laderas y quebradas. Los resultados obtenidos de estos estudios fueron publicados como parte de la tesis de licenciatura de uno de nuestros jóvenes investigadores.



Mapa de riesgo sísmico en el área urbana de Chosica.

Producción científica

En el 2016 se consolidó la tesis de maestría: “Anisotropía sísmica del manto superior en el norte del Perú a partir de la inversión de ondas de corte SKS” en la universidad de Brasilia permitiendo que el Ing. Cristóbal Condori, obtuviera el grado de Magister.

Asimismo, obtuvieron sus títulos los ingenieros: Christopher Medina, “Evaluación de los Niveles de Ruido Sísmico en la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis a cargo del Instituto Geofísico del Perú”; Wilfredo Sulla, “Metodología para la identificación de sismos generadores de tsunami a distancias regionales usando la transformada de Wavelet”; Renzo Bustamante, “Determinación de la Geometría de la zona de Wadati-Benioff en la región Norte del Perú,

usando datos de una red sísmica local”; José Luis Guzmán, “Metodología para la alerta de eventos tsunamigénicos locales a partir del análisis frecuencial de señales sísmicas y aplicación al borde occidental del Perú”; Eliana Bejarano, “Evaluación geodinámica externa y análisis dinámico de los suelos en el distrito de Sachaca (Arequipa) usando métodos geofísicos”; Vilma Nina Figueroa, “Clasificación geofísica y geotécnica de suelos en la ciudad de Huacho (Lima) aplicando la Norma de Construcción Sismorresistente E-030”; Luz Arredondo, “Aplicación de la norma técnica E-030 “Diseño sismorresistente” en la clasificación de los suelos en el área urbana del distrito de Santa Rosa – Lima”, todos en la universidad Nacional San Agustín, en Arequipa.

UNIDAD DE INGENIERÍA SÍSMICA

En el Perú a partir de los años 80, muchas de las ciudades costeras han soportado procesos continuos de migración de población, llegando a ocupar zonas de alto riesgo ante la ocurrencia de peligros como sismos, tsunamis y otros efectos secundarios. A estas condiciones, se suma del desconocimiento del suelo sobre el cual construyen las viviendas, y en muchos de los casos la informalidad en sus construcciones, incrementando su vulnerabilidad.

Motivado por este alto riesgo, nuestro grupo de investigación en Ingeniería, promueve, coordina y ejecuta trabajos técnicos-científicos y multidisciplinarios en el campo de la Geofísica con la finalidad de conocer el comportamiento dinámico de los suelos ante la ocurrencia de los sismos, en zonas urbanizadas y de expansión. Con esta información,

el ingeniero proyecta y construye la estructura adecuada para cada tipo de suelo.

Actualmente se aplican métodos geofísicos de refracción (MASW, MAM), tomografía eléctrica (SEV) y de vibración ambiental, para conocer los parámetros físicos y dinámicos del suelos que, mediante la integración de sus resultados y su correlación con los aspectos geológicos, geodinámicos y geotécnicos, permiten realizar la “Zonificación sísmica-geotécnica de los suelos en diferentes localidades”. Desde el 2012 a la fecha se han intervenido 33 localidades, de los departamentos de Ancash, Lima, Ica, Arequipa, y actualmente, los especialistas se encuentran adquiriendo datos en los departamentos de Tacna y Moquegua.



Ensayo de refracción sísmica.



Toma de datos de vibración ambiental.

Lo que desarrollamos en el 2016

En el transcurso del año, se realizaron estudios del comportamiento dinámico de los suelos en las localidades ubicadas al sur de Lima como Humay-Bernales, San Clemente provincia de Pisco; Quilmaná, Nuevo Imperial, San Luis de Cañete, Coayllo, San Antonio de Padua y Chilca provincia de Cañete.

Los resultados evidenciaron que en las localidades de San Luis y Chilca, sobresalen sectores cuyos suelos son blandos y otros que presentan inestabilidad, a diferencia del predominio de suelos rígidos en San Clemente.

Representación institucional

Al encontrarse el Perú ubicado en una zona de alto riesgo sísmico, es necesario plantear medidas que permitan asegurar que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sismorresistentes, minimizando los daños en las estructuras. En la actualidad, el Estado cuenta con la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada según Decreto Supremo N° 003-2016- Vivienda. Esta norma es elaborada por un comité especializado que establecen procedimientos técnicos con carácter obligatorio

para la construcción de estructuras sismorresistentes.

Este comité es integrado por especialistas del Colegio de Ingenieros del Perú (CIP); el Centro Peruano Japonés de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID); el Instituto Geofísico del Perú (IGP); la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI); la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP); la Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV); y la Universidad Ricardo Palma (URP). La Mg. Isabel Bernal, es parte de este comité técnico.

Proyectos especiales

Uno de los proyectos especiales realizados por la Unidad de Ingeniería Sísmica fue la “Evaluación geológica – geodinámica, geotécnica y geofísica del centro poblado de Chango, provincia Daniel Alcides

Carrión - Región Pasco”, el mismo que tuvo como finalidad conocer el comportamiento dinámico de los suelos debido a que están saturados de agua y representan un alto riesgo para la población.

UNIDAD DE GEODINÁMICA SUPERFICIAL

Años pasados, la furia de la naturaleza varias veces ha sorprendido al peruano con los movimientos de masa, flujos de detritos, avalanchas de escombros, entre otros, llegando a afectar la seguridad física de varias localidades y ciudades ubicadas en zonas andinas y subandinas del Perú.

Por ello, el grupo de Geodinámica Superficial, se dedica a la

investigación sobre los fenómenos geológicos, geomorfológico y geodinámicos que ocurren a nivel nacional, los resultados que se obtienen permiten dar recomendaciones del caso a las autoridades para que ejecuten las medidas respectivas en la gestión del riesgo y así, minimizar los daños que provocan estos peligros.



Posteos en el sector Las Salinas.

Lo que desarrollamos en el 2016

En el transcurso del año 2016, se logró evaluar la geodinámica, geotecnia y la vulnerabilidad física en nueve localidades, Nuevo Imperial, Imperial, Humay, San Clemente, Quilmaná, San Luis, Coayllo, San Antonio y Chilca, como parte del Programa Presupuestal N°068 (PPR). Este trabajo se realiza conjuntamente con el grupo de investigación en Ingeniería Sísmica.

En el proyecto, el grupo de Geodinámica, contribuyen con la caracterización geodinámica de las localidades estudiadas aplicando. Asimismo, realizaron trabajos de cartografiado de los depósitos de avalanchas de escombros observados.

Esta dinámica genera escenarios susceptibles a flujos de escombros que ocurren actualmente en la zona.



Levantamiento topográfico en borde litoral de San Luis.

UNIDAD DE GEODESIA

Producción científica

En el 2016 se consolidó la tesis: “Caracterización Geodinámica y Modelamiento del Deslizamiento-Flujo Yanacolpa en el distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, región Ancash”, la cual fue presentada, sustentada y aprobada en la Universidad Nacional

de Piura (UNP). Esto permitió obtener el grado de Ing. Geólogo a Cristhian Chiroque. El objetivo de la tesis es estudiar la complejidad geológica, geomorfológica y meteorológica del sector de Yanacolpa, ubicado en el distrito de Parobamba provincia de Ancash.

El grupo de investigación en geodesia se dedica al estudio del ciclo sísmico y de los procesos que dan origen a la deformación de la corteza terrestre, utilizando para ello técnicas de Geodesia Espacial, como el GPS o GNSS.

Para efectuar dichos estudios, la UGE realiza la monumentación, observación y medición de puntos de monitoreo geodésico (permanentes y temporales), con el fin de obtener datos que permitan, a lo largo del tiempo, calcular posiciones, analizar tendencias y cuantificar los desplazamientos superficiales de las placas tectónicas.

Este trabajo permite identificar las áreas que presentan mayor o menor deformación superficial, lo cual está directamente relacionado al alta o baja acumulación de esfuerzos en la zona de contacto de placas.

De este modo, al identificar y cuantificar los desplazamientos superficiales GPS, se elaboran modelos de acoplamiento sísmico que permiten mapear las zonas con mayor o menor potencial sísmico, propensas a generar terremotos de gran magnitud. En el transcurso del año, se culminó el estudio de investigación “Acoplamiento Sísmico Heterogéneo en la Zona



Instalación de equipos geodésicos en la localidad de Huamanripa, distrito de Junín.



Instalación de equipos geodésicos en la Cordillera Occidental del Norte de Lima (1496 msnm).

Lo que desarrollamos en el 2016

La Subducción y cuantificación de las tasas de deformación cortical en el Perú”. El estudio fue materia de una publicación (Villegas – Lanza, et al., 2016) y trató sobre el estudio de los procesos de deformación de la corteza terrestre y la determinación de las zonas de mayor acoplamiento sísmico, que son las áreas donde se está acumulando energía sísmica para generar los próximos terremotos en el margen occidental del Perú.

Se procesaron y analizaron datos de más de 100 estaciones GPS distribuidas a lo largo de la costa peruana los cuales permitieron estimar las velocidades de deformación y desplazamientos superficiales de la corteza terrestre.

Los resultados muestran distintos patrones de deformación que son resultado de dos factores principalmente: (a) deformación tectónica de largo plazo, y (b) acoplamiento heterogéneo de las placas en la interfaz de subducción. El estudio identifica 3 áreas a lo largo del margen peruano que presentan un alto acoplamiento sísmico y que generarán terremotos de gran magnitud los próximos años.

Villegas – Lanza et al., (2016), ha revelado que el acoplamiento sísmico en el norte del país es débil a moderado y que la convergencia de placas se realiza de manera “asísmica”, es decir sin acumular muchos esfuerzos.

Proyectos de investigación en curso

Comenzamos el 2016 con un nuevo proyecto de investigación que busca mejorar el conocimiento y comprender mejor los procesos de deformación de la corteza terrestre en el borde occidental de las regiones norte y centro de Perú, lugares que evidencian comportamientos y patrones de deformación y generación de grandes sismos muy distintos.

Para esto, gracias al concurso de Investigación Básica y Aplicada del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) y Cienciactiva, se obtuvo financiamiento para desarrollar el proyecto “Estudio de la deformación de la corteza terrestre y el ciclo sísmico en las regiones norte y centro del Perú”, cuyo objetivo consiste en realizar la densificación y medición de nuevos puntos geodésicos en las regiones de estudio con el

propósito de estudiar y caracterizar mejor la deformación de la corteza terrestre y mejorar la estimación del acoplamiento intersísmico.

Durante este primer año del proyecto se han completado los dos primeros hitos del proyecto, logrando monumental, instalar y medir por primera vez 61 puntos geodésicos distribuidos en las regiones norte (19) y centro (42) del país. Dado que este proyecto tiene una duración de 3 años se planea efectuar nuevas mediciones en los próximos dos años, esto permitirá obtener nuevas coordenadas para calcular los desplazamientos y velocidades de deformación cortical.

Otra actividad en la que estamos trabajando consiste en la “Digitalización y actualización de la Carta Gravimétrica Nacional”, para lo cual se viene implementado en un sistema de información geoespacial

una base de datos digital de todos los puntos gravimétricos medidos por el IGP desde el año 1954.

Este trabajo consiste en la digitalización a partir de registros físicos de la mayor información posible (fecha, ubicación, elevación, tipo de medición, descripción, etc.) de cada punto gravimétrico. Al cierre del presente año se ha

implementado información digital correspondiente a 2771 puntos gravimétricos ubicados en la región central del país. Se planea finalizar este trabajo el siguiente año y utilizar la base de datos para efectuar su reprocesamiento, así como otros estudios de investigación que incluyan nuevas mediciones gravimétricas.

Trabajando en conjunto

En colaboración con investigadores de la Unidad de Hidrología (Dr. J. Apaestegui y J. Espinoza) y del IRD de Francia (Dr. P. Baby), se presentó una iniciativa de investigación a los Proyectos de Asistencia Técnica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, titulada: “Recolección de registros de tectónica activa, paleosismos e hidrología en la zona subandina nor-este de Perú”. Los trabajos de campo hasta ahora realizados en la zona subandina del nor-oriental del país (Yurimaguas, Tarapoto, Rioja, Nueva Cajamarca), consistieron en la instalación y toma de datos de puntos geodésicos, toma de muestras de aguas fluviales, colecta de muestras de

espeleotemas, entre otros. Para la próxima etapa del proyecto se planea efectuar el análisis y datación de las muestras recolectadas en laboratorios especializados.

Otra actividad realizada este año en colaboración con el grupo de geodinámica, consistió en el estudio integral de la dinámica del deslizamiento ubicado en Cuenca, Huancavelica, para lo cual nuestra Unidad realizó la instalación y primera medición de puntos geodésicos distribuidos en dicho sector, los cuales serán nuevamente observados en una próxima campaña a fin de caracterizar la dinámica y evolución del deslizamiento de masa.

Producción científica

En el 2016 se culminó la tesis: “Interseismic GPS velocity field in southern Peru: 4 years of GPS measurements” la cual fue desarrollada por la magister Wendy Quiroz en la Universidad Grenoble Alpes (Francia).

El objetivo de la tesis consistió en estudiar el campo de velocidad GPS y la deformación intersísmica en la región sur del Perú, una región en donde existe un silencio sísmico de

150 años aproximadamente y en donde se espera la ocurrencia de un sismo de gran magnitud. Asimismo, dicho estudio aborda el efecto co-sísmico en las series de tiempo GPS del sismo del 25 de noviembre de 2013 ocurrido en Acarí, Arequipa (Mw=7.0). Estos resultados serán actualizados con nueva información y posteriormente plasmados en una publicación científica.

Ciencias de la **Atmósfera e Hidrósfera**





Mantenimiento del Sistema Computacional de Alto Rendimiento para la Simulación de Fluidos Geofísicos del IGP.

La Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera (CAH) genera, utiliza y hace accesible el conocimiento e información científica básica y aplicada relacionados con la atmósfera e hidrósfera, contribuyendo a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la previsión de peligros. Además, forma parte de la comunidad científica internacional, cuenta con el mayor número de investigadores con nivel doctorado en el Perú en temas de su competencia y un creciente número de publicaciones científicas arbitradas internacionales.

UNIDAD DE CLIMATOLOGÍA



Expertos nacionales e internacionales se reunieron en el taller "Proyecto del Sistema Observacional del Pacífico Tropical hacia el 2020" (TPOS 2020): Necesidades y oportunidades en el Pacífico Oriental" que se realizó el 24 de octubre.

Las investigaciones en Climatología con respecto a El Niño, variabilidad climática y otros fenómenos climatológicos, son de gran relevancia para nuestro país, ya que sirven de evidencias y bases para la información permitiendo a los tomadores de decisiones aprobar estrategias para reducir la vulnerabilidad del Perú ante dichos fenómenos.

Durante el 2016 la unidad de Climatología en el marco del Programa Presupuestal por Resultados N°068 "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres" (PPR), aportó con pronósticos numéricos y conocimiento experto para el Comité Multisectorial encargado del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), además se prepararon 16 comunicados Oficiales e informes técnicos sobre pronósticos numéricos de El Niño durante todo el año.

Entre otras actividades para la difusión de información, se publicaron 12 Boletines técnicos compuestos por artículos de divulgación y avances científicos sobre El Niño. Se publicó el libro "Colección de artículos de divulgación científica 2016" que consta con la recopilación de los artículos de Divulgación elaborados en el citado año. Asimismo, se realizaron talleres de divulgación en Cajamarca, Áncash y Lima.

Además del análisis de pronósticos con modelos climáticos globales disponibles internacionalmente, como parte del monitoreo de

las condiciones oceanográficas y atmosféricas en el Pacífico ecuatorial se generaron productos que unen los datos de temperatura oceánica de los flotadores del proyecto ARGO y de las boyas del proyecto TAO. La ventaja de este producto es que permite, por un lado, tener información continua de las boyas TAO y, por otro, contar con mayor información espacial. Esta información es de suma importancia tanto para un monitoreo más preciso de las ondas Kelvin oceánicas que comúnmente tienen impacto en la costa peruana, como para realizar estudios científicos.

En cuanto a investigación científica, se publicó un artículo sobre El Niño 2015-2016 en la revista BAMS en colaboración con investigadores de la *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, EE.UU)*, el *Bureau of Meteorology (BoM, Australia)*, y el *International Research Institute for Climate and Society (IRI, EE.UU)* en el que se presentaron las diferentes perspectivas que cada país tiene sobre El Niño. También se colaboró en un artículo sobre el efecto de este evento El Niño y el cambio climático sobre las altas temperaturas de la Amazonía.

Por otro lado, se publicó un estudio en *Geophysical Research Letters* sobre la circulación climatológica asociada a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en el Pacífico Oriental, incluyendo el periodo de formación de esta frente a Perú



El Dr. Ken Takahashi participó en el taller científico "Día de la Ciencia del GCOS" en Guayaquil, Ecuador, el 3 de octubre.

entre febrero y abril en la que se tiene una configuración de una doble ZCIT, utilizando datos del radar TRMM y datos in situ. Asimismo, se sometió un artículo sobre el estudio observacional del evento El Niño de 1925, en el que dicha ZCIT jugó un rol clave. Se sometió un artículo sobre el control de la temperatura de la superficie del mar sobre las lluvias en los trópicos mediante un modelo simple no lineal, el cual se pudo usar para reducir el efecto de los errores sistemáticos en los modelos climáticos globales (GCMS) en las proyecciones de cambio climático.

Otro trabajo importante que se está desarrollando está relacionado con el rol de las ondas Kelvin y Rossby durante el evento El Niño 2015-2016. Para ello se usa información oceanográfica in situ y satelital, así como resultados numéricos de un modelo de circulación general del proyecto MERCATOR, con esta información se busca entender cómo evolucionaron las ondas Kelvin oceánicas durante este evento El Niño, el que es considerado por la comunidad científica como el tercero más intenso que se haya registrado, pero que no calentó la costa peruana tanto como se temió.

Entre las investigaciones realizadas está el estudio numérico de la evolución (longitud - profundidad) de la onda Kelvin en el pacífico ecuatorial que son simulaciones idealizadas con el modelo POM, forzado por un pulso de viento que permite observar la propagación zonal y vertical para diferentes profundidades promedio de la termoclina, así como para intensidades del viento (efectos nominales).

Se sometió un artículo sobre los patrones de teleconexión asociados a los diferentes tipos de El Niño/La Niña, las variaciones en la ZCIT y la zona de convergencia del Pacífico sur, sobre las lluvias de verano en Sudamérica y con mayor detalle en Perú. Para fortalecer los estudios de teleconexión, se avanzó en la implementación del modelo atmosférico NCAR CAM. Asimismo, se utiliza el modelo atmosférico global SPEEDY del ICTP (Italia) en una tesis sobre los efectos de la estabilidad atmosférica en la lluvia tropical. Por otro lado, se implementó el modelo océano-atmosférico global NCAR CESM 1.2 que será usado para el estudio de la predictibilidad de diferentes tipos de El Niño.

En cuanto a los estudios de Paleoclima en los Andes occidentales y el estudio de El Niño, se realizó un análisis isotópico de la lluvia en la región Piura para mejorar la estimación y entender los patrones de circulación relacionados a los eventos de lluvia en la costa norte del país que se elaboraron durante el periodo 2016.

Finalmente, la unidad de Climatología como parte de sus actividades anuales, realizó el taller "Proyecto del Sistema Observacional del Pacífico Tropical hacia el 2020" (TPOS 2020): Necesidades y oportunidades en el Pacífico Oriental", y organizó la reunión del Comité Científico del proyecto TPOS 2020, el cual tuvo lugar en el local de la Dirección de Hidrografía y Navegación de La Marina de Guerra del Perú.

UNIDAD DE OCEANOGRAFÍA



V Congreso de Ciencias del Mar CONCIMAR. De izquierda a derecha: Dra. Eva Prieto, Ing. Alan García, Lic. Berlin Segura.

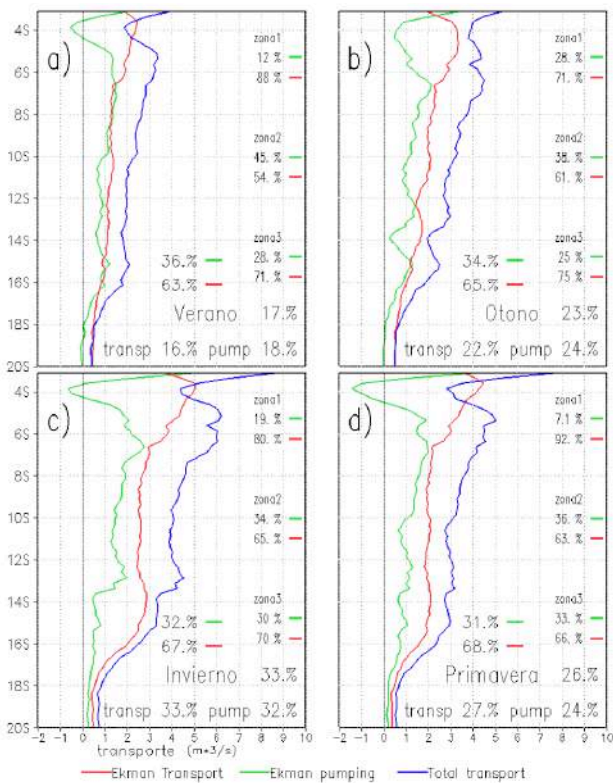
Las investigaciones en Oceanografía están dedicadas a entender el comportamiento del océano, el cual representa el reservorio más importante de agua disponible en estado líquido del planeta y ocupa el 70% de la superficie de la Tierra. Su combinación de 97% de agua y 3% de sales disueltas, partículas, material orgánico y gases sostiene una inmensurable riqueza biológica convirtiéndose en una de las principales fuentes de vida.

Actualmente, dentro de la unidad se realizan dos tareas importantes, una de ellas está asociada a la investigación científica sobre la Oceanografía del Pacífico Tropical Este y su impacto sobre el Clima, y la otra asociada a la operatividad del laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional. Las investigaciones sobre el Pacífico tropical Este y su impacto sobre el Clima involucran el estudio de procesos oceanográficos desarrollados en el mar peruano cuyo origen puede ser remoto (e.g., procesos ecuatoriales, propagación de ondas de Kelvin) o local (e.g., afloramiento, mesoescala) y procesos asociados (e.g., mezcla vertical, procesos de subducción). Estos procesos, desarrollados en diferentes escalas espacio-temporales, contribuyen con las características físicas del océano y cuyos cambios pueden influenciar el comportamiento de la atmósfera y, por ende, el clima de Perú.

Entre los logros alcanzados durante el año se tiene la culminación de la tesis titulada “Variabilidad estacional

del transporte de Ekman y bombeo de Ekman a lo largo de la costa peruana y sus principales fuentes de variabilidad local durante el periodo 2007-2015”, la cual determina la contribución relativa del transporte y el Bombeo de Ekman al transporte vertical y analiza la influencia de las principales fuentes de variabilidad estacional. Asimismo, se generó el ‘Atlas Oceanográfico de las Condiciones promedio del Pacífico Tropical Este’ a partir de la base de datos internacional del océano CARS (CSIRO Atlas Regional Seas), el cual muestra la distribución horizontal y verticales de las variaciones anuales y estacionales del Océano Pacífico Tropical Este, exhibiendo las características de la temperatura, salinidad y nutrientes desde la costa peruana hasta los 100° Oeste. Además, este trabajo es el complemento del estudio relacionado a identificar los porcentajes de masas de agua encontradas en el Pacífico Tropical que emplea datos observacionales y dos simulaciones numéricas de alta resolución.

Otro trabajo realizado por esta unidad es la “Implementación de un modelo acoplado océano-atmósfera de alta resolución para el Pacífico Tropical Este” para el periodo Enero – Junio de 2001, lo cual incluye un análisis de sensibilidad al cambiar los esquemas físicos de la capa límite planetaria. Por otro lado, se realizó el estudio de la evolución de la Onda Kelvin intraestacional (ISKw) a lo largo de la costa, utilizando la simulación interanual del año 1999



Promedio estacional del transporte de masas de agua inducida por la divergencia del esfuerzo del viento (línea roja), por el rotor (línea verde) y la suma de ambos (línea azul) para el verano (a), otoño.

al 2005 para determinar la influencia de las ondas intraestacionales a lo largo de la costa peruana.

En cuanto al segundo punto más importante de la Unidad de Oceanografía, como parte de la operatividad del Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional (LDFGC), se implementó el Sistema Computacional de Alto Rendimiento para la Simulación de Fluidos Geofísicos denominado HPC-Linux-Cluster; infraestructura de última generación obtenida gracias al Convenio de Subvención N°101-2014-FONDECYT, a los proyectos de colaboración SPIRALES 2012 IRD-IGP, Manglares IGP (IDRC) y al Programa Presupuestal 068. El HPC-Linux-Cluster se implementa con el objetivo de suplir la necesidad computacional de las investigaciones científicas del IGP y la comunidad científica peruana (e.g. universidades), se puso en marcha el 10 de marzo de 2016 y actualmente se encuentra al servicio de la comunidad científica (<http://scah.igp.gob.pe/laboratorios/dfgc>).

Una de las tareas del laboratorio durante el 2016 fue realizar el análisis del rendimiento del HPC-Linux-Cluster, haciendo uso del "benchmark" tipo aplicativo que utiliza el modelo atmosférico regional WRF (*Weather Research*

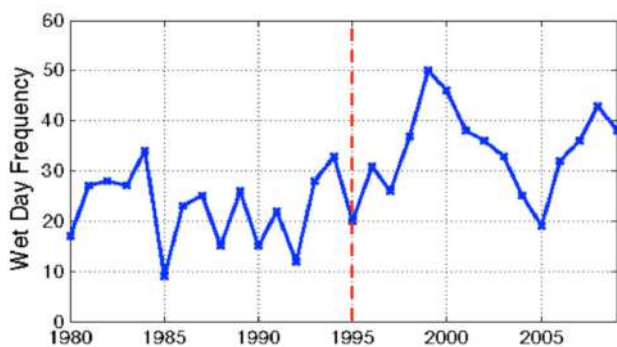
and Forecasting Model) lo cual permite medir el rendimiento del modelo atmosférico en diferentes plataformas y calcular el rendimiento (rapidez y eficiencia) del HPC-Linux-Cluster.

Parte de los resultados desarrollados en la Unidad de Oceanografía fueron plasmados como artículos de avance científico en el Boletín Técnico El Niño, y fueron presentados en diversos congresos nacionales (CONCIMAR, ECI, Simposio de Física, Simposio de Meteorología) e internacionales (SUMAR-Chile). Asimismo, los avances y resultados de la unidad contribuyeron en la discusión científica de diferentes talleres y reuniones que trataron temas cruciales sobre el océano tales como: Conferencia sobre Cambio Climático y Cooperación Internacional organizado por GCC-KOLAC 'Korea-Latin America Green Convergence Center' (Junio, Korea), Taller del Grupo de Trabajo GO2NE 'Global Ocean Oxygen Network' (Setiembre, Francia), Taller de trabajo AMOP 'Activités de recherche dédiées au Minimum d'Oxygène du Pacifique oriental' (Octubre, Francia), Taller de Avances del proyecto TPOS2020 (Octubre, Perú), Taller para la elaboración del contenido del reporte especial del IPCC sobre el Cambio Climático y los Océanos y la Criósfera (Diciembre, Mónaco).

UNIDAD DE HIDROLOGÍA Y SUELOS



Mediciones de caudales en el río Tumbes.



Evolución de la frecuencia de días húmedos superiores a 10 mm/año en la cuenca amazónica peruana. La línea roja indica un cambio estadístico en la serie temporal en 1995.

Durante el 2016 la unidad de Hidrología y Suelos aportó en la generación de nuevos conocimientos sobre la hidroclimatología amazónica. Un artículo publicado en la revista *Water Resources Research* documenta un cambio en la intensidad de las lluvias en la Amazonía peruana desde los años 1990. Por un lado se identificó un aumento de los días muy lluviosos (más de 10 mm/día) en el norte de

la Amazonía peruana, así como un aumento de los días secos en el centro y sur de la cuenca amazónica (cuencas del Ucayali y Huallaga). El trabajo documenta además que el incremento de los días secos está fuertemente relacionado con la disminución de la capacidad fotosintética del bosque en las cuencas mencionadas. Este trabajo proporciona información relevante sobre cómo el bosque amazónico



Equipo de tecnología 'doppler' para la medición de caudales en el río Tumbes.

puede cambiar en el contexto del cambio climático futuro.

Asimismo, se realizó un estudio sobre la hidroclimatología de la cuenca alta del río Madeira, que incluye la cuenca del río Madre de Dios. El trabajo publicado en la revista *Hydrological Sciences Journal* documenta la variabilidad espacio-temporal y tendencias de largo plazo de los principales tributarios del río Madeira. Por un lado se documenta una disminución significativa de los caudales durante la época de estiaje y la relación de la variabilidad hidrológica con las temperaturas de los océanos Pacífico y Atlántico.

Otro aporte relevante durante el 2016 fue la publicación de un artículo en la revista *Environmental Research Letters* que pone en evidencia un modo de variabilidad decadal común en la parte alta de la cuenca amazónica y la región de los Andes del sur del Perú. El trabajo muestra además que la variación de las lluvias en esta región está fuertemente influenciada por los vientos del este de la tropósfera alta y las temperaturas del Océano Pacífico oeste que varían a escalas de 10 a 12 años, información de suma importancia para el manejo de los recursos hídricos en la zona de estudio.

La unidad de Hidrología y Suelos contribuyó en el 2016 con la publicación en la revista *BAMS* de un artículo sobre el estado

del clima en la región tropical de América del sur durante el 2015. En esta investigación se resaltan las condiciones cálidas en la Amazonía durante el citado año y la sequía extrema en el Noreste de Brasil.

Por otro lado, desde el 2014 se está realizando el proyecto "Sistema de previsión de eventos hidrológicos extremos estacionales en la cuenca amazónica peruana" con la colaboración del IRD de Francia y la ANA, dentro del observatorio SNO-HYBAM, y con el financiamiento de INNOVATE-Perú. El proyecto consiste en plantear las bases científicas para la previsión de eventos hidrológicos extremos. Este proyecto ha desarrollado una plataforma web (<http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-peruana/>) donde se publican reportes mensuales y se monitorean las condiciones hidroclimáticas de la Amazonía. Dentro de este proyecto se han publicado en 2016 dos tesis de ingeniería y se espera la publicación de una tesis de Maestría y otra de Doctorado para el 2017.

Entre estos trabajos, la tesis doctoral del MSc. Ricardo Zubieta, ha permitido la culminación de dos trabajos que han sido enviados para su evaluación en revistas internacionales. Un primer estudio caracteriza la concentración de precipitación diaria en la cuenca del Amazonas, tanto a partir de observaciones in-situ, como datos de



*Investigación de Paleoclima.
Caverna de Uchkupisjo, Cajamarca.*

precipitación estimada por satélites. Además, el trabajo concluye que los conjuntos de datos de precipitación basada en satélites (CMORPH, PERSIANN) pueden ser útiles para analizar la concentración de lluvia lo que es importante para la evaluación del riesgo de inundación y el manejo de los recursos hídricos en la Amazonía peruana. Un segundo trabajo ha permitido evaluar la utilidad de los datos de precipitación de la nueva constelación de satélite GPM en aplicaciones hidrológicas. Este estudio utiliza estos datos como entrada de un modelo hidrológico distribuido para la cuenca amazónica de Perú y Ecuador.

Finalmente, el Dr. Jhan Carlo Espinoza, responsable de esta unidad, fue designado como miembro de la comisión científica “Ciencias Físicas y Químicas del Ambiente Planetario (CSS1) del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) para el periodo 2016 - 2020.

La unidad de Hidrología y Suelos conduce dos proyectos de alta relevancia sobre los peligros asociados a la erosión del suelo y el transporte de sedimentos. Por un lado el proyecto “Monitoreo y caracterización del transporte de sedimentos en suspensión y de fondo durante eventos extremos El Niño en las cuencas binacionales Puyango-Tumbes”, dicho proyecto se orienta a: (i) reducir la incertidumbre durante la estimación de los caudales líquidos y el transporte de sedimentos

mediante el uso de equipos de principio acústico ‘doopler’ y radar, así como (ii) identificar las principales fuentes de sedimentos mediante el uso de trazadores geoquímicos en la cuenca binacional Puyango-Tumbes. A la fecha se viene concluyendo el monitoreo de las grandes avenidas (ene-abril 2017), también se ha realizado el análisis geoquímico de muestras de sedimentos en suspensión. Durante el 2017 se completará una base de datos de caudales sólidos totales altamente confiable, para finalmente documentar los principales resultados del presente proyecto.

El proyecto titulado “Influencia de los páramos en la erosión y conservación de suelos andinos, e identificación de su rol en la regulación del recurso hídrico en grandes ciudades altoandinas”, se orienta a: (i) identificar el rol de los páramos andinos en la regulación del recurso hídrico y (ii) establecer la influencia del páramo en la conservación y erosión de los suelos andinos. En este proyecto se espera caracterizar y cuantificar la interacción agua-suelo-planta en dicho ecosistema, lo cual permitirá mitigar el impacto de eventos extremos como inundaciones y sequías, así como cuantificar el almacenamiento de los suelos en los ecosistemas páramos. Esta información es relevante para la gestión de recursos hídricos en dicha región. Dichos proyectos son coordinados por el Dr. Sergio Morera.

Mayor información en <http://scah.igp.gob.pe/proyectos/influencia-ecosistemas-andinos>.

Dentro de esta unidad, se desarrollan también estudios sobre Paleoclimatología, que en 2016 contribuyeron a la publicación de un artículo científico, en donde se compara cuantitativamente la señal isotópica en espeleotemas de rápido crecimiento en la región de Goias (Brasil) con parámetros climáticos como temperatura, precipitación, entre otros. El trabajo describe mecanismos de precipitación de carbonato y presenta evidencia de cómo se puede ajustar la calibración que obtenemos en espeleotemas de alto crecimiento que pueden detectar hasta variaciones estacionales (~6 meses) en las precipitaciones.

Por otro lado, se contribuyó en la publicación de un artículo científico que analiza la evolución de las lluvias en los últimos 10 mil años en la región noreste de los Andes

peruanos a través del estudio de espeleotemas de la cueva de Shatuca (región Amazonas). El registro presenta evidencia de cambios en los regímenes de precipitaciones y presenta evidencia de incrementos sustanciales en las lluvias del dominio del Monzón Sudamericano relacionados a eventos de enfriamiento abrupto en el Hemisferio Norte, también llamados Eventos Bond, estos eventos ocurren de manera recurrente durante el Holoceno con una frecuencia de ≈ 1500 años. La comparación de los registros paleoclimáticos en Sudamérica a diferentes localizaciones muestra diferentes impactos, los cuales ponen en evidencia mecanismos diferenciados y nos ayuda a entender el contexto de cambios abruptos en el clima debido a forzantes naturales.

Asimismo, se realizó el evento “1º simposio internacional del CARST” en la Universidad César Vallejo



Vista del río Huallaga.

UNIDAD DE FÍSICA ATMOSFÉRICA



Inauguración del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR).

Filial Tarapoto. El evento congregó a 200 asistentes de diferentes nacionalidades, incluyendo a la comunidad de investigadores de países como Francia, Mexico, Brasil, Bolivia y Perú, quienes trabajan en diferentes áreas relacionadas con los terrenos Cársticos (biólogos, hidrólogos, paleoclimatólogos, entre otros), asimismo, el evento reunió a instituciones Nacionales (IGP,

Ingemmet, MINAM, Sernanp, IIAP) y la academia (UNALM; UNAM/Mexico, UCV). Finalmente, el evento consiguió consolidarse y establecer redes de investigación para futuros proyectos de colaboración en esta área temática y sugirió a la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza como próxima sede para el evento a realizarse en el año 2018.

La física atmosférica estudia, desde el punto de vista físico, los fenómenos que ocurren en la atmósfera relacionados al tiempo y clima; para lo cual se requieren datos y modelos atmosféricos. Por ello, el IGP ha implementado el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR) en el Observatorio de Huancayo, que cuenta con diferentes instrumentos para medir diversos parámetros atmosféricos, entre ellos: un radar perfilador de nubes y precipitación en banda K, único en el Perú; un radar perfilador de vientos de capa límite; un disdrómetro óptico para medir precipitación; una torre de flujos que permiten medir la cantidad del vapor de agua que es evaporada desde los cultivos de la zona; equipos de radiación solar e infrarroja; un fotómetro solar de la NASA; medidores de ozono, carbono negro y otros aerosoles; entre otros equipos. También se cuenta con información de la estación meteorológica de Huancayo, que opera de manera ininterrumpida desde marzo de 1921.

En 2016 se colocaron en LAMAR dos cámaras de cielo para medir

la nubosidad diurna y nocturna. La cámara de noche es útil también para las actividades de la Unidad de Astronomía, ya que durante las noches permite acompañar la evolución del cielo despejado y optimizar el planeamiento de la observación de los objetos celestes. También, se instaló un colector de lluvias, para realizar análisis isotópico para evaluar el origen de las lluvias en el valle del Mantaro. Asimismo, a finales del año, el IGP recibió como donación de la Organización Meteorológica Mundial, instrumentos para medir radiación solar, con ello el Observatorio de Huancayo formará parte del 'Baseline Surface Radiation Network (BSRN)'. De esta manera LAMAR y el Observatorio de Huancayo se convierten en un centro estratégico de generación de datos atmosféricos en los Andes tropicales.

Durante el 2016, se realizaron importantes contribuciones al conocimiento del clima en los Andes. Se publicó un artículo científico en la revista *Agricultural and forest Meteorology*, el cual documenta que las heladas en los Andes (Mantaro) están controladas

Lic. Miguel Saavedra durante la campaña de inter-comparación de equipos de radiación, actividad previa al experimento sobre mitigación de heladas radiativas.



principalmente por la radiación infrarroja atmosférica, siendo las nubes y la humedad un factor importante.

Se encuentran en proceso de publicación otros trabajos sobre la lluvia orográfica, radiación ultravioleta en el valle del Mantaro, y sobre modelado atmosférico de alta resolución en la región Andino-Amazónica.

Por otro lado, se están desarrollando otras investigaciones sobre los procesos de formación de nubes y precipitación usando los datos de los radares y el modelo WRF, así como estudios sobre la microfísica de las lluvias. Asimismo, en el 2016 cuatro tesis de grado fueron sustentadas, dos asociadas al modelado de lluvias en la cuenca del Mantaro, una sobre la cuantificación de la evapotranspiración en el Observatorio de Huancayo y otra

sobre estimación de la precipitación por radar.

Como parte de las actividades anuales, se desarrollaron diversos cursos y talleres: curso sobre el modelo WRF, taller de capacitación en uso de modelo WRF en el HPC-Linux-Cluster, taller de capacitaciones en el modelo ARPs. El taller de radares para estudios atmosféricos: nuevas tecnologías para el estudio de nubes, capacitación sobre procesamientos de datos de radares atmosféricos en la UNALM, realizados tanto en Lima como Huancayo; y el taller sobre procesamientos de datos para análisis de la variabilidad climática en el V COSISAM realizado en la Universidad Faustino Sánchez Carrión de Huacho.

Se finalizó el proyecto “Adquisición de un radar perfilador para estudios en física, microfísica y dinámica

de nubes y precipitación en zonas andinas”, proyecto que permitió la instalación del primer radar meteorológico en el Perú, financiado por Innóvate Perú. Además, se continúa con el desarrollo de los proyectos: “Estudios de los procesos físicos que controlan los flujos superficiales de energía y agua para el modelado de heladas, lluvias intensas y evapotranspiración en la sierra central del Perú” financiado por Innóvate Perú y el proyecto *“Impact og transbordaruy biomass buring pollution transport over the central Andes of Perú”* financiado por USAID.

Finalmente, en el 2016 se ganó un nuevo proyecto Magnet-IGP: “Fortalecimiento de línea de investigación en física y microfísica de la atmósfera”, que se desarrollará

entre el 2017 y 2020, el objetivo de este proyecto es generar conocimientos, competencias y herramientas sobre física y microfísica de la atmósfera para elevar las capacidades de prevención y mitigación de los impactos y eventos meteorológicos adversos en los Andes del Perú. Mediante este proyecto se traerán al IGP 5 científicos con reconocida trayectoria en la línea de investigación para trabajar en el Perú por 3 años. Las actividades se desarrollarán en las 3 sedes del IGP, Observatorio de Huancayo, Radio Observatorio de Jicamarca y la sede central de Mayorazgo. El financiamiento de este proyecto proviene de la iniciativa “Magnet: atracción de investigadores” financiado por Cienciactiva-Concytec.



Cámaras de cielo instalados junto al radar de nubes «MIRA 35C» con el objetivo de hacer seguimiento a la formación y desplazamiento de la nubosidad.

Geofísica & **Sociedad**



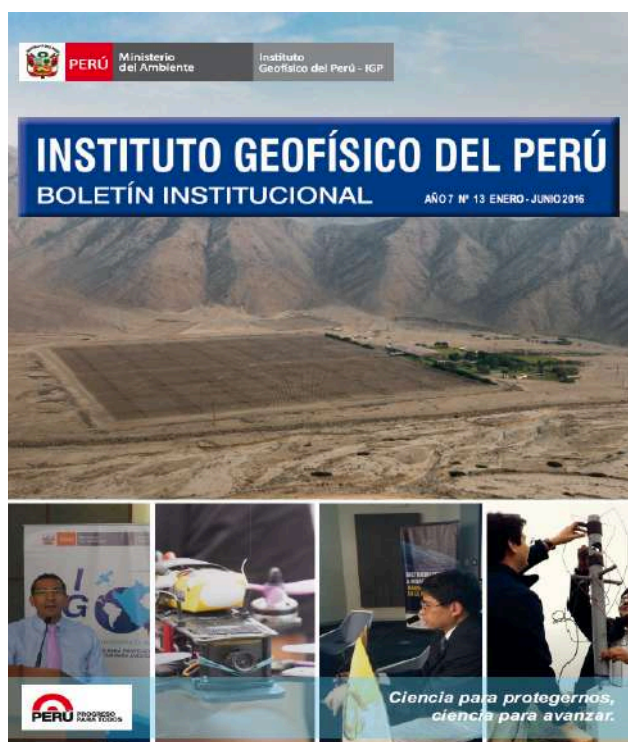


Recojo de información socioeconómica en el centro poblado de la quebrada Fernández (región Piura).

La subdirección de Geofísica & Sociedad (GSO) tiene como función principal incorporar el enfoque de dimensión humana para poner en valor los resultados de la investigación en geofísica mediante el desarrollo de estrategias para difundir y extender el conocimiento logrado y su correspondiente aplicación; promoviendo así la articulación entre la investigación geofísica y la sociedad.

Adicionalmente, tiene la labor de desarrollar capacitación de alto nivel a través de programas de practicantes, tesistas y el servicio de biblioteca entre otros puntos. Así como también el acercar la ciencia a la sociedad a través de la difusión de documentales astronómicos en el Planetario Nacional.

UNIDAD COMUNICACIONES



Los boletines institucionales semestrales son parte de los productos de la unidad de Comunicaciones.

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, se cuenta con comunicadores especializados en el Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS), el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ), la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera (CAH), la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida (CTS), la Subdirección de Redes Geofísicas (RGE) y el Planetario Nacional.

Las labores de este equipo son coordinadas por un comunicador general que ejerce funciones en la Subdirección de Geofísica y Sociedad (GSO), desde donde además cubre las actividades de la Dirección Científica y la Oficina de Tecnología de la Información y Datos Geofísicos (OTIDG), entre otros.

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 de las diferentes subdirecciones y observatorios.

Además, cada comunicador tiene labores específicas tales como preparación de material especializado, videos informativos, tutoriales, etc.

En el 2016 esta unidad cubrió eventos donde el IGP participó a nivel institucional como es el caso del Encuentro Científico Internacional (ediciones de verano e invierno), el Congreso Peruano de Geología y Perú con Ciencia, entre otros. Así como también aquellos que fueron organizados o donde participaron las subdirecciones y sedes desconcentradas, como por ejemplo los talleres desarrollados por Geofísica y Sociedad en los distritos de Chancay, Asia, Cerro Azul, Huaral, Mala y Lunahuaná sobre la ocurrencia de tsunamis, donde el comunicador además de coordinar la difusión también participó como moderador y expositor.

Asimismo, se cubrieron y difundieron las capacitaciones realizadas por el OVS en diversas localidades de la región Arequipa, así como los talleres informativos organizados por el ROJ para dar a conocer a las autoridades y público en general proyectos como el monitoreo de volcanes mediante drones y de deslizamientos a través del radar SAR, iniciativas que cuenta con el financiamiento de Cienciaactiva.

UNIDAD DIMENSIÓN HUMANA



Taller de capacitación y sensibilización sobre la ocurrencia de sismos y tsunamis.

Por otro lado, se cumplió con la labor de coordinar la presencia de los investigadores en los medios de comunicación, donde los temas más requeridos fueron la actividad sísmica del país, la presencia del fenómeno El Niño en la costa peruana y el monitoreo de los volcanes activos en el sur del país.

En materia de publicaciones se elaboró la Memoria institucional 2015, la cual muestra un balance de lo realizado por las áreas de investigación, las

La unidad tiene como función principal incorporar el enfoque de dimensión humana para poner en valor los resultados de las investigaciones en geofísica generadas por las otras subdirecciones (mediante la identificación de impactos, análisis de vulnerabilidad, entre otros). Además, dicho enfoque permite reducir las brechas de diálogo entre los generadores de información científica y los tomadores de decisiones; para que estos puedan desarrollar acciones que les permitan

Programa Presupuestal 068

Por quinto año consecutivo se realizaron talleres dirigidos a autoridades, tomadores de decisiones, profesionales de la salud, policías, docentes, bomberos y público en general sobre los resultados obtenidos por la subdirección de Ciencia de la Tierra Sólida (CTS) en estudios de ingeniería sísmica y geodinámica superficial, haciendo hincapié en el peligro por sismos y tsunamis.

Los distritos priorizados en el 2016

oficinas administrativas, soporte tecnológico y académico, así como el estado financiero de la institución y dos boletines semestrales con un resumen de las actividades desarrolladas en los correspondientes periodos. Además, con la finalidad de posicionar al IGP entre sus grupos de interés y actores claves como una entidad que brinda información científica a la sociedad para promover una gestión adecuada del ambiente geofísico, se elaboraron materiales de recordación y difusión.

diagnosticar, analizar, adaptar y mitigar los impactos identificados.

Durante el 2016 se continuó incorporando el enfoque de dimensión humana a través de la ejecución de actividades y tareas de programas presupuestales, tales como el de “Reducción de vulnerabilidad de atención de emergencias por desastres” (PP 068) y “Gestión sostenible de los recursos naturales y diversidad biológica” (PP 035).

fueron Chancay, Asia, Cerro Azul, Hualal, Mala y Lunahuaná, donde se realizaron dos talleres por cada uno (inicio y cierre).

Asimismo, con la información proporcionada por la CTS se elaboraron boletines técnicos para cada distrito. Los mismos que fueron entregados respectivamente en los talleres de cierre realizados en la segunda parte del año; además fueron enviados a diferentes instituciones, entre las que figuran

la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de

Desastres (Cenepred), la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), ministerios y otras entidades dedicadas a la gestión de riesgo de desastres.

Programa Presupuestal 035

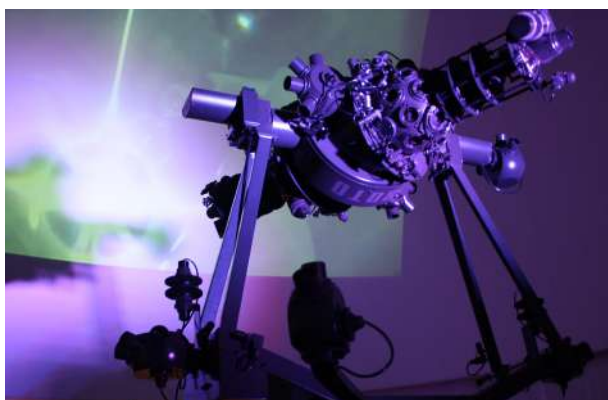
A través del PP 035 desde el 2013 se desarrollaron trabajos vinculados al monitoreo, generación de información y difusión de conocimientos sobre el estado de los recursos naturales, servicios ecosistémicos, identificación de cobertura vegetal, gestión de territorio, entre otros, en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT).

Mientras que en el 2016 se iniciaron los trabajos en el área natural protegida Coto de Caza El Angolo (CCEA), donde se buscó replicar lo realizado en el SNLMT; sin embargo,

el PP 035 atravesaba un periodo de reestructuración desde el 2015, y como resultado de dicho proceso fue cerrado para dar paso al Programa Presupuestal “Conservación y uso sostenible de los ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos” (PP 0144), el cual entrará en vigencia a partir del 2017 y con el IGP como entidad participante.

Este cambio del PP 035 al PP 0144 obligó a la unidad a concluir con las actividades, sin llegar a realizar todas las que se tenían programadas para el CCEA, debido a que las zonas de intervención fueron cambiadas.

UNIDAD PLANETARIO



Proyector Goto del Planetario Nacional del IGP.

Esta unidad está encargada de ofrecer un servicio educativo científico a través del Planetario Nacional Mutsumi Ishitsuka, donde se realizan presentaciones de temas como “Nuestro Sol”, “Constelaciones de verano”, “Equinoccios y solsticios” y “Tanabata”, entre otros, en su sala domo.

Además, en su sala 3D los visitantes realizan un viaje virtual por el Universo, acercando así la ciencia a la sociedad.

De esta forma, se recibió la visita de colegios nacionales y privados en los niveles de primaria y secundaria, de academias, institutos y universidades tanto locales y del interior del país (como fue el caso de la Universidad Nacional San Agustín (UNSA), Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Unica), Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”, personal de entidades del Estado y el público en general.

Salas Domo y 3D

En la sala Domo se recrea de la forma más natural posible un cielo lleno de estrellas con el fin de identificar las distintas constelaciones presentes en el firmamento.

Para este fin el proyector Goto simula más de 3500 estrellas distribuidas en el techo curvo de esta sala. En el 2016 se atendió más de ocho mil asistentes.

Difusión de temas astronómicos

A través de eventos organizados por el propio Planetario y la participación en otros organizados por entidades del sector ciencia, se cumplió con la labor de difundir temas astronómicos a la sociedad. De esta forma, en el primer trimestre del año se desarrolló el ciclo “Tardes de telescopio”, el cual consistió en simulaciones del cielo en la sala domo para luego pasar a observaciones reales con el telescopio Takahashi de 150 milímetros de apertura.

Por otro lado, se participó en el Día Internacional de la Astronomía, donde también estuvieron presentes entidades como la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Conida);

Show de ciencias

El M.Sc. Taishi Sujino, voluntario del JICA en el IGP, estuvo a cargo de esta actividad que se realizó de manera interna en la institución (como presentación adicional del Planetario) y a nivel externo en instituciones públicas de forma

Mientras que, mediante un sistema de proyección tridimensional, se simula un viaje virtual por los confines del Universo, durante el cual se explica las características y peculiaridades de los planetas del sistema solar, sus satélites, el Sol, estrellas y demás astros presentes en la Vía Láctea. En el 2016 se atendió más de siete mil asistentes.

Perú con ciencia, organizado por el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) y el festival Matsuri, por invitación de la Asociación Peruano Japonesa.

Asimismo, durante todo el año se realizaron 15 videos cortos explicando diversos temas, uno de ellos respondió a la interrogante ¿Por qué Plutón no es un planeta?, dos guías para observar el llamado tránsito de Mercurio y la Súper Luna, así como la difusión de diversos eventos astronómicos a través del portal web del Planetario y sus redes sociales. Para elaborar estos materiales informativos se recibió, en muchos casos, la asesoría de la unidad de Astronomía.

gratuita. El show incluyó talleres sobre cómo elaborar cohetes de agua, pilas y experimentos científicos didácticos. El Puericultorio Pérez Aranibar fue una de las entidades beneficiadas.

UNIDAD ASUNTOS ACADÉMICOS



Los tesisistas reciben una subvención y la asesoría de parte de un investigador de la institución.

Esta Unidad coordina y organiza eventos técnico-científicos como charlas, conferencias, talleres, etc. organizados por la institución. Asimismo, se encarga de editar y publicar los trabajos de investigación de los estudiantes (practicantes y tesisistas) en un compendio anual.

Otros de los servicios a cargo de

Capacitación de alto nivel

El Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) desarrolló en el 2016 una nueva edición del programa “Experiencia en investigación científica y desarrollo tecnológico para estudiantes”, el cual contó con siete practicantes de diversas universidades de las facultades de Ingeniería Electrónica, Eléctrica, Física, Matemáticas, Ciencias e Informática.

Mientras que dentro del programa de tesisistas, el IGP incorporó 14 nuevos

Servicio de biblioteca

La Biblioteca Central del IGP proporciona servicios y productos especializados de calidad que brindan el soporte necesario para las diversas tareas de investigación que se realizan en la institución. Los usuarios más frecuentes de estos servicios son: i) personal de la institución, ii) estudiantes universitarios o egresados que están desarrollando sus tesis en el IGP, iii) la comunidad educativa en todos sus niveles y iv) el público en general.

Además, tiene una de las colecciones más completas en el Perú en cuanto a ciencias de la tierra se refiere, al 2016 desde se cuenta con 8781 títulos distribuidos entre

ésta unidad es la biblioteca del IGP, que como órgano de información sirve de apoyo al desarrollo de la investigación científica y se encarga de recopilar, procesar, difundir y brindar servicios de información especializada en temas relacionados a la geofísica, ciencias de la Tierra, ciencias de la atmósfera, astronomía, electrónica, entre otros.

tesisistas, de los cuales 12 fueron financiados por recursos ordinarios y dos por donaciones y transferencias.

Asimismo, fueron sustentados (tanto de tesisistas como de trabajadores) un total de 16 tesis, tres más que del año anterior. Algunos de estos trabajos de investigación fueron incluidos en el Compendio de estudiantes de los años 2015 y 2016, publicados – respectivamente – en el primer y segundo semestre.

monografías, libros, tesis, reportes técnicos, publicaciones periódicas, artículos, congresos, recursos electrónicos y audiovisuales; 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, préstamos de libros al personal interno y externo, préstamo interbibliotecario, copias y digitalización de publicaciones, envío de artículos vía correo electrónico, preparación de alertas bibliográficas,

actualización de publicaciones (papers) y estadística de revistas indexadas. Además, gestiona los números de ISBN, ISSN y depósito legal de las publicaciones de la institución.

Dentro de lo que es el repositorio digital y catálogo en línea se cuenta con los softwares libres DSPACE y Koha (plataforma para la visualización de registro y catalogación de publicación). Por otro lado, se realizó la suscripción en las

revistas electrónicas *Seismological Research Letter* y *Tectonic* y se adquirieron 39 libros de diferentes temáticas de la institución.

Un hecho importante en el 2016 fue la donación realizada por el Ministerio del Ambiente a la Biblioteca Central del IGP y a la del Radio Observatorio de Jicamarca consistente en 150 y 200, respectivamente, publicaciones del sector ambiental.

Eventos científicos

La institución realizó un total de 18 eventos científicos, 13 por parte de Asuntos académicos, tres en coordinación con la subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera y dos con el Radio Observatorio de Jicamarca. La novedad fue que muchos de ellos fueron transmitidos

en vivo vía *livestream*, lo que permitió que sean vistos no solo de manera presencial sino también virtual en todo el mundo. Además los videos fueron grabados y están a disposición del público en el canal de youtube de la institución.

II Conferencia sobre Bibliotecas Científicas

Con el objetivo de propiciar un entorno para el debate y el intercambio de ideas sobre los desafíos y oportunidades que ofrece el movimiento “Acceso abierto” el IGP organizó la II Conferencia sobre Bibliotecas Científicas, la cual se llevó a cabo en agosto en el Complejo de Innovación Académica de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

La conferencia tuvo como título “Acceso abierto y medición del impacto de la investigación” y contó con expositores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concytec), la Universidad San Martín de Porres (USMP), la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) y la PUCP,

así como del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) de Argentina y la Universidad Rovira i Virgili de España.

Asimismo, estuvo dirigida principalmente a los investigadores y creadores de información científica interesados en el acceso abierto, a los gestores de información con responsabilidad en el depósito de obras y repositorios digitales; además de editores y directores de publicaciones científicas, estudiantes en ciencias de la información, instituciones de educación superior, centros de investigación y a toda la comunidad académica interesada.

N°	Nombres y apellidos	Asesor	Título de tesis	Grado	Universidad
1	Angela Ampuero	James Apaéstegui, Jhan Carlo Espinoza	Evaluación de los indicadores isotópicos ($\delta^{18}O$ y δD) en las precipitaciones de la cuenca del Alto Mayo para su aplicación en hidrología	Ing. Agrícola	Universidad Nacional Agraria La Molina
2	Jonathan Aparco	Yamina Silva	Variabilidad estacional del transporte de Ekman y bombeo de Ekman a lo largo de la costa peruana y sus principales fuentes de variabilidad local durante el periodo 2007-2015	Lic. Ciencias Físicas	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
3	José Azabache	Alejandra Martínez	Cadena productiva de anadara tuberculosa (sowerby 1833) extraída en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes	Ing. Pesquero	Universidad Nacional de Tumbes
4	Eliana Bejarano	Hernando Tavera	Evaluación geodinámica externa y análisis dinámico de los suelos en el distrito de Sachaca (Arequipa) usando métodos geofísicos	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
5	Marcos Bustamante	Hernando Tavera	Determinación de la Geometría de la zona de Wadati-Benioff en la región Norte del Perú, usando datos de una red sísmica local	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
6	Stephany Callañaupa	Yamina Silva, Hans Segura	Caracterización de la evapotranspiración en los cultivos alrededor del Observatorio de Huancayo usando la técnica de Eddy covariance	Ing. Geógrafo	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
7	Cristhian Chiroque	Juan Carlos Gómez	Caracterización Geodinámica y Modelamiento del Deslizamiento-Flujo Yanacolpa en el distrito de Parobamba, provincia de Pomabamba, región Ancash	Ing. Geólogo	Universidad Nacional de Piura
8	Cristobal Condori	George Sand, Hernando Tavera	Estudo da estrutura da crosta no norte do Peru usando a função do receptor	Maestría	Universidad de Brasilia
9	John Cruz Igme	Orlando Macedo	Actividad sísmica en la región del volcán Ticsani entre mayo y septiembre de 2014	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
10	Alan García	Yamina Silva	Estudio de la precipitación usando el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) en la cuenca del río Mantaro	Ing. Meteorólogo	Universidad Nacional Agraria La Molina
11	José Guzmán	Hernando Tavera	Método rápido para la alerta de eventos tsunamigenics a partir del análisis frecuencial de señales sísmicas	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
12	Izbet Idrogo	Manuel Charcape	Estructura de las especies de mangle en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes	Biólogo	Universidad Nacional de Piura
13	Cristopher Medina	Hernando Tavera	Evaluación de los niveles de ruido sísmico en la red sísmica satelital para la alerta temprana de tsunamis a cargo del Instituto Geofísico del Perú	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
14	Luis Orihuela	Ken Takahashi	Evaluación de los mecanismos de El Niño extraordinario dentro de los pronósticos retrospectivos de modelos climáticos	Ing. Meteorólogo	Universidad Nacional Agraria La Molina
15	Laura Paccini	Jhan Carlo Espinoza	Patrones de circulación intraestacionales de gran escala y su relación con lluvias en la cuenca amazónica	Ing. Meteorólogo	Universidad Nacional Agraria La Molina
16	Wendy Quiroz	Anne Scoquet	Interseismic Velocity Field in Southern Peru: 4 years of GPS measures	Maestría	Universitat Grenoble Alpes
17	Wilfredo Sulla	Hernando Tavera	Metodología para la identificación de sismos generadores de tsunamis a distancias regionales usando la transformada de Wavelet	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
18	Elver Villalobos	Yamina Silva, Steven Chávez	Validación del algoritmo de estimación de precipitación del radar de frecuencia dual (DPR) abordo del satélite GPM, usando datos de precipitación in situ sobre el valle del río Mantaro	Lic. Física	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
19	Luz Arredondo	Hernando Tavera	Aplicación de la norma técnica E-030 "Diseño sismorresistente" en la clasificación de los suelos en el área urbana del distrito de Santa Rosa – Lima	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
20	Vilma Nina	Hernando Tavera	Clasificación geofísica y geotécnica de suelos en la ciudad de Huacho (Lima) aplicando la Norma de Construcción Sismorresistente E-030	Ing. Geofísico	Universidad Nacional San Agustín
21	Alessandro Morales	Danny Scipion	Diseño e implementación de una estación de recarga autónoma para un vehículo aéreo no tripulado para el monitoreo de volcanes	Ing. Electrónica	Universidad Nacional del Callao

Relación de tesis sustentadas en el 2016.

Subdirección de **Redes Geofísicas**





La Subdirección de Redes Geofísicas (RGE) es responsable de la gestión de los sistemas de monitoreo geofísico a nivel nacional e incluye estratégicamente la innovación, desarrollo, implementación y operación del instrumental científico requerido para cumplir con la función misional de investigación científica, con énfasis en Ciencias de la Tierra e implementación de sistemas de alerta temprana. Para este fin la RGE cuenta con talento humano especializado (ingenieros y técnicos) altamente motivados e identificados con la institución y cuyo esfuerzo hace posible que los parámetros físicos registrados por los equipos geofísicos instalados en estaciones remotas de costa, sierra y selva, fluyan de manera automática al Sistema de Adquisición Sísmica en Tiempo Real (SASTR) en la sede del IGP en Camacho, Lima.

Red Geofísica Nacional (RGN)

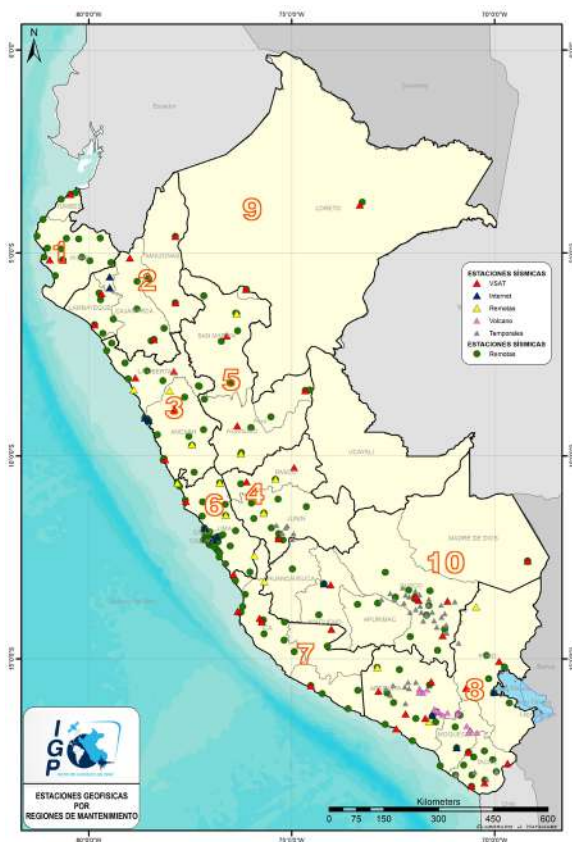
La RGN esta conformada por cuatro redes independientes;

- *Red Sísmica Nacional (RSN)*, su función es proveer información para localizar el foco sísmico y calcular su magnitud.
- *Red Acelerométrica Nacional (RAN)*, necesaria para estimar el nivel de sacudimiento del suelo producido por los sismos (Intensidad).
- *Red de Monitoreo Volcánico (RMV)*, su función es estimar el potencial eruptivo de los principales volcanes del sur del Perú (Misti, Ubinas, Ticsani y Sabancaya).
- *Red de Monitoreo de Deformación y Fallas Activas (RMD)*, registra la deformación que producen las fallas tectónicas activas para estimar el potencial del siguiente gran terremoto en la zona de monitoreo.

territorio nacional se ha zonificado en 10 regiones de mantenimiento según la figura 1.

Cabe destacar que durante el tercer trimestre del 2016 se instalaron 34 acelerómetros del proyecto SNIP 181270 “Red Acelerométrica Nacional (RAN)”, completándose así las 169 estaciones programados. Los acelerómetros instalados en los diferentes distritos de Lima y regiones del país permitirán estimar el nivel de sacudimiento de los sismos, la elaboración de mapas de isoaceleración y su información contribuirá a la mejora de la norma de construcción E30. Para el año 2017 se tiene programado enlazar hasta 50 de estas estaciones (vía internet) al Sistema de Adquisición Sísmica en Tiempo Real (SASTR) en la sede IGP-Camacho.

Por otro lado, a fines de octubre del 2016 un equipo selecto de ingenieros y técnicos de la SRG efectuó el traslado del sistema de adquisición de datos sísmicos satelital Libra II Nanometrics, de la sede IGP-Mayorazgo a la sede IGP-Camacho. Esto consistió en el desmontaje de la antena VSAT de 4.8m de diámetro del edificio de la sede central y su montaje en la sede Camacho. Asimismo se trasladaron los correspondientes receptores satelitales (Carina) y los servidores *Apolo*, *Hydra* y *Athena*. Estos últimos



Regiones de mantenimiento implementadas para mantenimiento de las estaciones geofísicas a nivel nacional.

En los últimos cinco años, gracias al Programa Presupuestal PP068 (Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres, estas redes se han ampliado y fortalecido utilizando el estado del arte en instrumentos geofísicos así como el estado del arte en sistemas de telecomunicación digital. A fin de asegurar un eficiente mantenimiento de estas redes, el

Componente	Mantenimiento Anual (Total)
Red Sísmica Nacional	375
Red Acelerométrica Nacional	494
Red Monitoreo Volcánico	36
Red Monitoreo Deformación y Fallas Activas	55

Mantenimiento de estaciones sísmicas realizadas durante el 2016.

Tipo de Datos	Enero / Marzo (Gb)	Abril / Junio (Gb)	Julio / Setiembre (Gb)	Octubre / Diciembre (Gb)	Total (Gb)
Sísmicos	180	260	301	256	2604
Aceleración	669	755	553	626	1000

Datos sísmicos recolectados y transferidos al Centro Nacional de Datos.



Mantenimiento de sistema de adquisición de datos sísmicos en tiempo real (SASTR), receptores satelitales Carina en sede Camacho.

necesarios para registrar y pre-procesar la información que el Servicio Sismológico Nacional requiere para su operación. El proceso de traslado no alteró su funcionamiento dado que durante el tiempo de movimiento de equipos se activó la recepción de señales sísmicas del sistema de *back-up* satelital ubicado en la sede de Huancayo.

Sistema de Adquisición y Monitoreo en Tiempo Real

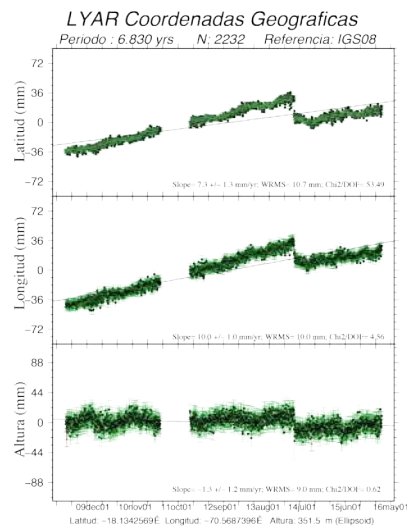
Está conformada por los servidores como Apollo, RTP, Interface, FTP, *Hydra*, *Athena* y *Morena*. La fuente de señales sísmicas proviene de las estaciones sísmicas satelitales (VSAT) y de estaciones enlazadas vía internet. Asimismo, se tiene servidores adicionales para recibir datos de otras redes locales e internacionales como la red sísmica volcánica, IRIS y estaciones de la Red Sismológica de Chile. Se reporta una optimización del sistema de monitoreo del estado de salud (SOH) de la estaciones sísmicas conectadas en tiempo real a la central de control mediante enlaces de tipo satelital e internet. El software *Morena* verifica de manera automática el funcionamiento del sistema sísmico tanto remoto (sismómetros, registradores sísmicos y transmisores de radio) como el servidor Apollo de la estación central.

Sistema de Back-up del Sistema de Adquisición de Datos Satelital VSAT

La RGE tiene instalado en el Observatorio de Huancayo un sistema de *back-up* para la recolección de datos de las estaciones sísmicas satelitales VSAT instaladas a nivel nacional. En el 2016 se habilitó el sistema eléctrico que alimenta dicho sistema, el cual incluye un generador Diésel de 20KV de potencia con una consideración de eficacia del 40% por altura. Para dar autonomía a los servidores del Sistema de Adquisición de Datos Sísmicos en Tiempo Real y comunicación a internet, se instaló de manera complementaria un UPS redundante de 6KV.



Estación de la Red Sísmica de Tambomachay., en la región Cusco.



Deformación acumulada en la zona de gap sísmico Tacna-Arica.



Labor de mantenimiento de estación sísmica.

Operación y Mantenimiento de Estaciones Sísmicas Temporales

La subdirección de Redes Geofísicas dio operatividad y mantenimiento a un total de 44 estaciones sísmicas instaladas de manera temporal alrededor de las fallas geológicas activas de Huambo–Cabanaconde (08 estaciones), Huaytapallana (06 estaciones) y complejo Cusco-Tambomachay (30 estaciones). Esta actividad se realiza en coordinación con la subdirección de Ciencias de la Tierra (CTS).

Programa Presupuestal 068

Respecto a lo que al PP068 se refiere, la Red de Monitoreo de Deformación (RMD) alcanza el número de 35 estaciones GPS de operación continua, la mayoría en el sur del Perú monitoreando el *gap* sísmico de Tacna-Arica y el resto distribuido en las principales fallas activas que existen a nivel nacional (Cordillera Blanca, Altomayo, Huaytapallana Tambomachay y Cabanaconde), las cuales son fuente de actividad sísmica que podría afectar a las poblaciones asentadas en sus alrededores.

Red Sísmica Volcánica

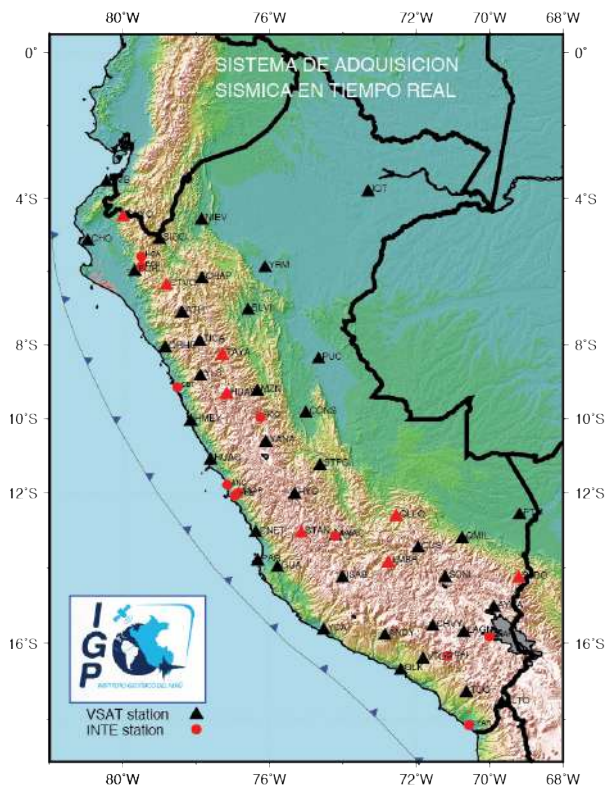
Las Red Sísmica de Volcanes consta de cuatro subredes que monitorean los volcanes Misti (seis estaciones), Ubinas (cinco estaciones), Sabancaya (tres estaciones) y Ticsani (cuatro estaciones), los cuales transmiten en tiempo real. Además de los mantenimientos preventivos se destacan los mantenimientos correctivos del sistema de protección de descarga eléctrica de la estación UBI1. Asimismo, se tuvo que desinstalar la estación de Huaytire (Ticsani) como consecuencia de actos vandálicos. No obstante, se programó su reinstalación.

Convenios y servicios a terceros

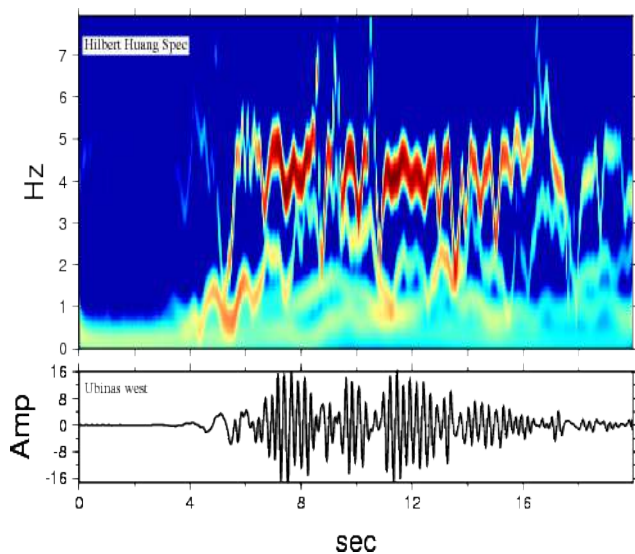
Dado el alto nivel de ingeniería que realiza el IGP, empresas estatales como ElectroPerú y privadas como la minera Milpo se han interesado en trabajar conjuntamente con la institución. En el primer caso se monitoreó y estudió la actividad sísmica en el entorno de la represa del Mantaro y la central hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo; en el segundo caso se monitoreó los niveles de aceleración en el área de operaciones de la minera para evaluar su impacto ambiental. Asimismo, se brindó servicio de consultoría a la minera La Poderosa, región La Libertad. Aquí se instalaron cinco estaciones sísmicas de banda ancha con la finalidad de detectar actividad sísmica asociada a minería ilegal en la propiedad de la minera. El análisis de la data estuvo a cargo de la subdirección de Ciencias de la Tierra Solida (CTS) y la operación de la instrumentación duró dos meses y medio.

Implementación del Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica - LNIIG

En el 2016 se logró que la Secretaria Técnica de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) aprobara y diera viabilidad al Proyecto SNIP 242750



Mapa de la Red Acelerométrica Nacional, cuya información tendrá como destino el futuro Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica - LNIG.



Mapa de la Red Acelerométrica Nacional, cuya información tendrá como destino el futuro Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica - LNIG.

“Mejoramiento del Servicio de Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica para la Generación de Información Base en Gestión de Riesgos de Desastres Causados por Sismos, Tsunamis, Fallas Activas y Geodinámica de Superficie – LNIG”, elaborado por la RGE.

Este proyecto se enmarca dentro del nuevo enfoque de la Subdirección de Redes Geofísicas orientada a una acción de desarrollo e innovación de la instrumentación geofísica que el IGP requiere para cumplir sus objetivos misionales y de aporte a la gestión de riesgo de desastres; contando para ello con la incorporación de ingenieros jóvenes. El expediente técnico del proyecto será elaborado el 2017.

La finalidad del LNIG es salvaguardar la inversión del Estado en toda la instrumentación adquirida en los últimos años y como institución mantener la marca IGP como expertos en instrumentación geofísica a nivel nacional, ya que sin instrumentos en óptimas condiciones y desarrollo tecnológico permanente no es posible hacer investigación. El alto nivel de desarrollo del LNIG le permitirá brindar consultoría y servicio técnico experto a otras instituciones que utilizan instrumentación geofísica similar

Desarrollo e Implementación de Antenas sísmicas (AS)

Los investigadores científicos y profesionales técnicos con que cuenta la Subdirección de Redes Geofísicas ha permitido visionar el desarrollo y uso de sistemas de antenas sísmicas orientadas a elevar el nivel de detección en zonas de silencio sísmico y con bajos niveles de liberación de energía. Este tipo de antenas, también conocidos como *arrays* sísmicos, son sismómetros de alta sensibilidad distribuidos en una geometría especial que incrementa la relación señal-ruido de las ondas que atraviesan el array. Actualmente, en el Observatorio de Ancón opera una antena sísmica de 4 elementos (3 periodo corto- 1 BB) en configuración estrella. Durante el 2016 el array registró un total de 263 sismos con magnitud comprendida entre 1M y 3M.

En los últimos meses del 2015 se probó el uso de estas antenas en el monitoreo sísmico del volcán Ubinas. La distribución y geometría de los sensores fue dispuesta para la detección de eventos sismo-volcánicos registrándose 581 eventos en 4 meses de operación. El procesamiento y análisis de estas señales permite conocer la actividad del magma a medida que éste asciende por el ducto volcánico. El reconocimiento oportuno de estos eventos es un reto para los sistemas de alerta temprana de erupciones volcánicas. A. Inza, E. Norabuena y H. Miled aplicaron la transformada Hilbert Huang en el análisis de estas señales y presentaron sus resultados en la Asamblea Regional de Sismología, IASPEI 2016 en San José, Costa Rica.

Radio Observatorio de Jicamarca





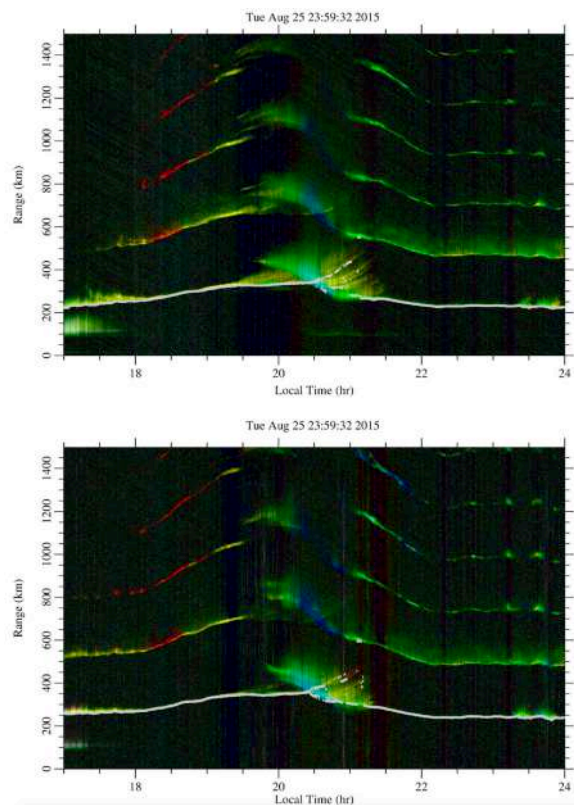
Una de las principales características del ROJ es el desarrollo tecnológico por parte de sus profesionales.

El Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ), sede desconcentrada del Instituto Geofísico del Perú, es uno de los principales centros de investigación en el mundo dedicados al estudio de las capas superiores de la atmósfera, en particular de la ionosfera. Estas capas, situadas por encima de los 40-50 km de altitud, son de vital importancia ya que sus características físicas y químicas se pueden ver alteradas por los fenómenos de ionización y disociación producidos por la radiación solar. Esta región ionizada de la atmósfera es también conocida como ionósfera.

Para realizar la observación y el estudio de estas regiones de la atmósfera, el Radio Observatorio de Jicamarca tiene a su cargo una red de instrumentos geofísicos distribuidos a nivel nacional, siendo el más importante de ellos el radar ionosférico (o de dispersión incoherente) de Jicamarca. Este radar es el más grande y potente a nivel mundial para la observación de los fenómenos ionosféricos en la región conocida como el Ecuador magnético.

Los diferentes datos obtenidos por el radar de Jicamarca y los instrumentos que lo rodean son utilizados en todo el mundo para el estudio de la ionosfera ecuatorial. El mantener una buena calidad de los datos obtenidos por el radar ha sido y es prioridad en el observatorio en los más de 50 años que lleva de funcionamiento ininterrumpido

Además, la experiencia adquirida a lo largo de los años en el mantenimiento y la actualización del radar de Jicamarca, ha permitido que el ROJ se mantenga a la vanguardia de la tecnología, convirtiéndose en un centro único en el país donde se hace desarrollo e innovación tecnológica. En el presente, diversos proyectos de instrumentación orientados a observar o monitorear los diferentes fenómenos geofísicos que afectan a nuestro país se vienen desarrollando en el observatorio, en colaboración con otros investigadores de las diferentes áreas del Instituto Geofísico del Perú.



Datos obtenidos por el enlace Jicamarca-Ancón de la red de transmisores y receptores HF. Las estructuras corresponden a la variación de la capa F de la ionosfera en función del tiempo.

Contribuyendo a la ciencia

La F-dispersa es uno de los principales fenómenos ionosféricos en la región ecuatorial que es objeto de diversos estudios científicos. Este fenómeno nocturno se caracteriza por irregularidades en la parte baja de la ionosfera que se propagan a grandes alturas causando perturbaciones en las señales de radio que atraviesan estas regiones.

Para poder estudiar las condiciones de la ionosfera que preceden la ocurrencia de la F-dispersa se desea contar con mediciones de la estructura de la ionosfera en 3 dimensiones. Para lograr este objetivo se viene trabajando en la implementación de una red de radio transmisores y receptores que operan en la banda HF (alta frecuencia) y están distribuidos en la zona central del Perú. Aplicando técnicas de tomografía de refracción

a los datos obtenidos por esta red es que podemos reconstruir la estructura de la ionosfera en esta zona. Estas observaciones en conjunto con mediciones del radar principal y otros instrumentos permitirán estudiar la F-dispersa en más detalle. Este un proyecto que se viene desarrollando en colaboración con la Universidad de Cornell de EE.UU.

Además, durante este año, se ha puesto a prueba las capacidades del radar de Jicamarca, al implementar nuevos modos de operación que permiten obtener mediciones de la ionosfera más allá de los 6000 km de altura. El objetivo es poder realizar observaciones de la magnetosfera con nuestro radar y así poder estudiar las perturbaciones que ocurren en esta región producto de las tormentas solares.

Estos nuevos modos de observación podrían generar la llegada de nuevos usuarios e investigadores interesados en estudiar estos fenómenos. Cabe mencionar, que este tipo de observaciones no se habían podido lograr desde los años sesentas, y que gracias a los esfuerzos realizados en el mantenimiento y mejora del radar en los últimos años es que se ha logrado superar las capacidades originales del radar.

También, nuestras contribuciones incluyen el uso de radares para estudio de las capas bajas de la atmosfera (troposfera, estratosfera y mesosfera). Es importante mencionar que se han realizado estudios comparativos de observaciones de la troposfera usando radares y drones con tripulación a bordo. Estos estudios permiten calibrar las mediciones realizadas por los radares para el estudio de la turbulencia en estas regiones.



Instalación de crucetas en el cauce del río Huaycoloro.

Proyectos tecnológicos

Durante el 2016, se realizaron 5 proyectos de desarrollo electrónico financiados por Innóvate Perú y FONDECYT, en un trabajo en conjunto entre el personal del ROJ y las distintas áreas especializadas del IGP como la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida, la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera Hidrósfera y el Observatorio Vulcanológico del Sur.

Para el proyecto de Sistema de alerta temprana de huaycos (SATH), se realizó la instalación de una serie de sensores en la zona de las quebradas Huaycoloro y Río Seco, lugar donde se encuentra ubicado el ROJ. Estos sensores permitirán caracterizar a los huaicos y brindar alertas de la ocurrencia de los mismos en la zona. Asimismo, se llevó a cabo el taller titulado “Sistema de alerta temprana de huaicos: Acción y prevención” en la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle - Lurigancho Chosica. Cabe destacar que el proyecto SATH viene operando de forma continua y reporta a las principales instituciones como SEDAPAL, COEN, MINAM, SENAMHI, sobre la ocurrencia de huaicos por la activación

de las quebradas anteriormente mencionadas.

Como parte del proyecto Monitoreo de volcanes con UAVs, se realizó la primera campaña de vuelo con un drone sobre el volcán Ubinas (Arequipa) y una prueba de concepto del sistema de recarga para los drones que se utilizarán en el proyecto. Gracias a las imágenes obtenidas en la campaña se generó un modelo en 3D del volcán. También se realizó el taller de difusión “Drones al servicio de la sociedad” en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

En el proyecto radar perfilador de vientos UHF, se culminó con la construcción del sistema de radar y la fabricación de sus antenas, de esta forma el radar se encuentra listo para su operación. Este radar permitirá la estimación de precipitaciones sobre una determinada región, siendo una herramienta muy útil para el estudio de los procesos de generación de lluvia. Además, se llevó a cabo el taller de capacitación sobre “Procesamiento de datos de Radares Atmosféricos” en la Universidad Agraria La Molina.



Pruebas de vuelo de drone sobre el volcán Ubinas y el sistema de recarga.

Sobre el proyecto Desarrollo de instrumentación para nanosatélites y mediciones ionosféricas se puso en operación la estación receptora de beacon satelitales y se desarrolló el segundo prototipo del sistema de transmisión. Además, se ejecutó el taller de difusión “Instrumentación y Desarrollo de Nanosatélites en el Perú” en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Para el proyecto Radar de monitoreo de deslizamientos, se culminó con la integración del sistema y se realizaron diversas pruebas de laboratorio y de campo a fin de determinar la sensibilidad del sistema para la medición de desplazamientos basados en la reconstrucción de imágenes de las superficies en observación.

Este sistema será utilizado para la determinación de zonas inestables en las quebradas de nuestro territorio que pueden encontrarse en peligro de deslizamiento.

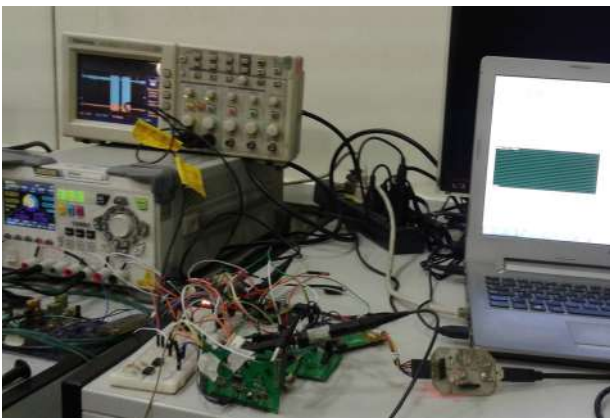
Como parte del desarrollo de nueva

tecnología, se viene realizando el proyecto de Sistema Integrado de Radar. Ésta herramienta web permitirá la configuración y operación de los diferentes dispositivos que conforman un radar mediante una única interface web.

Los dispositivos que se han logrado integrar son: ABS (Automatic Beam Switching) que es el sistema de apunte automático de la antena, el DDS (Direct Digital Synthesizer) que es un equipo que se encarga de generar la señal de radiofrecuencia enviada a las antenas a través de los transmisores, el CGS (Clock Generator and Synchronizer) que es un generador de clock y el JARS (Jicamarca Acquisition Radar System) que es el sistema de adquisición de datos del radar. La meta del siguiente año es implementar el sistema para los radares JULIA, Perfilador de Vientos UHF y JASMET, quienes son los principales sistemas que usarán esta nueva interface de configuración de radar.

Además, se culminó con el desarrollo del prototipo versión 2.0 del sistema de adquisición JARS (Jicamarca Acquisition Radar System, por sus siglas en inglés), el cual está operativo con un canal de adquisición a 12MHZ de ancho de banda. Este sistema de adquisición para radares de múltiples canales de alto ancho de banda utilizará una interfaz Ethernet que facilitará la transferencia de los datos a un medio de almacenamiento.

UNIDAD I+D&I



Sistema de adquisición para instrumentos geofísicos.

Durante el 2016, se ejecutaron una serie de actividades y proyectos de desarrollo e investigación.

La unidad de Investigación + Desarrollo & Investigación (I+D&I) logró el desarrollo del primer prototipo operativo del sistema de adquisición para instrumentos geofísicos. Este sistema de adquisición genérico permitirá adquirir señales de diferentes tipos de instrumentos geofísicos a una razón de 1000 muestras por segundo.

UNIDAD DE OPERACIONES



Alineamiento de la antena principal.

UNIDAD CIELO



Magnetómetro fabricado por el ROJ para el INPE.

El sistema de apunte automático (ABS – Automatic Beam Switching) del haz de la antena principal del ROJ instalado en sus cuartos sur y norte fue adaptado al sistema integrado de radar, lo que permitirá configurar y monitorear el sistema mediante una página web.

Asimismo, se repararon diversos módulos de control y RF del sistema que fueron dañados a comienzos del año.

El objetivo principal de la unidad es el mantenimiento y operación del radar principal de Jicamarca. Además de brindar el soporte necesario para la operación de los otros instrumentos que complementan las mediciones de éste radar.

Así, en el 2016, se continuó con el mantenimiento y operación de los distintos instrumentos y radares que tiene a cargo el ROJ. Gracias a este esfuerzo del personal se logró más de 1000 horas de operación en los modos de alta potencia con el radar de Jicamarca, a parte de las más de 4000 horas en el modo de baja potencia denominado JULIA.

La unidad *Cluster of Instruments for Equatorial and Low – latitude Observations* (CIELO) se encarga de administrar y operar instrumentos de adquisición de datos geofísicos de diversos tipos orientados principalmente al estudio de las capas altas de la atmósfera y que se encuentran distribuidos no solo en el Perú sino en todo Sudamérica. Los tres proyectos más importantes del área son: el observatorio distribuido LISN, geomagnetismo y óptica.

En la parte de investigación, la unidad obtuvo la publicación del paper titulado “Simultaneous observations of structure function parameter of refractive index using a high-resolution radar and the DataHawk small airborne measurement system” en la revista de investigación *Annales Geophysicae* como resultado de la campaña que se hizo con los datos del Datahawk y el radar Sousy el año anterior.

Asimismo, se realizó el alineamiento de una gran parte del cuarto sur de la antena principal y el alineamiento de las antenas del módulo Hysell. Este módulo es uno de los que trabaja en conjunto con la antena principal para la toma de imágenes de la ionosfera, experimento que se realiza rutinariamente en el ROJ.

Otra de las actividades que se destaca es la fabricación e instalación de las antenas y la puesta en operación del radar CIRI Huancayo. Este trabajo realizado en colaboración con la Universidad Estatal de Pennsylvania tiene como fin el estudio de la F-dispersa en la región central del Perú.

Dentro de las mejoras realizadas en la red LISN destacan las modificaciones hechas en las ionosondas con el fin de operar en modo multiestático, lo que permitirá observar no solo la ionósfera en forma vertical sino también en forma oblicua entre dos estaciones. Asimismo, en las ionosondas de Tucumán (Argentina) y Tupiza (Bolivia) se han instalado programas de distribución de datos desarrollados en el ROJ, logrando así una mejora en la estabilidad de la operación de ambos

instrumentos. En los servidores se han realizado mejoras continuas en la seguridad de los usuarios y de acceso a los datos; mejoras en el manejo de la energía a través del UPS; mejoras en la página web y la alerta de correos sobre el funcionamiento de todos los instrumentos.

En geomagnetismo, se destaca la fabricación de un magnetómetro a pedido del Instituto Nacional de

Investigación Espacial de Brasil (INPE). También se realizó la modernización del sistema de control del magnetómetro de Casleo (Argentina), con lo que se logró el reinicio de su operación y envío de datos en tiempo real. En óptica, se consiguió la operación continua de la red de interferómetros Fabry Perot (Jicamarca, Nazca y Arequipa). Asimismo, se logró adaptar el tiempo de exposición de la cámara AllSky de acuerdo a la fase lunar.

Formación académica

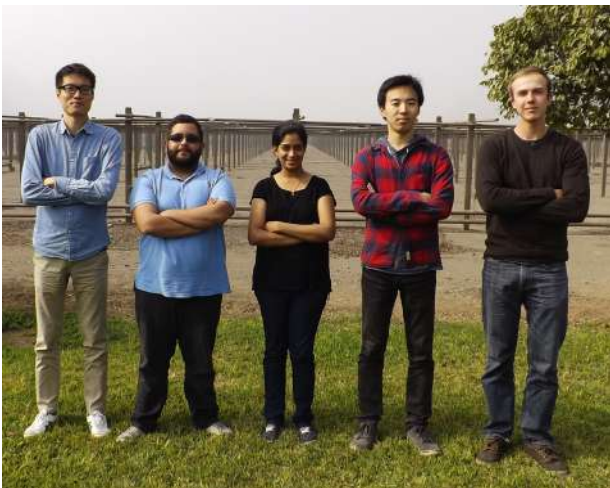
Fiel a su objetivo de seguir formando jóvenes estudiantes a través de la investigación en las ciencias, el ROJ cuenta con programas nacionales e internacionales de experiencia en investigación y desarrollo tecnológico.

Este año, el programa nacional EIDU - ROJ (Experiencia en Investigación y Desarrollo para universitarios) convocó a más de 70 postulantes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Matemática, Ciencias de la Computación, Física y/o afines de diferentes universidades nacionales y particulares del país. Los 7 participantes elegidos ejecutaron proyectos de desarrollo electrónico, lo que permitió que desarrollen su talento durante las 10 semanas que duró el programa.

JIREP (Jicamarca International Research Experience Program) es el programa de pasantía internacional que convoca a estudiantes de

Maestrías y Doctorados de las diferentes universidades del mundo. Este año, 5 estudiantes fueron aceptados para el programa de un total de 20 postulantes. Los participantes llevaron a cabo proyectos de investigación entre los meses de mayo y julio bajo la asesoría de nuestros investigadores y/o ingenieros senior, brindando así al estudiante una experiencia única por 10 semanas en uno de los centros de investigación más importantes del mundo.

Por otro lado, el ROJ cuenta actualmente con siete tesis, quienes vienen realizando investigaciones enmarcadas en los proyectos de desarrollo tecnológico financiados por INNOVATE Perú y Cienciaactiva. Como ejemplo, la tesis titulada "Diseño e implementación de una estación de recarga autónoma para un vehículo aéreo no tripulado para el monitoreo de volcanes" fue sustentada para obtener el grado de Ingeniero Electrónico.



Pasantes del programa JIREP frente al radar de Jicamarca.

Observatorio Vulcanológico del Sur





El volcán Sabancaya inició el 06 de noviembre de 2016 una nueva erupción luego de 18 años, actividad que es monitoreada al milímetro por el OVS.

La actividad volcánica es una clara manifestación de fuerzas vivas en el interior de nuestro planeta. Es un proceso que expulsa material del interior de la Tierra con diferentes grados de intensidad (Índice de Explosividad Volcánica - IEV). Los volcanes en el Perú, además de embellecer el paisaje del sur del país, nos hablan de nuestra rica historia geológica y nos recuerdan, periódicamente, que debemos estar atentos a su comportamiento. La idea es convivir responsablemente en un medio ambiente adaptándonos y reduciendo nuestra vulnerabilidad a los peligros naturales.

Así, en nuestro país existen al menos dieciséis volcanes considerados activos y potencialmente activos: Sara Sara y Auqui huato en Ayacucho; Coropuna, Andahua, Huambo, Sabancaya, Chachani y Misti en Arequipa; Ubinas, Huaynaputina y Ticsani en Moquegua; Quimsachata en Cusco y Tutupaca, Yucamane, Purupuruni y Casiri en Tacna.

El Observatorio Vulcanológico del Sur (OVS), a través de la Subdirección de Redes Geofísicas (SRG), ha consolidado redes de monitoreo en tiempo real en cuatro de estos dieciséis volcanes. En 2016, a través del proyecto SNIP N.º 271840 de mejoramiento y ampliación del sistema de alerta volcánica en el Perú, ha sentado las bases para vigilar otros seis volcanes con riesgo asociado importante.

Es innegable el progreso obtenido por el OVS-IGP en los últimos años, reflejado, por ejemplo, en el eficaz pronóstico de la erupción del Ubinas y del Sabancaya; no obstante, son todavía grandes los retos por conquistar. Hoy en día, nuestra institución está encaminada hacia la conquista de los mismos.



Profesionales del OVS en las cercanías del volcán Sabancaya.

Monitoreo volcánico

Sabancaya.- A fines de 2016 este volcán, luego de dieciocho años de relativa calma, inició un nuevo proceso eruptivo. Tres años antes, exactamente el 22 de febrero de 2013, el OVS identificó la ocurrencia de tres importantes eventos sísmicos y, en consecuencia, el inicio de una etapa de intranquilidad sísmica. Inmediatamente, se configuró una red de monitoreo sísmico sobre el volcán, la cual estuvo conformada por tres estaciones de monitoreo (Sabancaya, Cajamarcana, Patapampa).

Posteriormente, entre noviembre y diciembre de 2016, la subdirección de Redes Geofísicas (RGE) instaló dos estaciones adicionales (Ampato y Hualca Hualca), con las cuales se obtuvo una mayor cobertura del área del volcán y que permitieron al OVS hacer el seguimiento de la nueva erupción del Sabancaya iniciada el 06 de noviembre de 2016.

A lo largo del 2016, el OVS informó a las autoridades políticas, representantes de instituciones vinculadas a la gestión del riesgo de desastres y población mediante la difusión de treinta y seis reportes técnicos de actividad volcánica.

Asimismo, en su calidad de miembro del Comité Científico-Técnico para la Gestión de Riesgos Volcánicos de la Región Arequipa, participó en la elaboración de seis reportes técnicos de actividad semanal, trece reportes de actividad diaria y cuatro comunicados oficiales.

Ubinas.- La red de monitoreo del Ubinas opera desde 2006, y ha venido funcionando sin interrupciones y registrando los dos últimos procesos eruptivos de este volcán.

El último de ellos, que inició en septiembre de 2013, persiste hasta la fecha. Los profesionales del OVS registran aún eventos asociados a



Inspección in situ del cráter del volcán Ubinas.

movimiento y ascenso de magma, lo cual ha motivado que en muchos reportes se precise la posible ocurrencia de nuevas emisiones de ceniza.

En el 2016, han sido treinta y seis los reportes de actividad publicados y entregados a cada uno de los actores vinculados a la gestión del riesgo de desastres. Además, en su calidad de miembro del Comité de Monitoreo Permanente del Volcán Ubinas, ha suministrado información científica para la elaboración de dos comunicados oficiales.

El Ubinas se mantiene en alerta amarilla y el OVS, apoyado en su red de monitoreo conformada por cuatro estaciones sísmicas en tiempo real, se mantiene alerta a cualquier variación en su actividad.

Misti y Ticsani.- Estos volcanes, localizados a 17 km de la ciudad de Arequipa y 60 km de la ciudad de Moquegua, respectivamente, son los otros dos gigantes geológicos vigilados en tiempo real por el

OVS. La red de monitoreo del Misti está integrada por seis estaciones sísmicas permanentes.

Durante el 2016, todas las señales analizadas dieron como resultado la publicación de doce reportes de actividad volcánica, uno por cada mes del año. Debido a su baja actividad, el Misti permanece en alerta verde.

Por su parte, el Ticsani (alerta verde), que es monitoreado ininterrumpidamente desde agosto de 2015 por cuatro estaciones sísmicas, muestra que su interior no está muy tranquilo, pues, aunque esporádicamente, registra notables sismos vinculados a movimiento de fluidos.

Bajo esa línea, el OVS realiza una vigilancia muy estricta al pendiente de cualquier variación de la actividad. En 2016, han sido diecinueve los reportes de actividad volcánica elaborados.

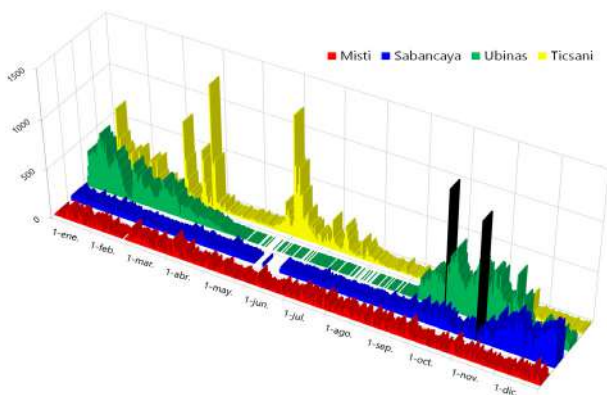
Investigación

El OVS ha continuado desarrollando exhaustivas investigaciones sobre el comportamiento y características de los volcanes peruanos. En esa línea, en cooperación con el ISTERIRD (Francia), se inició el estudio relacionado al “Reconocimiento automatizado de señales registradas en el volcán Ubinas 2006-2011”, el cual ha utilizado el extenso catálogo sísmico del OVS.

Esta investigación está trabajando con ciento veinticinco mil señales sismovolcánicas clasificadas y busca restringir la dimensión de

representación de las características de dichas señales y establecer un procedimiento automatizado de clasificación de las nuevas señales que se vayan registrando en el futuro.

Igualmente, haciendo uso de la vasta experiencia adquirida a lo largo de sus 25 años en la aplicación de métodos geoelectrónicos, el Observatorio ha obtenido, tras instalar un conjunto de electrodos y un datalogger en el flanco oeste del volcán Ubinas, registros continuos de Potencial Espontáneo que delatan la



Sismicidad total registrada en el 2016 en los volcanes Misti, Sabancaya, Ubinas y Ticsani. Se aprecia en negro las explosiones que marcaron el inicio de etapas explosivas en Sabancaya y Ubinas.



Anomalía de registro continuo de Potencial Espontáneo correlacionada con la energía sísmica de eventos de tipo VT e Híbrido (sombra morada), observada días previos a la explosión del 04 de octubre de 2016 en el volcán Ubinas.

perturbación del sistema hidrotermal causados por la proximidad de un cuerpo caliente.

Estos resultados geoelectrónicos se correlacionan bien con la ocurrencia de eventos sísmicos asociados a nuevo arribo de magma y encaminan este método a ser una excelente herramienta adicional para alertar la ocurrencia de inminentes explosiones.

Por otra parte, el OVS ha aprovechado su participación en diversos eventos para dar a conocer diversos estudios. Uno de los eventos más importantes fue la XVIII edición del Congreso Peruano de Geología. Entre el 16 y 19 de octubre, nuestros vulcanólogos presentaron las siguientes investigaciones:

- Identificación de patrones de reconocimiento para clasificación automática de eventos sísmicos en el volcán Misti.
- Evolución de la actividad sismovolcánica en la zona del volcán Sabancaya (2013-2016).
- Características de la actividad

Proyectos

A la fecha, el OVS viene ejecutando dos importantes proyectos: el proyecto de mejoramiento y ampliación del sistema de alerta volcánica en el Perú y el proyecto de sistema de monitoreo de volcanes usando vehículos aéreos no tripulados.

El primero de ellos tiene como horizonte de finalización el año 2019. Durante 2016, se ha trabajado en la elaboración del expediente técnico del proyecto. En 2017,

sísmica en la región del volcán Ticsani, durante el periodo 2014-2016.

- Distribución del valor de “b” bajo el volcán Sabancaya y nevado Hualca Hualca, periodo 2013-2016.
- Características de la actividad sísmica en el proceso eruptivo 2013-2015 del volcán Ubinas.
- Observaciones asociadas a los lahares ocurridos el 06 de febrero y 11-13 de abril de 2015 en el valle de Ubinas.

Asimismo, en noviembre se efectuó la conferencia mundial “Cities on volcanoes 9”, en la ciudad chilena de Puerto Varas. El OVS se hizo presente con la investigación “Rise of magma associated to hybrid earthquakes in the Ubinas and Ticsani volcanoes”.

Posteriormente, en diciembre de 2016, el OVS expuso en el “World Engineering Conference on Disaster Risk Reduction” realizado en Lima, el estudio “A new method for volcanic eruption forecasting applied with success on Ubinas volcano”.

se tiene planificado dar inicio a la construcción del edificio en el distrito de Sachaca. El nuevo y moderno Observatorio Vulcanológico del Sur vigilará mediante 30 estaciones sísmicas permanentes la actividad de diez volcanes emplazados en el sur del país.

El proyecto de sistema de monitoreo de volcanes usando vehículos aéreos no tripulados es realizado por el Observatorio Vulcanológico

del Sur conjuntamente con el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) y el Grupo de Investigación de Sistemas Aéreos no Tripulados (GI-SANT) de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). En 2016, los ingenieros electrónicos del ROJ y de la PUCP iniciaron el ensamblaje del quadróptero.

Para el 2017 se tiene proyectado finalizar por completo este primer vehículo y el avión a escala de ala fija, incluso con la instalación de todos los sensores de medición de gases, para así efectuar una prueba de vuelo final y culminar las últimas modificaciones.



Estudiantes de la I.E. José Carlos Mariátegui de Ubinas recibieron material educativo en la capacitación brindada por el IGP en junio de 2016.

Educando a la comunidad

La información científica producida por el OVS es de suma utilidad para la gran mayoría de habitantes del sur de nuestro país. Se ha calculado que la población en riesgo volcánico asciende a poco más de 1.6 millones de habitantes, la cual, evidentemente, necesita estar al tanto de lo que viene sucediendo con los volcanes más cercanos a su entorno.

En su afán de satisfacer esta necesidad, el OVS ha desarrollado hasta dieciocho talleres de capacitación en todo 2016, explicando a autoridades, responsables de la gestión del riesgo de desastres, estudiantes y población en general conceptos básicos de vulcanología y lo que significa el riesgo y peligro volcánico.

Los talleres más sobresalientes se efectuaron en el valle de Ubinas y en el distrito de Chivay. En abril de 2016, el equipo del OVS, liderado por su director, el Dr. Orlando Macedo, expuso en el auditorio de la municipalidad provincial de Caylloma el tema “Sismicidad en el volcán Sabancaya y alrededores

durante 2015-2016”. En junio, en el salón consistorial de la municipalidad distrital de Ubinas, se aclararon las dudas de las autoridades y población acerca del estado de la erupción del volcán Ubinas tras observarse una fuerte disminución en su actividad explosiva.

En esta oportunidad, el OVS se dirigió también a la I.E. José Carlos Mariátegui y capacitó a los estudiantes del nivel secundario, haciendo entrega de material educativo a cada uno de los participantes.

En el segundo semestre de 2016, el Observatorio dio especial atención a la ciudad de Arequipa y alrededores, visitando las municipalidades distritales de Cayma, Alto Selva Alegre, Miraflores, Yanahuara y Mollebaya, así como también la municipalidad provincial de Arequipa.

Los integrantes de las plataformas de Defensa Civil de estas comunas recibieron una detallada exposición referida al grado de vulnerabilidad de sus distritos ante una posible erupción del volcán Misti.

Observatorio de **Huancayo**





Telescopio de 51 cm. de diámetro con el que se analizan cuerpos celestes.

El Observatorio de Huancayo es considerado la cuna del IGP y uno de los centros de observación (del campo magnético de la Tierra) más antiguos del hemisferio Sur. Construido en 1922 por la *Carnegie Institute of Washington*, sus actividades se han mantenido y traspasado las fronteras del nuevo milenio gracias a la calidad de sus registros geofísicos y meteorológicos. En la actualidad se ha convertido en un importante referente de la ciencia nacional, al contar con instrumentación para realizar estudios en magnetismo, meteorología, sismología y astronomía.

Durante el 2016 las principales actividades consistieron en la continuación del Observatorio Astronómico Óptico - OAUNI (manejo de un moderno telescopio para el análisis de cuerpos celestes) como parte de un trabajo de cooperación conjunta IGP-UNI. Asimismo, se realizó la publicación de artículos científicos a nivel internacional y local, incluyendo también el asesoramiento de tesis. Por otro lado, se apoyó en la operación del Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), entre otras.

Proyecto Observatorio Astronómico Óptico - OAUNI

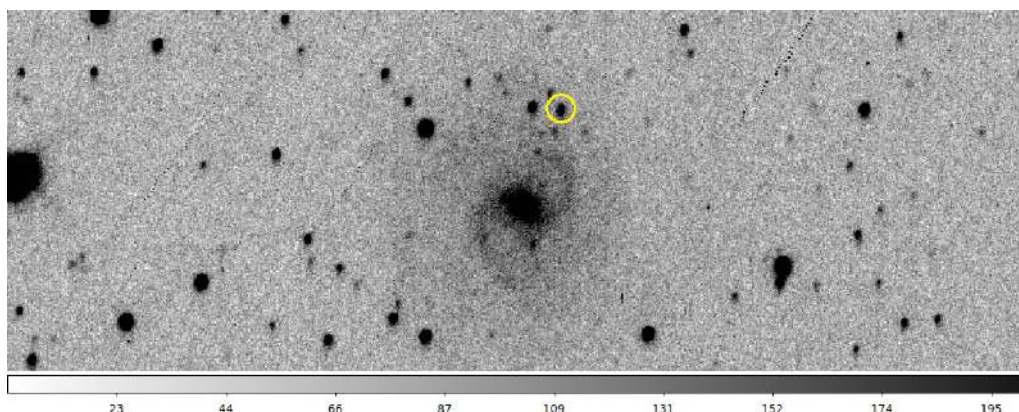


Imagen registrada el 10/01/2016 desde Huancayo de la supernova PSNJ14102342-4318437 (circulo amarillo, ATel #8570). La supernova se originó en la galaxia espiral NGC5483.

En el primer semestre se realizó la compra de instrumentación básica (montura robótica portátil) que permitirá la continuación del programa científico relacionado a las medidas de la calidad de cielo.

Asimismo, se adquirió el sistema fotométrico SLOAN, que permitirá mejorar el programa de fotometría astronómica de aglomerados abiertos. Ambos equipos serán probados en las misiones observacionales proyectadas en Huancayo durante el 2017.

Se publicaron además dos artículos en revistas científicas de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). El primero fue sobre la primera luz de un campo estelar obtenida con el telescopio en el marco de este proyecto, mientras que el segundo se

basó en la caracterización del detector que permitió realizar los primeros pasos de fotometría de precisión.

Ambos artículos fueron desarrollados por el Dr. Antonio Pereyra, director del Observatorio de Huancayo. Por su parte, William Cori sustentó en la UNI su tesis de maestría sobre la implementación del proyecto en mención.

En lo que respecta a reportes internacionales, durante el 2016 se publicaron registros de medidas fotométricas de tres eventos de supernovas (estrellas que explotan al final de sus vidas) observados desde Huancayo.

Los eventos registrados fueron las supernovas PSNJ14102342-4318437, ASASSN-16hw y ASASSN-16hz.

Durante el 2016 se desarrolló también la astrometría de asteroides y fotometría de cometas. De esta

Cooperación internacional

Investigadores científicos de la institución participaron en la publicación de artículos en colaboración con personal científico del extranjero.

De esta forma, el Dr. Antonio Pereyra participó como coautor en el artículo científico “*Solvepol: a reduction pipeline for imaging polarimetry data*”, el cual fue aceptado para su publicación en la revista *Publications of the Astronomical Society of the Pacific (PASP)* y presenta la implementación de un sistema de reducción de datos polarimétricos.

La publicación contó también con la participación de investigadores del Instituto de Astronomía, Geofísica y Ciencias Atmosféricas de la

forma, se realizaron observaciones del asteroide Anacostia y del cometa C2013 X1 PANSTARRS.

Universidad de Sao Paulo y del Departamento de Astronomía de la Universidad de Virginia.

Por su parte el Dr. Nobar Baella participó como segundo autor en el artículo científico “*High-resolution optical spectroscopic observations of four symbiotic stars: AS 255, MWC 960, RW Hya and StHa 32*”, el cual fue sometido a la revista *Astronomical Journal* y presenta el tema de la identificación de estrellas simbióticas.

La publicación contó también con la participación de investigadores del Observatorio Nacional de Brasil, la Universidad de Saint Petersburg y el Instituto de Astrofísica de Andalucía.



Monitoreo de nubes en los Andes centrales.

LAMAR

En apoyo al Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), ubicado en el Observatorio de Huancayo, se instalaron dos cámaras para la medición constante del cielo tanto de día como de noche.

Paralelamente, se realizó una estadística de la información que proporciona el radar Mira-35C sobre la nubosidad, tras la cual se determinó que en el año 2016 se tuvo 51% de noches con cielo abierto, con picos arriba de 70% en los meses de Mayo, Junio y Julio.

Este laboratorio tiene como objetivo mejorar la comprensión de los

procesos físicos que afectan el clima de los Andes, para mejorar la capacidad de modelado necesario para la evaluación de los impactos futuros del cambio climático, así como apoyar en la validación de técnicas de sensoramiento remoto.

Para este fin se basa en la serie climática larga (1921-presente) de la estación meteorológica de Huayao como en sofisticados instrumentos especializados, como un radar perfilador de vientos, radiómetros de onda corta y larga, un anemómetro sónico, entre otros.

Optimizando las tecnologías **e Infraestructuras**





OFICINA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DATOS GEOFÍSICOS – OTIDG

Esta oficina tiene como actividades principales el desarrollo de diversos módulos aplicativos informáticos solicitados por las diversas subdirecciones del IGP y la Administración, tales como el módulo de desarrollo de capacidades del personal, módulo de inventario de hardware y software, el registro de visitas en línea, actividades de presupuestos por resultados, catálogo virtual de biblioteca, entre otros.

Además, es la responsable de la administración de los portales web como el Institucional, de Transparencia y el del Estado Peruano. Asimismo, es la encargada de la administración de la base de datos geofísicos y del Repositorio Digital Institucional (cuya información está a disposición de la comunidad científica nacional e internacional).

Por otro lado, en su labor de servicios transversales a las sedes desconcentradas de la institución, la OTIDG colabora en la implementación del monitoreo del sistema de vigilancia de volcanes entre otras labores.

Planeamiento y gestión informática

Esta unidad está normada y regida por la Oficina Nacional de Gobierno Electrónico e Informática (ONGEI) de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM). Las dos actividades más importantes que se desarrollaron fueron la elaboración de documentos de gestión informática (plan estratégico

de tecnologías de la información, plan operativo informático) y la interoperabilidad con el Estado (convenios con el RENIEC para certificación y firmas digitales, así como contratos con la ONGEI para consultas de servicios web y sistema de trámites documentario).

Gobierno electrónico

Por normativa e interés se cumplió con la implementación del repositorio institucional (Ley 30035). Asimismo dentro de la Ley 29904 se envió al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) los formatos requeridos

para la integración a la Ley Nacional de Investigación y Educación. Además, al Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) se han enviado los formatos necesarios para ser parte de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica del Estado.

Banco nacional de datos geofísicos (BNDG)

Se viene está realizando un trabajo continuo a través de cuatro procesos más importantes: evaluación de infraestructura, administración de datos, monitoreo del BNDG y atención de solicitudes. Este banco nacional congrega datos geofísicos de interés generados por las unidades de investigación así como datos georeferenciados. La información que más se recibió provino de la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida y el

Observatorio Vulcanológico del Sur (un promedio de media Tera).

En el caso de los datos georeferenciados, se implementaron dos servidores GeoServer (contiene y administra mapas) y GeoNetwork (Registro de meta data). El Servicio Cartaro a implementar en el 2017 nos ayudará a complementar las herramientas necesarias para disponibilizar los datos según estrategia nacional implementada por el gobierno para datos abiertos.

Sistema de trámite documentario (STD)

En cumplimiento del proyecto “Cero papel” (con miras a diciembre del 2018 y que aprueba las medidas adicionales de simplificación administrativa – DL 1310), se realizaron coordinaciones con las entidades involucradas (SUNAT, RENIEC y ONGEI) para en mayo del 2017 iniciar la instalación y pruebas de conectividad de servicios como consultas RUC, DNI y certificados

digitales, servicios necesarios para la implementación del STD.

La implementación del STD conllevará a beneficios como acceso a la información, mejora del flujo de datos y comunicación, interoperabilidad con las sedes del IGP, trazabilidad de los documentos, reducción de costos de los recursos y horas hombre para elaborar información.

App móvil Sismos Perú

En coordinación con la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida se desarrolló un aplicativo para celulares que dispongan de las plataformas Android y iOS. Esta aplicación permite que los usuarios reciban los parámetros sísmicos (ubicación, profundidad, magnitud, intensidad, entre otros) a los pocos minutos de ocurrido el evento sísmico.

Durante el 2016 el aplicativo Sismos Perú tuvo más de 17 mil instalaciones, con descargas no solo de Perú sino también de países como Estados Unidos, España, Argentina, Canadá, Alemania, etc. Asimismo, de un ranking de cinco estrellas se alcanzó cuatro, lo que es una muestra de la buena respuesta de la población para con esta app.

Cooperación Institucional **y Servicios**



CONVENIOS PARA EL DESARROLLO

La labor del Instituto Geofísico del Perú (IGP) tiene relevancia nacional e internacional, tanto por el alto nivel de sus investigaciones así como por el interés que generan en la comunidad científica los temas que se desarrollan en las diversas unidades 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, el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) continúa 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 1979 y mediante el cual el ROJ realiza investigaciones tanto en aeronomía como geomagnetismo y asume la responsabilidad de permitir a la citada casa de estudios obtener datos del radar de dispersión incoherente a una tasa aproximada de 1000 (mil) horas/año durante el período acordado.

La citada sede desconcentrada del IGP mantiene además 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. Mientras que desde el 2006 se lleva a cabo un convenio con el *Boston College* de EE.UU. para la operación del proyecto internacional

LowLatitude Ionospheric Sensor Network (LISN) cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos.

Desde el 2007, la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida mantiene un convenio de cooperación con el Instituto de Ciencia de la Tierra (ISTerre), en el marco del cual se realizan campañas de observaciones en puntos geodésicos instalados en la zona del gap sísmico Moquegua - Tacna.

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.

En materia de gestión de riesgo de desastres, gracias al convenio que se tiene con la Municipalidad de Sachaca (Arequipa), se cuenta con un terreno en la citada jurisdicción donde se tiene

El ROJ mantiene desde 1979 un acuerdo cooperativo con la Universidad de Cornell.



proyecto construir la nueva sede del Observatorio Vulcanológico Sur (OVS), sede desconcentrada del IGP que funciona actualmente en Cayma. De igual forma, continúa en ejecución la cooperación interinstitucional que se tiene con el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD de Francia) con el fin de realizar estudios conjuntos 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 investigación espacial, se mantiene el convenio con la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial (Conida), mediante el cual se opera en el Observatorio de

Huancayo un moderno telescopio del proyecto Sistema de Satélites Ópticos de Observación Terrestre Asia Pacífico (APOSOS), para la detección de objetos espaciales y su seguimiento, alertas tempranas de colisión, predicción de reingreso de objetos espaciales, así como consultas técnicas y capacitación.

En el citado observatorio se cuenta también, en cooperación con la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, EE.UU.), con un fotómetro solar para la medición de aerosoles en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR), con el cual este centro es parte de la red mundial AERONET de la NASA.

SERVICIOS TECNOLÓGICOS



Radar del laboratorio LAMAR en el Observatorio de Huancayo.

Las subdirecciones y sedes desconcentradas del Instituto Geofísico del Perú (IGP) generan conocimiento científico y tecnología que contribuyen al desarrollo de actividades de diversas empresas e instituciones (públicas y privadas) en ámbitos como minería, electricidad, telecomunicaciones, etc.

De esta forma, el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) – dentro de la unidad CIELO (*Cluster of Instruments for Equatorial and Low latitude Observations*) fabrica magnetómetros que luego son vendidos a las instituciones que lo solicitan. En el 2016 se construyó uno para el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales, en Brasil. Estos instrumentos cuentan con su patente correspondiente otorgada por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (Indecopil).

La subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera puso a disposición de la comunidad científica nacional e internacional los datos que se generan en el Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos Computacional (LDFGC), el cual utiliza modelados numéricos para el estudio de procesos geofísicos en el océano y atmósfera.

Por otro lado, la subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida opera una red sísmica que consta de ocho estaciones temporales y cuatro de la Red Sísmica Nacional, con el objetivo de recolectar información sísmica que permita conocer la geometría de las principales fallas que comprenden el sistema Rioja-Moyomaba, la misma que dio lugar a los sismos de 1990 y 1991 que produjeron destrucción y muerte en dicha región.

Asimismo, la Institución mantiene el contrato que se tiene con la compañía minera Milpo, que consiste en la operación, mantenimiento y entrega de datos del acelerómetro instalado en el nevado de Chaupijanca.

Mientras que en el Observatorio de Huancayo, el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (LAMAR) cuenta con instrumentos de última generación que permiten desarrollar estudios sobre la física y microfísica de nubes y precipitación, balance de agua y energía en zona de montaña, así como transporte de aerosoles. Esta estructura es el único laboratorio de su tipo en el Perú y está abierta para universidades e instituciones de investigación nacionales y extranjeras, interesadas en desarrollar estudios sobre la física del clima de los Andes peruanos.

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.

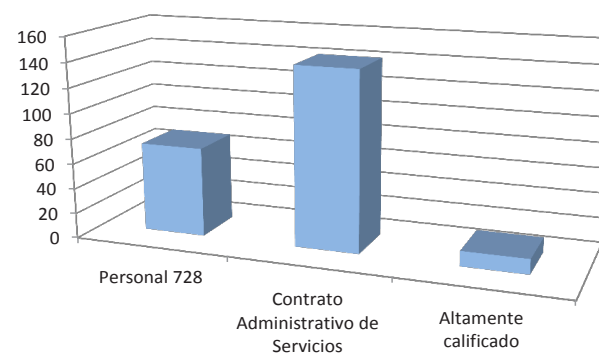
Al 31 de diciembre del 2016, el IGP mantuvo una fuerza laboral de 346 personas, bajo diferentes modalidades de contratación: 71 por Contrato Indeterminado 728, 142 vía Contrato Administrativo de Servicios (CAS), 12 en Altamente calificados y 83 Locadores (presupuesto), 15 de Proyecto Fincyt, 04 del proyecto Fondecyt, 09 del proyecto PEER Aerosoles, 05 del proyecto LISN, y 05 del proyecto Glaciares.

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.

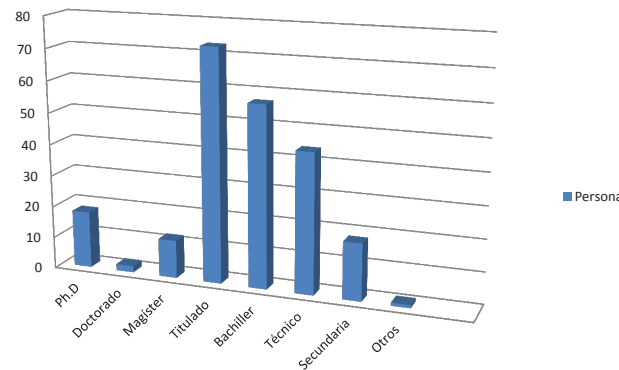
En lo que respecta a la labor científica, el IGP cuenta con una plana de destacados especialistas que le permite ser fuente de información altamente especializada. El Radio Observatorio de Jicamarca está dirigido por Marco Milla; el Observatorio de Huancayo por José Ishitsuka; la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida está a cargo de Hernando Tavera; la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera por Ken Takahashi; y el Observatorio Vulcanológico del Sur por Orlando Macedo. Ellos tienen a su cargo equipos de trabajo integrados por investigadores científicos, asociados, asistentes de investigación, técnicos, ingenieros, tesisistas y colaboradores, quienes contribuyen durante la ejecución de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

Además, en lo que se refiere a soporte, la Subdirección de Redes Geofísicas estuvo a cargo de Edmundo Norabuena, la Oficina de Tecnologías de la Información y Datos Geofísicos fue dirigida por María Rosa Luna y la Subdirección de Geofísica & Sociedad por Alejandra Martínez.

Modalidad de Trabajo



Formación académica



Personal IGP 2016



RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA



OFICINA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DATOS GEOFÍSICOS



SUBDIRECCIÓN DE GEOFÍSICA Y SOCIEDAD



OBSERVATORIO DE HUANCAYO



OFICINA DE CONTROL INSTITUCIONAL



OFICINA DESCONCENTRADA DE CHICLAYO



OFICINA DE ASESORÍA JURÍDICA



OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO



OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL SUR



ALTA DIRECCIÓN



SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA



OFICINA DE ADMINISTRACIÓN



SUBDIRECCIÓN DE REDES GEOFÍSICAS



SUBDIRECCIÓN DE CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

Mejorando la Gestión **Institucional**



FORTALECIENDO EL CORE DEL IGP

Con la finalidad de incorporar nuevos investigadores científicos en aras de reforzar las capacidades de las diversas áreas de investigación de la Institución, durante el 2016 se realizaron concursos públicos que permitieron la incorporación de ocho profesionales dedicados a la investigación.

Por otro lado, no se realizaron concursos de progresión interna debido a que la institución se encuentra en pleno tránsito de incorporación a la Autoridad Nacional del Servicio Civil - SERVIR, ubicándose incluso entre las primeras instituciones a pasar al citado sistema.

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.

	Investigadores con grado de doctor	Investigadores
Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida	3	5
Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera	10	6
Subdirección de Redes Geofísicas	2	-
Subdirección de Ciencias de Geofísica & sociedad	-	3
Radio Observatorio de Jicamarca	4	1
Observatorio Vulcanológico del Sur	1	1
Observatorio de Huancayo	3	1

Cuadro de número de investigadores del IGP.

MEDIOS FINANCIEROS

FINANCIAMIENTO E INGRESOS

Con la Ley N° 30372, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2016, asigna al Pliego: 112 – Instituto Geofísico del Perú un crédito suplementario de S/ 19 777 118,00 soles por toda fuente de financiamiento, como Presupuesto Institucional de Apertura – PIA.

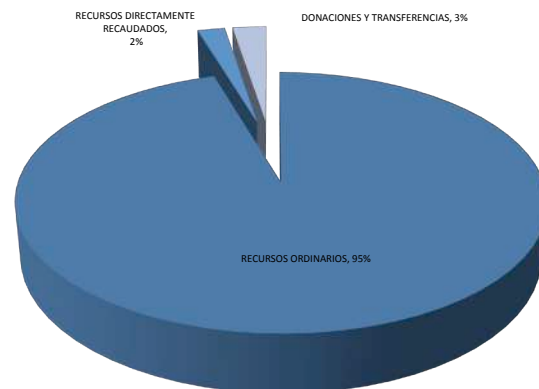
De los recursos aprobados en el año, S/19 319 118,00 soles corresponden a Gastos Corrientes y S/ 458 000,00 soles a Gastos de Capital; asimismo, su desagregación por fuentes de financiamiento es: Recursos Ordinarios S/ 18 863 000,00 soles, que corresponde a 95%; Recursos Directamente Recaudados

S/ 410 560,00 soles correspondiente a 2% y Donaciones y Transferencias S/ 503 558,00 soles correspondiente a 3%, los mismos que fueron incorporados mediante Resolución de Presidencia N° 451-IGP/15 de fecha 31.12.2015.

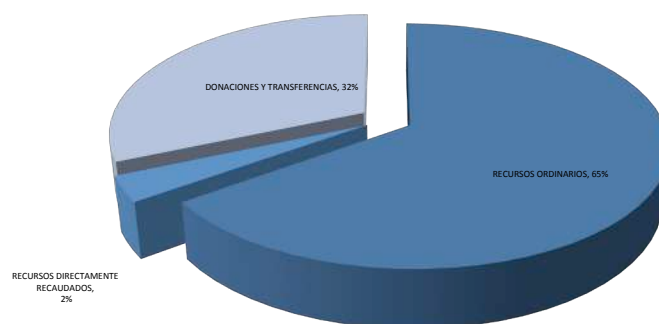
Al finalizar el periodo fiscal 2016, la entidad culmina con un Presupuesto Institucional Modificado – PIM (por toda Fuente de Financiamiento) de S/ 28 302 474,00 soles, notándose un incremento (créditos suplementarios y transferencias de partidas) por S/ 8 525 356,00 soles, que representan el 43 % con respecto al PIA.

El incremento más significativo corresponde a la Fuente de Financiamiento Donaciones y Transferencia, donde se obtuvo un porcentual de 1671.7%, respecto al PIA, los recursos incorporados es debido a las donaciones de la Universidad de Pensilvania, Kiushu, convenio ASTRA y por la transferencia de recursos por los convenios suscritos con la Universidad de CORNELL, y los aportes del Convenio de Financiamiento con FONDECYT y FINCYT, para los diferentes proyectos de investigación que se han ejecutado en el 2016, asimismo por parte de Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, y por el Saldo de Balance del ejercicio anterior.

**Presupuesto Institucional de Apertura
PIA 2016
S/ 19 319 118,00**



**Presupuesto Institucional Modificado
PIM 2016
S/ 28 302 474,00**



En la Fuente de Financiamiento Recursos Ordinarios, se tuvo una disminución del 2.3%, como consecuencia de lo señalado en el artículo 3° de la Ley N°30513, que autoriza al poder ejecutivo, que durante el año 2016, se efectuó modificaciones presupuestarias a favor de la Reserva de Contingencia, con cargo a los recursos del presupuesto institucional de las entidades del gobierno nacional; por lo mediante el Decreto Supremo N° 372-20165-EF, se dispone autorizar la transferencia de partida y con la Resolución de Presidencia N°280-IGP/16, del 30 de diciembre del 2016 fue aprobado la desagregación de los dichos recursos.

Asimismo, en la fuente de financiamiento Recursos Directamente Recaudado, se tuvo un incremento porcentual de 132.4%, principalmente como consecuencia del saldo de balance correspondiente al periodo 2015, y por ingresos captados y/o generados por la propia entidad, correspondiéndole a su vez la administración de estos recursos; involucra los conceptos por la Venta de Bienes y Servicios a diferentes entidades públicas (Municipalidad Provincial de Huancayo y Sedapal) y privadas (ELECTROPERU, Minera Milpo, Minera Poderosa y otras empresas) y por Derechos Administrativos (intereses generados por los saldos de las asignaciones financieras de cada mes (CUT), intereses financieros, penalidades administrativas).

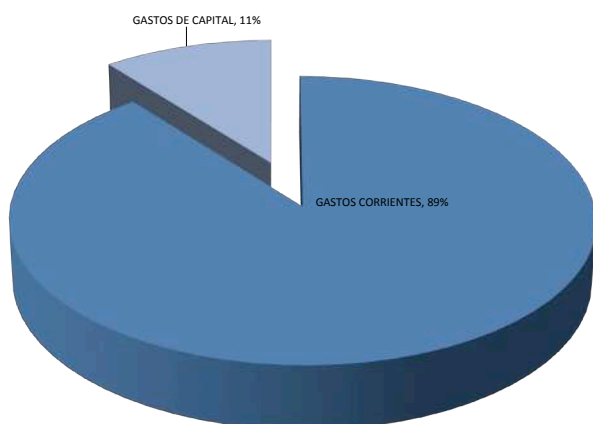
Resumen del comportamiento de los ingresos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE INGRESOS 2016				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
RECURSOS ORDINARIOS	18,863,000	18,426,585	-436,415	-2.3%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	18,863,000	18,863,000	0	
Crédito Suplementario		111,947	111,947	
Transferencia de Partidas		-548,362	-548,362	
RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	410,560	954,212	543,652	132.4%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	410,560	410,560	0	
Crédito Suplementario		543,652	543,652	
Transferencia de Partidas				
DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	503,558	8,921,677	8,418,119	1671.7%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	503,558	503,558	0	
Crédito Suplementario		8,418,119	8,418,119	
Transferencia de Partidas				
TOTAL	19,777,118	28,302,474	8,525,356	43.1%
Presupuesto Inicial (Ley N° 30114)	19,777,118	19,777,118	0	
Crédito Suplementario	0	9,073,718	9,073,718	
Transferencia de Partidas	0	-548,362	-548,362	

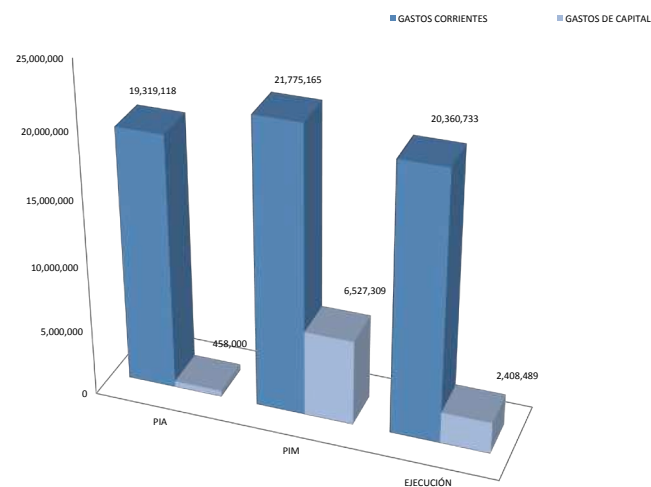
COMPORTAMIENTO DE LOS GASTOS

Para el periodo fiscal 2016, el IGP logró ejecutar por toda fuente de financiamiento S/ 22 769 221,32 soles, significando el 80.45% respecto al PIM; este porcentaje de ejecución se distribuyó en Gastos Corrientes 89% y Gastos de Capital 11%.

Ejecución Presupuestaria 2016, por Tipo de Gasto (%)

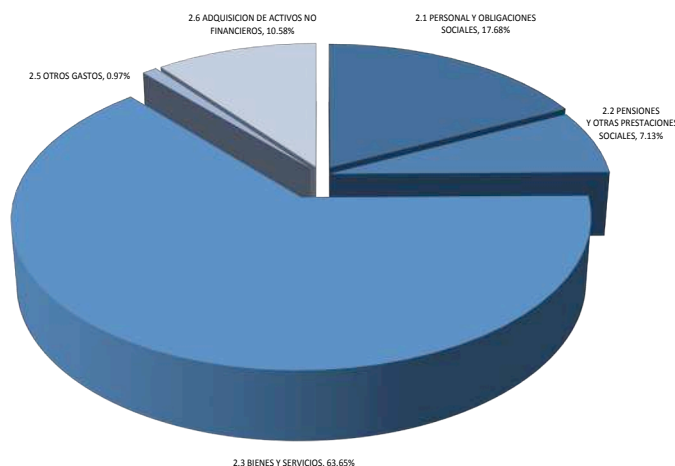


Ejecución Presupuestaria 2016, por Tipo de Gasto (S/)



De los cuales analizando a nivel de Genérica de gasto, se tiene una ejecución del 17.68% en la genérica 2.1 Personal y Obligaciones Social, mientras que el 7.13% corresponde a genérica 2.2 Pensiones y Otras Prestaciones Sociales, el 63.65% a la genérica 2.3 Bienes y Servicios, el 0.97% a la genérica 2.5 Otros gastos y finalmente el 10.58% a la genérica 2.6 Adquisición de Activos no Financieros.

Ejecución Presupuestaria 2016, por Genérica de Gasto



Ejecución Presupuestaria 2016, por Fuente de Financiamiento y Genérica de Gasto

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE GASTOS 2016				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO / GENERICA DE GASTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	EJE/PIM
1 RECURSOS ORDINARIOS	18,863,000	18,426,585	18,338,139	99.52%
GASTOS CORRIENTES	18,405,000	17,587,520	17,500,124	99.50%
2.1 PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES	4,400,000	4,026,553	4,025,006	99.96%
2.2 PENSIONES Y OTRAS PRESTACIONES SOCIALES	1,499,000	1,657,940	1,623,048	97.90%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	12,348,000	11,727,075	11,676,983	99.57%
2.5 OTROS GASTOS	158,000	175,952	175,087	99.51%
GASTOS DE CAPITAL	458,000	839,065	838,015	99.87%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	458,000	839,065	838,015	99.87%
2 RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	410,560	954,212	708,715	74.27%
GASTOS CORRIENTES	410,560	931,511	689,534	74.02%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	410,560	928,209	686,232	73.93%
2.5 OTROS GASTOS	0	3,302	3,302	99.99%
GASTOS DE CAPITAL	0	22,701	19,181	84.50%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	0	22,701	19,181	84.50%
4 DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	503,558	8,921,677	3,722,367	41.72%
GASTOS CORRIENTES	503,558	3,256,134	2,171,075	66.68%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	503,558	3,129,812	2,129,153	68.03%
2.5 OTROS GASTOS	0	126,322	41,922	33.19%
GASTOS DE CAPITAL	0	5,665,543	1,551,293	27.38%
2.6 ADQUISICION DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	0	5,665,543	1,551,293	27.38%
TOTAL	19,777,118	28,302,474	22,769,221	80.45%

COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PRESUPUESTO DEL IGP

Para el periodo fiscal 2016, y tomando como base el año 2010, el presupuesto del IGP por toda fuente, muestra una tendencia creciente respecto a los tres momentos presupuestarios; si bien el Presupuesto Institucional Apertura (PIA) y el Presupuesto Institucional Modificado (PIM) ha tenido una disminución con respecto a los años 2015 y 2016 de S/ 6 239 863 soles y S/ 1 608 420 soles respectivamente, dicha variación se dio debido a que en la Fuente de Financiamiento Recursos Ordinarios, se viene ejecutando el Proyecto de Inversión Pública denominado: 2.159216 - "Mejoramiento de la Red Sísmica Acelerométrica a nivel nacional y del Centro de Procesamiento de Información del Instituto Geofísico del Perú", donde para el año 2016 se tuvo asignación menor, debido a que era el último año de ejecución.

Comportamiento histórico del presupuesto del IGP Toda fuente

	PIA	PIM	EJECUCION
2010	5,397,416	9,510,658	8,997,946
2011	8,686,714	10,699,662	10,142,725
2012	8,471,114	10,647,819	10,379,910
2013	22,284,275	22,462,832	20,891,377
2014	28,203,467	30,317,321	29,779,386
2015	26,016,981	29,910,894	28,422,291
2016	19,777,118	28,302,474	22,769,221
TOTAL	118,837,085	141,851,660	131,382,857

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 2013.

Comportamiento Histórico RO

	PIA	PIM	EJECUCION
2010	4,730,000	7,973,100	7,817,121
2011	7,976,568	8,998,768	8,723,893
2012	7,447,809	9,101,564	8,999,041
2013	21,234,390	21,267,390	20,041,968
2014	27,063,927	28,823,977	28,481,588
2015	24,877,441	26,100,068	25,761,695
2016	18,863,000	18,426,585	18,338,139
TOTAL	112,193,135	120,691,452	118,163,443

La fuente Recursos Directamente Recaudados (RDR), a nivel de PIM y Ejecución, muestra un comportamiento ascendente a partir del 2014.

Comportamiento Histórico RDR

	PIA	PIM	EJECUCION
2010	143,580	875,395	556,516
2011	180,000	1,014,301	837,811
2012	402,000	758,683	685,202
2013	502,000	574,557	399,097
2014	513,080	731,884	668,174
2015	513,080	845,342	631,695
2016	410,560	954,212	708,715
TOTAL	2,664,300	5,754,374	4,487,210

En la fuente Donaciones y Transferencias (DyT) muestran un comportamiento homogéneo a partir del 2010 al 2014, como consecuencia de los aportes del Convenio de financiamiento de la universidad de CORNELL, Pensilvania, Japón y a partir del año 2015 y 2016 podemos observar en el grafico N°09 que el PIM tuvo un incremento muy significativo, esto debido a que se incorporaron los proyectos de investigación de FONDECYT y FINCYT, en el presupuesto institucional.

Comportamiento Histórico DYT

	PIA	PIM	EJECUCION
2010	523,836	662,163	624,309
2011	530,146	686,593	581,022
2012	621,305	787,572	695,667
2013	547,885	620,885	450,312
2014	626,460	761,460	629,624
2015	626,460	2,965,484	2,028,901
2016	503,558	8,921,677	3,722,367
TOTAL	3,979,650	15,405,834	8,732,203

PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA

“Mejoramiento de la red sísmica Acelerométrica a nivel nacional y del centro de procesamiento de información del Instituto Geofísico del Perú”

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 Unificado:	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 Específico:	* 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:	9,850,067.12

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"	0.00	106,625.00	106,624.90	100.00%

“Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alerta Ante el Riesgo Volcánico en el Perú”

FICHA RESUMEN DEL PROYECTO	
Nombre del proyecto:	"Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alerta Ante el Riesgo Volcánico en el Perú"
Código Unificado:	2195475
Objetivo del proyecto:	Incremento de la capacidad de generación, registro y provisión de información geofísica, ante la ocurrencia de eventos de origen volcánico
Principales detalles técnicos del proyecto:	<p>*Mayor y mejor cobertura de información y capacidad de respuesta sobre eventos volcánicos en 13 provincias de las regiones de Arequipa, Moquegua, Tacna y Ayacucho.</p> <p>*Permitirá el desarrollo de investigaciones, cuyos resultados contribuirán con la mejora de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano.</p>
Objetivo Específico:	<p>*Implementación con equipos e instrumental geofísico especializado la red de monitoreo que estará conformada por 21 estaciones vulcanológicas que serán instalados en las inmediaciones de 10 volcanes (Misti, Ubinas, Sabancaya, Ticsani, Coropuna, Yucamani, Huaynaputina, Tutupaca, Casiri y Sara Sara).</p> <p>*Adquisición de equipamiento y herramientas para realizar los trabajos de campo.</p> <p>*Construcción de una moderna infraestructura para el funcionamiento del Observatorio Vulcanológico del Sur.</p> <p>*Adquisición e implementación del sistema de comunicaciones para la transmisión de datos.</p> <p>*Adquisición e implementación con equipos informáticos, software, herramientas de impresión que contribuyan a generar óptimos resultados en la gestión de datos y serán instalados en el Observatorio Vulcanológico del Sur.</p>
Beneficiarios directos :	1,611,849 habitantes del sur del país
Beneficiarios indirectos:	Población a nivel nacional
Costo total del proyecto	11,599.901.00

PROYECTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	%
"Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alerta Ante el Riesgo Volcánico en el Perú"	162,000.00	4,090,728.00	189,766.32	4.64%

ESTADO DE GESTION

Para los años terminados al 31 de Diciembre del 2016 y 2015

(EN NUEVOS SOLES)

SECTOR : 05 AMBIENTAL

ENTIDAD : 112 INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU

EF-2

	2016	2015
INGRESOS		
Ingresos Tributarios Netos	0.00	0.00
Ingresos No Tributarios	526,580.70	463,360.58
Trasposos y Remesas Recibidas	18,338,138.74	25,761,694.57
Donaciones y Transferencias Recibidas	6,840,889.07	5,036,840.49
Ingresos Financieros	8,557.72	28,174.50
Otros Ingresos	1,759,259.00	245,993.64
TOTAL INGRESOS	27,473,425.23	31,536,063.78
COSTOS Y GASTOS		
Costo de Ventas	0.00	0.00
Gastos en Bienes y Servicios	(14,720,019.22)	(13,323,779.46)
Gastos de Personal	(3,464,943.41)	(4,457,876.23)
Gastos por Pens.Prest.y Asistencia Social	(1,623,047.69)	(613,341.77)
Donaciones y Transferencias Otorgadas	(14,975,952.55)	0.00
Trasposos y Remesas Otorgadas	0.00	0.00
Estimaciones y Provisiones del Ejercicio	(5,789,760.46)	(5,478,681.14)
Gastos Financieros	(15,337.48)	(1,376.74)
Otros Gastos	(3,279,873.26)	(705,850.85)
TOTAL COSTOS Y GASTOS	(43,868,934.07)	(24,580,906.19)
RESULTADO DEL EJERCICIO SUPERAVIT (DEFICIT)	(16,395,508.84)	6,955,157.59

ESTADO DE SITUACION FINANCIERA

Al 31 de Diciembre del 2016 y 2015

(EN NUEVOS SOLES)

SECTOR : 05 AMBIENTAL

EF-1

ENTIDAD : 112 INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU

ACTIVO	2016	2015	PASIVO Y PATRIMONIO	2016	2015
ACTIVO CORRIENTE			PASIVO CORRIENTE		
Efectivo y Equivalente de Efectivo	5,561,151.97	3,798,392.83	Sobregiros Bancarios	0.00	0.00
Inversiones Disponibles	0.00	0.00	Cuentas por Pagar a Proveedores	514,715.38	3,580,053.43
Cuentas por Cobrar (Neto)	142,403.75	59,066.08	Impuestos, Contribuciones y Otros	6,446.41	59,197.84
Otras Cuentas por Cobrar (Neto)	1,216.00	81,472.41	Remuneraciones y Beneficios Sociales	477,831.93	315,381.33
Inventarios (Neto)	68,009.23	141,908.10	Obligaciones Previsionales	0.00	0.00
Servicios y Otros Pagados por Anticipado	33,695.33	56,474.48	Operaciones de Crédito	0.00	0.00
Otras Cuentas del Activo	1,021,052.65	2,351,137.68	Parte Cte. Deudas a Largo Plazo	0.00	0.00
			Otras Cuentas del Pasivo	631,808.68	17,795.88
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	6,827,528.93	6,488,451.58	TOTAL PASIVO CORRIENTE	1,630,802.40	3,972,428.48
ACTIVO NO CORRIENTE			PASIVO NO CORRIENTE		
Cuentas por Cobrar a Largo Plazo	0.00	0.00	Deudas a Largo Plazo	0.00	0.00
Otras Ctas. por Cobrar a Largo Plazo	0.00	0.00	Cuentas Por Pagar a Proveedores	0.00	0.00
Inversiones (Neto)	0.00	0.00	Beneficios Sociales	1,436,173.14	1,951,896.26
Propiedades de Inversión	0.00	0.00	Obligaciones Previsionales	8,740,552.40	2,595,433.44
Propiedad, Planta y Equipo (Neto)	53,673,813.98	72,815,858.14	Provisiones	572,224.67	572,224.67
Otras Cuentas del Activo (Neto)	1,026,342.29	3,659,454.15	Otras Cuentas del Pasivo	0.00	0.00
			Ingresos Diferidos	0.00	0.00
TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE	54,700,156.27	76,475,312.29	TOTAL PASIVO NO CORRIENTE	10,748,950.21	5,119,554.37
			TOTAL PASIVO	12,379,752.61	9,091,982.85
TOTAL ACTIVO	61,527,685.20	82,963,763.87	PATRIMONIO		
Cuentas de Orden	1,638,158.77	8,582,522.78	Hacienda Nacional	170,501,317.35	169,689,672.28
			Hacienda Nacional Adicional	(14,792.75)	811,645.07
			Resultados No Realizados	16,461,811.54	18,576,200.23
			Resultados Acumulados	(137,800,403.55)	(115,205,736.56)
			TOTAL PATRIMONIO	49,147,932.59	73,871,781.02
			TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	61,527,685.20	82,963,763.87
			Cuentas de Orden	1,638,158.77	8,582,522.78





En el 2016, a través de encuestas socioeconómicas realizadas por personal del IGP, se identificaron zonas aprovechadas turísticamente por la comunidad Fernández Alto (Piura).



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>