



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Memoria Institucional 2017



EL PERÚ PRIMERO

Ciencia para protegernos,
ciencia para avanzar.

Créditos

Ministra del Ambiente

Elsa Galarza

Presidente Ejecutivo IGP

Hernando Tavera

Director Científico IGP

Edmundo Norabuena

Edición

Unidad de Comunicaciones

Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo, IV Etapa, Ate, Lima, Perú
Central telefónica: (+ 51 1) 317 2300

comunicaciones@igp.gob.pe
www.igp.gob.pe

Impreso por:
INVERSIONES IAKOB S.A.C.
Teléfono: (+51 1) 296 3911
Dirección: Av. Iquitos 1481 – La Victoria

Lima, octubre del 2018

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

Tiraje: 1000 ejemplares

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



IGP
INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ



Estación vulcanológica en volcán Hualca - Arequipa.

ÍNDICE

07 RESUMEN EJECUTIVO

08 MISIÓN Y VISIÓN DEL IGP

09 RESEÑA HISTÓRICA DEL IGP

11 ORGANIGRAMA

13 INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

14 GENERANDO CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Artículos científicos en revistas indexadas	14	Eventos científicos	18
Otras publicaciones	17	Asuntos académicos	18

21 GESTIÓN INSTITUCIONAL

23 CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

Geodesia espacial	25	Ingeniería sísmica	28
Geodinámica superficial	27	Sismología	29

32 CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA

Climatología	34	Hidrología y suelos	38
Oceanografía	36	Física atmosférica	40

43 GEOFÍSICA Y SOCIEDAD

Dimensión humana	45
Planetario Mutsumi Ishitsuka	46

48 SEDE HUANCAYO - OBSERVATORIO DE HUANCAYO

53 SEDE JICAMARCA - RADIO OBSERVATORIO DE JICAMARCA

61 SEDE AREQUIPA - OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO DEL SUR

66 REDES GEOFÍSICAS

OFICINA DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y DATOS
GEOFÍSICOS **73**

PERSONAL DEL IGP **81**

ESTADOS FINANCIEROS, PRESUPUESTO Y PROYECTOS DE
INVERSIÓN PÚBLICA **84**

COOPERACIÓN INSTITUCIONAL Y CONVENIOS **94**

RECURSOS HUMANOS **98**

Resumen ejecutivo

En un contexto de transformaciones y en el hábitat en el que vivimos (terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, huaicos y deslizamientos de tierra), corresponde a las instituciones de investigación científica de todos los países llevar a cabo estudios, programas y proyectos que permitan ampliar el conocimiento sobre estos procesos geofísicos a fin de salvaguardar a la población. El Perú no es una excepción, pues nuestro territorio está ubicado en una zona de alta actividad sísmica y volcánica con eventos extremos recurrentes en el tiempo. Además, posee otros eventos que afectan fuertemente al Perú como el fenómeno El Niño y el cambio climático global.

El año 2017 el Instituto Geofísico del Perú (IGP) continuó fortaleciendo los proyectos de investigación mediante diferentes proyectos obtenidos con fondos concursables (Fondecyt, Innovate Perú); uno de los más recientes es el proyecto Magnet del IGP, mediante el cual se han traído al Perú cinco doctores para fortalecer la línea de investigación en física y microfísica de la atmósfera con el objetivo de mejorar la comprensión de la variabilidad climática y los eventos extremos en los Andes. Asimismo, se inició el proyecto Modelado Hidrogeodinámicos (Lluvias, huaicos, deslizamientos) en Chosica, Lima, a través del cual se implementará de manera piloto un sistema moderno de medición de precipitación, con el objetivo de medir las lluvias, pronosticar la probabilidad de ocurrencia de huaicos, usando un modelo de flujos aluvionales en las quebradas de Quirio y Pedregal (Chosica).

En este año también se inició un nuevo ciclo de gestión para orientar el accionar institucional a partir de la realización de un autodiagnóstico que sustente el conjunto de decisiones que se traducirá en un nuevo modelo de gestión del conocimiento, como aporte al país y a la ciencia que a lo largo de los últimos setenta años estamos realizando. Se trabajó en la búsqueda de mecanismos que aseguren el incremento del presupuesto institucional que permitan la mejora del desarrollo de los proyectos de investigación (56° disposición complementaria de la Ley de Presupuesto para el año 2018), por la que se obtuvo más de 3,5 millones de soles adicionales para el 2018. En coordinación con el Ministerio del Ambiente (Minam), se logró la exoneración en la Ley de Presupuesto para el año 2018 para el incremento de la escala salarial del personal profesional científico del Decreto Legislativo 728. Se mejoró la infraestructura de nuestra sede en Huancayo (Huayao y Sicaya) y se consiguió la continuidad del financiamiento para la construcción del Observatorio Vulcanológico en Arequipa.

De este modo, el IGP continuó generando conocimiento científico, desarrollo e innovación tecnológica, características que lo destacaron dentro de las Instituciones Públicas de Investigación Científicas (IPIS) y como actor principal en la gestión del riesgo de desastres.

Visión y misión del IGP

VISIÓN

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.

MISIÓN

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.



Mantenimiento del sistema de energía fotovoltaico y del sistema de comunicación, se aprecia en la parte superior el panel solar y un par de antenas Yagui, las cuales están conectadas a un sistema de radio tranceptores (Volcanes del Sur).



Reseña histórica del IGP

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) se fundó con el objetivo principal de observar, registrar, analizar y valorar los procesos geofísicos que suceden en el territorio nacional; esto incluye, en el lenguaje de la prevención de desastres, la evaluación de los peligros o amenazas naturales a los que estamos expuestos.

Se creó en 1922 en Huancayo bajo el nombre Observatorio Geofísico de Huancayo y era administrado por el Departamento de Magnetismo Terrestre del Instituto Carnegie de Washington hasta el año 1947. Posteriormente, entre 1947 y 1962, el observatorio tomó la denominación de Instituto Geofísico de Huancayo (IGH), y se convirtió en un organismo autónomo del Estado peruano.

En enero de este último año, se decide darle su actual denominación, y se traslada su sede ejecutiva a la ciudad de Lima, promoviendo el constante aporte de científicos peruanos en diversos proyectos en el territorio nacional y en la región; e innovando y sacando el mayor provecho de los recursos asignados, a los que se sumaron aquellos que se generan mediante servicios y convenios de investigación con entidades nacionales y extranjeras en diversos campos de la geofísica.

Es importante mencionar que en 1964 el IGP envió a doce ingenieros peruanos a universidades extranjeras a obtener su grado de PhD, esfuerzo único dentro de la Administración Pública peruana de la época.

En la actualidad, el IGP es un organismo público adscrito al Ministerio del Ambiente (Minam), cuya finalidad es el estudio de todos los procesos geofísicos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Además, tiene la capacidad de servir a las necesidades del país en áreas tan importantes como sismología, vulcanología, cambio climático, alta atmósfera, el estudio del fenómeno El Niño, astronomía y desarrollo tecnológico; y cumple un rol social, ya que contribuye de forma efectiva a la prevención y mitigación de fenómenos con gran potencial destructivo, y una posición de mérito entre la comunidad científica internacional.



Fachada de la sede IGP Mayrazgo.

Sus principales actividades son la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la educación de alto nivel y la prestación de servicios en geofísica aplicada. Con más de setenta años de aportes de conocimiento y tecnología, contamos con connotados especialistas nacionales, altamente calificados —22 de ellos con grado académico de doctor (PhD), muchos graduados de universidades norteamericanas y de la comunidad europea, situación notable dentro de todas las instituciones públicas del país—, quienes realizan diversas investigaciones, por lo que contribuyen con su conocimiento y experiencia al desarrollo del país y a la reducción del riesgo y peligros de la población.

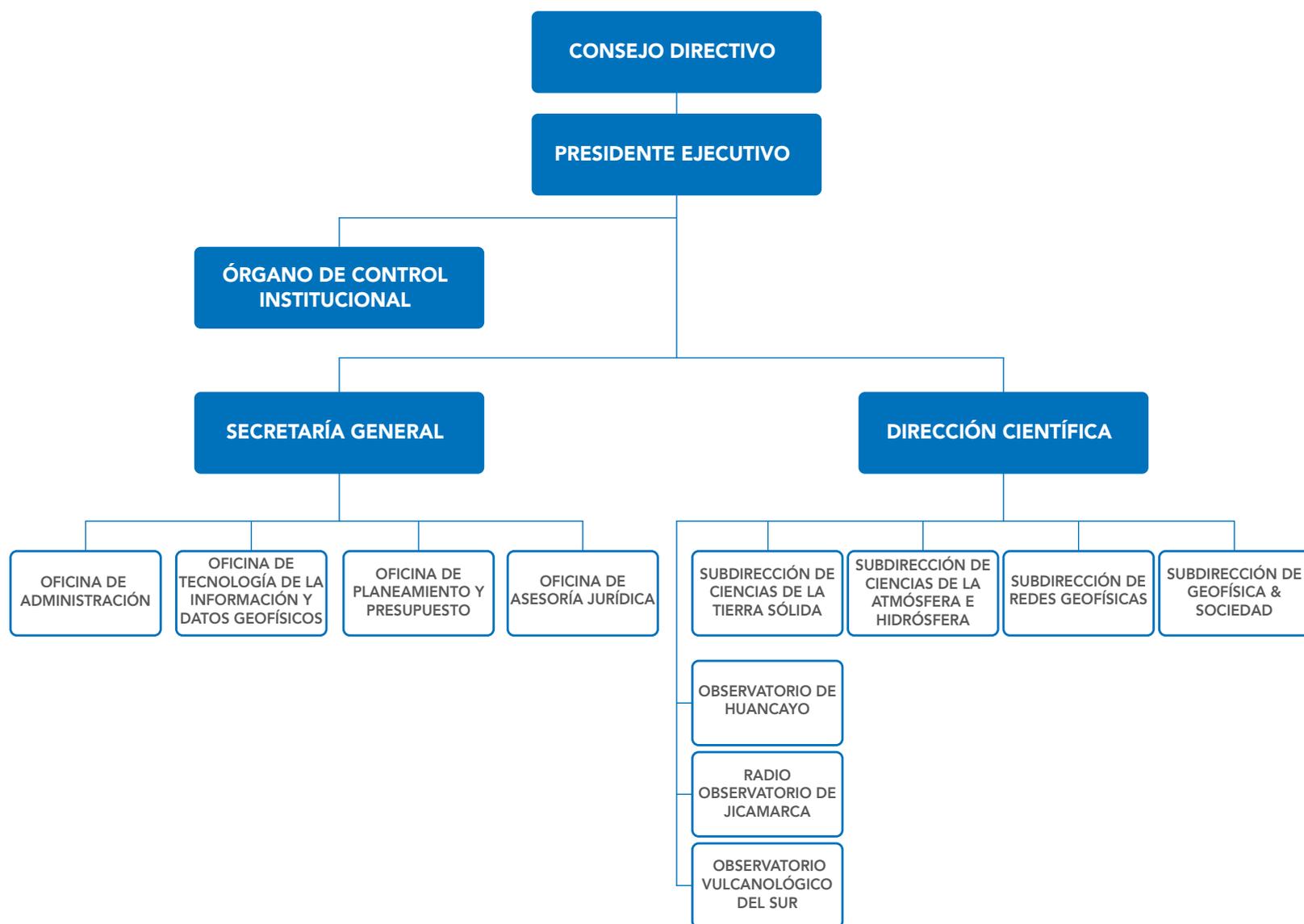
Desde la década pasada, el IGP ha renovado y consolidado procesos con la visión de avanzar y mejorar para así cumplir cabalmente con la misión de aportar con sus investigaciones al fortalecimiento de la gestión del riesgo de desastres.

Por ello, se ha destacado especialmente la puesta en marcha de la Red Sísmica Satelital y la ampliación de la Red Sísmica Nacional; la modernización de la estructura orgánica institucional —ello a partir de un nuevo Reglamento de Organización y Funciones (ROF) y sus correspondientes

instrumentos de gestión—; y la contratación y el afianzamiento de un nuevo equipo de investigadores. Todo ha fortalecido el potencial de investigación de la entidad en los campos de climatología, sismología, aeronomía, astronomía, vulcanología e hidrología, e iniciado nuevos campos como la paleoclimatología, oceanografía física, ingeniería sísmica, geodesia, geodinámica, entre otros.

Asimismo, producto de las nuevas políticas de Estado, el IGP ha recibido un incremento progresivo en su presupuesto, principalmente relacionado con el financiamiento y ejecución de proyectos de inversión y la implementación del enfoque de presupuestos por resultados (PpR). Este nuevo escenario hizo que cambiemos de manera sustancial las formas de llevar a cabo las actividades y tareas de nuestra institución, un ejemplo de ello es la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida, la cual ha realizado los estudios de suelos en 16 áreas urbanas ubicadas en departamentos de Lima (sur chico), Ica, Moquegua y Tacna. Todas ellas se encuentran ubicadas en zona costera frente a las áreas de alto potencial sísmico identificadas en estudios paralelos realizados por el IGP.

Organigrama



Aprobado como parte del Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del Instituto Geofísico del Perú (IGP), mediante Decreto Supremo N° 001-2015-MINAM.



Adquisición de registros de vibración ambiental.



Investigadores científicos

El IGP cuenta con los siguientes investigadores científicos:

- Hernando Tavera, doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid (España)
- Danny Scipión, Ph.D. por la Universidad de Oklahoma (EE.UU.)
- Edmundo Norabuena, Ph.D. por la Universidad de Miami (EE.UU.)
- Yamina Silva, Ph.D. por el Instituto Estatal de Hidrometeorología (Rusia)
- Marco Milla, Ph.D. por la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (EE.UU.)
- Alejandra Martínez, M.Sc. por la Universidad Ricardo Palma (Perú)
- Kobi Mosquera, doctor en Oceanografía Física por la Universidad Paul Sabatier (Francia)
- Ivonne Montes, doctora en Oceanografía por la Universidad de Concepción (Chile)
- Ken Takahashi, Ph.D. por la Universidad de Washington (EE.UU.)
- Jhan-Carlo Espinoza, doctor en Ciencias Ambientales por la Universidad Pierre y Marie Curie (Francia)
- Adolfo Inza, doctor en Ciencias de la Tierra por la Universidad Joseph Fourier (Francia)
- Antonio Pereyra, doctor en Astronomía por la Universidad de Sao Paulo (Brasil)
- Edgardo Pacheco, Ph.D. por la Universidad de Texas en Dallas (EE.UU.)
- Nobar Baella, doctor en Astronomía por el Observatorio Nacional de Brasil
- Juan Carlos Villegas, doctor en Ciencias de la Tierra por la Universidad de Niza Sophia Antipolis (Francia)
- James Apaéstegui, doctor en Geociencias-Paleoclimatología por la Universidad Federal de Fluminense (Brasil)
- Sergio Morera, Ph.D. por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú)
- Juan Carlos Gómez, M.Sc. por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú)
- Hugo Trigo, M.Sc. por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (Brasil)
- Isabel Bernal, M.Sc. por la Universidad Nacional Autónoma de México
- Liliana Torres, M.Sc. por la Universidad Blas Pascal (Francia)
- Ricardo Zubieta, M.Sc. por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú)
- Percy Cóndor, M. Sc. por la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Nino Puma, M. Sc. por la Universidad de Nice Sophia-Antipolis (Francia)
- Wendy Quiroz, M. Sc. por la Universidad Joseph Fourier (Francia)

Generando conocimiento científico

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS EN REVISTAS INDEXADAS

Uno de los logros concretos de toda investigación se visibiliza a través de artículos publicados en revistas indexadas de prestigio nacional e internacional. En el año 2017, los investigadores del IGP han continuado con el esfuerzo de divulgar a la comunidad científica nuevos conocimientos, por lo que se han publicado los siguientes artículos:

Ait Brahim, Y., Chengb, H., Sifeddine, A., Wassenburg, J., Cruzh, F., Khodric, M., Shab, L., Pérez-Zanón, N., Beraaouz, EH., Apaéstegui, J., Guyot, J-L., Jochum, K., Bouchaou, L. Speleothem records decadal to multidecadal hydroclimate variations in southwestern Morocco during the last millennium. *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 476, 15 October 2017, Pages 1–10, doi: 10.1016/j.epsl.2017.07.045

Apaza, J., Scipión, Lume, D., Saito, C. Development of two UAVs for volcano studies in southern Peru. *Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Proceedings of the 2017 IEEE 24th International Conference on, 15-18 Aug. 2017, DOI: 10.1109/INTERCON.2017.8079700

Bishop, B., Beck, S., Zandt, G., Wagner, L., Long, M., Knezevic Antonijevic, S. Kumar, A., Tavera, H. Causes and consequences of flat-slab subduction in southern Peru. *Geosphere*, vol. 13, n. 5, [August] doi:10.1130/GES01440.1

Bouchez, J., Moquet, J-S., Espinoza J.C., Martinez J-M., Guyot J-L, Lagane, C., Filizola N., Noriega, L., Hidalgo, L., Pombosa, R. River Mixing in the Amazon as a Driver of Concentration-Discharge Relationships. *Water Resources Research* · September-Nov 2017 DOI: 10.1002/2017WR020591

Cabezas D.P., L. M. Martínez, Y.J. Buleje, M. Ishitsuka, J. K. Ishitsuka, S. Morita, A. Asai, S. UeNo, T. T. Ishii and R. Kitai. "Dandelion" Filament Eruption and Coronal Waves Associated with a Solar Flare on 2011. *The Astrophysical Journal*, Volume 836, Number 1, February, DOI: 10.3847/1538-4357/836/1/33

Chavez, S., Takahashi, K. Orographic rainfall hotspots in the Andes-Amazon transition according to the TRMM precipitation radar and in situ data. *Journal of Geophysical Research: Atmosphere*, v. 122 (11), June 2017, pages 5870-5882, doi: 10.1002/2016JD026282.

Condori C., H. Tavera, G. Sant'Anna, M. Peres and G. Sand et al. Calibration of the local magnitude scale (ML) for Peru. *Journal of Seismology*, February, pp 1–13, 2017, DOI: 10.1007/s10950-017-9647-3

Condori C., G.S. França, H. Tavera, D.F. Albuquerquea, B.T. Bishop and S.L. Beck. Crustal structure of north Peru from analysis of teleseismic receiver functions. *Journal of South American Earth Sciences*, Volume 76, July 2017, Pages 11–24, DOI 10.1016/j.jsames.2017.02.006

Correa S. W., R. C. Dias de Paiva, J. C. Espinoza and W. Collischonna. Multi-decadal hydrological retrospective: Case study of Amazon floods and droughts. *Journal of Hydrology* (2017), Junio, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.04.019

Deng, J., Long, M., Creasy, N., Wagner, L., Beck, S., Zandt, G., Tavera, H., Minaya, E. Lowermost mantle anisotropy near the eastern edge of the Pacific LLSVP: constraints from SKS–SKKS splitting intensity measurements. *Geophysical Journal International*, Volume 210, Issue 2, 1 August 2017, Pages 774–786, doi.org/10.1093/gji/ggx190

Dewitte, B., Takahashi, K. Diversity of moderate El Niño events evolution: role of air–sea interactions in the eastern tropical Pacific. *Climate Dynamics*, pp 1–22, doi: 10.1007/s00382-017-4051-9

Espinoza-Villar, R., Martinez J-M., Armijos, E., Espinoza, J-C., Filizola, N., Dos Santos, A., Willems B., Fraizy P., Santini W., Vauchel P. Spatio-temporal monitoring of suspended sediments in the Solimões River (2000–2014). *Comptes Rendus Geoscience*, doi:10.1016/j.crte.2017.05.001, June 2017

Farrapo, D., Sand, G., Paes, L., Assumpção, M., Bianchi, M., Vieira, L., Condori., Estrela, M. *Journal of South American Earth Sciences* 79 · September 2017, DOI: 10.1016/j.jsames.2017.08.019.

Florentino, A., Charapaqui, S., De La Jara, C., Milla, M. Implementation of a ground based synthetic aperture radar (GB-SAR) for landslide monitoring: System description and preliminary results. *Proceedings of the 2016 IEEE 23rd International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2016*, 2-5 Aug. 2016, Piura, Peru, doi: 10.1109/INTERCON.2016.7815579

Hysell, D. L., Milla M.A., Woodman R. F. High-altitude incoherent-scatter measurements at Jicamarca. *Journal of Geophysical Research: Space Physics* Volume 122 (2), February 2017 , Pages 2292–2299, DOI: 10.1002/2016JA023569

Jauregui, Y., Takahashi, K. Simple physical-empirical model of the precipitation distribution based on a tropical sea surface temperature threshold and the effects of climate change. *Climate Dynamics*, June 2017, pages 1-21 DOI 10.1007/s00382-017-3745-3

Junquas, C., Takahashi, K., Condom, T., Espinoza, J-C., Chavez, S., Sicart, J-E., Lebel, T. Understanding the influence of orography on the precipitation diurnal cycle and the associated atmospheric processes in the central Andes. *Climate Dynamics*, Volume 49, agosto 2017, p. 1-23, doi: 10.1007/s00382-017-3858-8

Kesaraju, S., Mathews, J. D., Milla, M., Vierinen, J. Range-Doppler Mapping of Space-Based Targets Using the JRO 50 MHz Radar. *Earth, Moon, and Planets*, December 2017, Volume 120, Issue 3, pp 169–188, DOI: 10.1007/s11038-017-9510-0

L'Heureux, M., Takahashi, K., Watkins, A., Barnston, A., Becker, E., Di Liberto, T., Felicity Gamble, Jon Gottschalck, Michael S. Halpert, Boyin Huang, Kobi Mosquera-Vásquez,

and Andrew T. Wittenberg. Observing and Predicting the 2015/16 El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, July 2017, pp: 1663-1382, doi: 10.1175/BAMS-D-16-0009.1

Marengo J.A., Espinoza, J.C., Ronchail, J., Alves, L.M. and Baez, J. [Regional Climates] Central South America [in "State of the Climate in 2016"]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 98(8), S187-S190.

Marengo, J. A., Espinoza, J. Alvez, C., Ronchail, L. M. Drought in Bolivia: The worst in the last 25 years. Chapter in [State of the Climate in 2016] / American Meteorological Society. Blunden, J., and D. S. Arndt, Eds., August 2017: State of the Climate in 2016. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 98 (8), Si-S277, doi:10.1175/2017BAMSSStateoftheClimate.1.

Matzka, J., Siddiqui, T. Henning, Lilienkamp, C.S., Veliz, O. Quantifying solar flux and geomagnetic main field influence on the equatorial ionospheric current system at the geomagnetic observatory Huancayo. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* October (2017), Vol. 163, pages 120-125, DOI: 10.1016/j.jastp.2017.04.014

Molina-Carpio J., J. C. Espinoza, P. Vauchel, J. Ronchail, B. Gutierrez, J. L. Guyot and L. Noriega. Hydroclimatology of the Upper Madeira River basin: spatio-temporal variability and trends. *Hydrological Sciences Journal*, Pages 1-17 , Published online: 17 Jan 2017; DOI: 10.1080/02626667.2016.1267861

Morales, C., Bernal, I., Tavera, H., Arredondo, L., y Oyola. Espectros de respuesta elástica de pseudoaceleración a partir del análisis dinámico lineal equivalente del sueño en Chimbote – Perú [Pseudoacceleration elastic response spectra from soil linear equivalent dynamic analysis in Chimbote - Perú]. *Boletín de Geología* ISSN: 0120-0283 (PRINT) Vol. 39, N° 2, mayo-agosto de 2017

Morera, S., Condom, T., Crave, A., Steer, P. & Guyot, J. The impact of extreme El Niño events on modern sediment transport along the western Peruvian Andes (1968–2012). *Scientific Reports* 7, Article number: 11947 (2017) DOI:10.1038/s41598-017-12220-x

Paccini, L. Espinoza, J.C. Ronchail, J. and Segura, H. Intra-seasonal rainfall variability in the Amazon basin related to

large-scale circulation patterns: a focus on western Amazon–Andes transition región. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY Int. J. Climatol.* (2017) DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32464-9

Pereira, C. B., Baella N. O., Drake, N. A., Miranda, L. F., and Roig, F. High-resolution optical spectroscopic observations of four symbiotic stars: AS 255, MWC 960, RW Hya, and StH 32. *The Astrophysical Journal*, 841 (1), 2017 May 20, doi: 10.3847/1538-4357/aa6d78

Pérez A., D. Gutiérrez, M. S. Saldarriaga and C. J. Sanders. Hydrological controls on the biogeochemical dynamics in a Peruvian mangrove forest. *Hydrobiologia*, Springer, febrero 2017, DOI: 10.1007/s10750-017-3118-2

Ramírez E. A. A. M. Magalhães, J. W. Davidson Jr., A. Pereyra and M. Rubinho. CLAIRE: An UHF wind profiler radar for turbulence and precipitation studies. 2016 IEEE XXIII International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON), 2-5 Aug. 2016, Piura, Peru, 10.1109/INTERCON.2016.7815577 (Publicado el 1 January 2017)

Ramírez E. A. A. M. Magalhães, J. W. Davidson Jr., A. Pereyra and M. Rubinho. Solvepol: A reduction pipeline for imaging polarimetry data. *The Astronomical Society of the Pacific*, v. 129, n. 975, March

Ruiza, S., Tavera, H., Poli, P., Herrera, C., Flores, C., Rivera, E., Madariaga, R. The deep Peru 2015 doublet earthquakes. *Earth and Planetary Science Letters*. Volume 478, 15 November 2017, Pages 102-109

Saavedra M., Takahashi, K. Physical controls on frost events in the central Andes of Peru using in situ observations and energy flux models. *Agricultural and Forest Meteorology* 239, May, p. 58-70. DOI: 10.1016/j.agrformet.2017.02.019

Socquet, A. J. Piña, J. Jara, F. Cotton, A. Walpersdorf, N. Cotte, S. Specht, F. Ortega-Culaciati, D. Carrizo and E. Norabuena. An 8 month slow slip event triggers progressive nucleation of the 2014 Chile megathrust. *Geophysical Research Letter*, Volume 44, Issue 9, 16 May 2017, Pages 4046–4053, DOI: 10.1002/2017GL073023

Suárez L.F., J.L. Flores, A.J. Pereira and H.A. Karam. Ultraviolet solar radiation in tropical central Andes (12.0°S). *Photochemical & Protobiological Sciences*, 1-20 p., June, DOI: 10.1039/c6pp00161k.

Sulca, J., Takahashi, K., Espinoza J-C., Vuille, M., Lavado-Casimiro, W. Impacts of different ENSO flavors and tropical Pacific convection variability (ITCZ, SPCZ) on austral summer rainfall in South America, with a focus on Peru. *International Journal of Climatology*, July 2017, doi: 10.1002/joc.5185

Takahashi B., Martinez, A. Climate change communication in Peru. *Oxford Research Encyclopedias of Climate Science*, April, doi: 10.1093/acrefore/9780190228620.013.574

Takahashi K., Martínez, A. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific. *Climate Dynamics*, May 2017, doi: 10.1007/s00382-017-3702-1.

Vauchel, P., Santini, W., Guyot, J.L., Moquet, J.S., Martinez, J.M., Espinoza, J.C., Baby, P., Fuertes, O., Noriega, L., Puita, O., Sondag, F., Fraizy, P., Armijos, E., Cochonneau, G., Timouk, F., de Oliveira, E., Filizola, N., Molina, J., Ronchail, J. A reassessment of the suspended sediment load in the Madeira River basin from the Andes of Peru and Bolivia to the Amazon River in Brazil, based on 10 years of data from the HYBAM monitoring programme. *Journal of Hydrology*, Vol. 553 pp. 35 - 48, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.07.018

Vierinen, J., Tveito, T., Björn, Gustavsson, S. K., Milla, M. Radar images of the Moon at 6-meter wavelength. *Icarus*, Volume 297, 15 November 2017, Pages 179-188, doi: 10.1016/j.icarus.2017.06.035

Zahradník J., H. Čížková, C. R. Bina, E. Sokos, J. Janský, H. Tavera and J. Carvalho. A recent deep earthquake doublet in light of long-term evolution of Nazca subduction. *Scientific Reports*, 7:45153, March, DOI: 10.1038/srep45153

Zubieta, R., Getirana, A., Espinoza, J.C., Lavado-Casimiro, W., Aragon, L. Hydrological modeling of the Peruvian-Ecuadorian Amazon Basin using GPM-IMERG satellite-based precipitation dataset. *Hydrology and Earth System Sciences*, 21 (7) pp. 3543 - 3555, Jul 2017, DOI:10.5194/hess-21-3543-2017

OTRAS PUBLICACIONES

En la misma línea de visibilizar la producción de conocimientos, en el año 2017, los investigadores del IGP han continuado publicando los artículos y pósters que a continuación presentamos:

- Condori, C., Sand França, G., Tavera, H., Eakin, C., "Upper mantle seismic anisotropy beneath Northern Peru from shear wave splitting analysis". *II Simposio Brasileiro de Sismologia*. 11 a 15 de noviembre de 2017. João Pessoa - Paraíba.
- Condori, C., Sand França, G, Tavera, H. Eakin, C. , 2017. "Anisotropia sísmica do Manto superior sob o Noroeste do Peru a partir da Divisão de Ondas Cisalhantes SKS" *XVI Simposio Nacional de Estudos Tectónicos*. 22 a 24 maio de 2017 / Salvador - BA – Brasil.
- OAUNI photometry of SN2017glq/Gaia17cfi, Pereyra, A. y Ricra, J. (2017). "The Astronomer's Telegram", 11040 (ver 8.1)
- OAUNI photometry of SN2017 gmr/DLT17cq, Pereyra, A. y Ricra, J. (2017). "The Astronomer's Telegram", 11083 (ver 8.2)
- Pereyra A., J. Ricra y M. Zevallos. "OAUNI photometry of ASASSN-16gq/AT2016cym". *The Astronomer's Telegram*.
- Quiroz, W. y Villegas J.C. (2017). "Campo de velocidad GPS y acoplamiento intersísmico en la subducción del Perú". *Informe Técnico Especial 2017: peligros geodinámicos en la ciudad de Arequipa Cercado y zonas aledañas*. pp. 46-53.
- Sand França, G., Condori, C., Tavera, H., Eakin, C., Beck, S.L, 2017. "Upper mantle seismic anisotropy beneath Northern Peru from shear wave splitting analysis". *AGU Fall Meeting, 2017, New Orleans*.

EVENTOS CIENTÍFICOS

En cuanto a la presencia de nuestros investigadores en eventos nacionales o internacionales, cumpliendo el objetivo de divulgar el conocimiento desarrollado, el

Dr. Juan Carlos Villegas, investigador científico del IGP, participó como ponente en cuatro eventos científicos, dos internacionales y dos nacionales.

El primer evento fue Jornadas de Ciencias de la Tierra, que se llevó a cabo en la ciudad de Quito, Ecuador entre el 8 y 14 de mayo del 2017, estuvo organizado por el Instituto Geofísico de Ecuador. El segundo evento, denominado Asamblea Conjunta del IAG-IASPEI, se realizó en la ciudad de Kobe, Japón, entre el 4 de julio y 30 de agosto del 2017. Asimismo, asistió al coloquio Las Geociencias en los 100 años PUCP-50 años IRD, celebrado en Lima, el 10 de agosto del 2017. Finalmente, el cuarto evento fue XXVI Simposio Peruano de Física, en la ciudad de Huacho, del 13 al 17 de noviembre del 2017. En estos eventos, el Dr. Villegas expuso las investigaciones sobre deformación de la corteza terrestre, el acoplamiento sísmico en la zona de subducción del Perú y las zonas con mayor potencial para producir terremotos de gran magnitud en la costa peruana.

Por otro lado, la Mgtr. Wendy Quiroz participó como ponente en el Encuentro Científico SINAPSIS, celebrado en la ciudad de Berlín (Alemania) del 5 al 7 de octubre del 2017, donde mostró resultados sobre el desplazamiento asociado al sismo de Acarí del 2013 (Mw=7.0) y la deformación intersísmica en el sur del Perú. Además, se participó también en el World Conference on Earthquake Engineering con el trabajo de investigación titulado "Estimate the thickness of the sedimentary deposits in Ica – Peru by the gravimetric method", cuyos autores son los investigadores del IGP Isabel Bernal, Wilfredo Sulla, Hernando Tavera, Juan Carlos Villegas, Juan Carlos Gómez y Rocío Parillo.

Nuestros investigadores e ingenieros de la sede Jicamarca, participaron en diferentes eventos nacionales e internacionales de carácter científico tales como el EISCAT SOC/SAC (Reino Unido y Francia), Exploring the Geospace Frontier: Quo Vadis? (EE. UU.), URSI-ICTP School on Radio Physics (Italia), 2017 CEDAR Workshop (USA) y MST15/iMST2 workshop (Japón). Entre los eventos nacionales, se participó en el Encuentro Científico Internacional (ECI) edición verano e invierno 2017, Congreso Internacional de Ingeniería Eléctrica, electrónica y computación (Intercom 2017), XXIV Coneimera 2017, II Congreso de Ingeniería Electrónica (E-CON UNI) y el workshop internacional "PERÚSAT - 1: Lecciones aprendidas 2017"

En el área de Astronomía, los eventos en los que el IGP participó fueron los siguientes: "La vida de las estrellas",

FC-UNI, en el mes de octubre, con la asistencia del Dr. Nobar Baella; "Astronomía en Perú", FC-UNI, realizado en el mes de octubre, con la asistencia del Dr. Antonio Pereyra; "Astronomía en Huancayo", FC-UNI, realizado en el mes de noviembre, con la asistencia del Dr. Antonio Pereyra; "Fotometría astronómica en el Observatorio de Huancayo", SOPERFI, realizado en el mes de noviembre en la ciudad de Huacho, con la asistencia del Dr. Antonio Pereyra; adicionalmente, el Dr. Baella participó como expositor en la "2ª Escuela de Astronomía de la UNMSM", realizada en el mes de agosto.

ASUNTOS ACADÉMICOS

En el IGP se coordinan y organizan eventos técnico-científicos como charlas, conferencias, talleres, entre otros, promovidos y conducidos por las diversas unidades de la institución. Asimismo, se editan y publican los trabajos de investigación de los estudiantes (practicantes y tesis) en un compendio anual. Otros de los servicios que se brinda a la ciudadanía en general es el de la biblioteca 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 con la geofísica.

Capacitación de alto nivel

En la sede de Jicamarca, se desarrolló en el 2017 una nueva edición del programa "Experiencia en investigación científica y desarrollo tecnológico para estudiantes", el cual contó con practicantes de diversas universidades de las facultades de Ingeniería Electrónica, Eléctrica, Física, Matemáticas, Ciencias e Informática.

Mientras que dentro del programa institucional de tesis, el IGP incorporó nuevas tesis, investigaciones financiadas por recursos ordinarios y por donaciones y transferencias. En las siguientes páginas, se presenta la lista de dichas investigaciones.

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) el 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 2017 cuenta con una colección de más de 9000 ejemplares distribuidos entre monografías, libros, tesis, reportes técnicos, publicaciones periódicas, artículos, congresos, recursos electrónicos y audiovisuales, que abarcan diversos temas como geología, geofísica, atmósfera, astronomía, climatología, fenómeno El Niño, sismología, vulcanología, gestión del riesgo de desastres, geomagnetismo, medio ambiente, agricultura, ingenierías, entre otros.

Entre los servicios que brinda se encuentran lectura en sala, préstamos de libros al personal interno y externo, préstamo interbibliotecario, acceso gratuito a Internet, servicio de fotocopiado, digitalización y fotografía, emisión de alertas bibliográficas, búsquedas especializadas, análisis bibliométrico de publicaciones científicas, etc. Además, gestiona los números de ISBN, ISSN y depósito legal de las publicaciones institucionales y emite trimestralmente el Calendario Científico de Eventos Internacionales. En cuanto a la facilitación de recursos electrónicos durante este año, se brindó acceso a importantes bases de datos científicas, tales como Knovel, ASCE/IGDC, Proquest (Dissertations & Theses A&I - Dissertations & Theses Global), Meteorological & Geostrophysical Abstracts, Wiley Journals, IOP Science e IEEE Conferences.

Concedores de la importancia del uso de la tecnología en el contexto actual, se ha priorizado la construcción del catálogo en línea y la página web para el año 2018, los cuales permitirán al usuario, un mayor y mejor acceso a la colección científica de la biblioteca del IGP.

Repositorio Digital

El Repositorio Digital del IGP tiene como objetivo permitir el libre acceso a la producción científica institucional, optimizando su visibilidad y el reconocimiento de sus investigadores. Asimismo, busca garantizar la preservación y conservación de la información científica en ciencias de la Tierra. Bajo la asistencia técnica del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) e integrado en Acceso Libre a la Información Científica para la Innovación (ALICIA), el Repositorio Digital ha logrado un alto índice de búsquedas en temas como climatología, El Niño, desastres, ciencia, investigación científica, corrientes oceánicas y gestión de emergencias. Para mayor información, diríjase a <http://repositorio.igp.gob.pe>.



Biblioteca IGP en nuestra sede Mayorazgo.



Fachada de la sede IGP Camacho.

LISTA DE TESIS DE INVESTIGACIÓN - IGP

NOMBRES	UNIVERSIDAD DE PROCEDENCIA	CARRERA PROFESIONAL	TEMA DE TESIS	ASESOR(A)	RECURSOS
Advíncula Zeballos, Orlando	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Mg. en Ecosistemas y Recursos Acuáticos con mención en Ecosistemas acuáticos	Variación temporal de la estructura comunitaria de la infauna macrobentónica en los bancos del cangrejo <i>Ucides Occidentalis</i> (Ortman, 1987), en los manglares del río Zarumilla, Tumbes, Perú	Dr. César Córdova	DyT
Aparco Lara, Tony	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Lic. Física	Influencia de la variabilidad Antártica sobre el Sistema de Corrientes de Perú	Dra. Ivonne Montes	RO
Arredondo García, Luz	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Geofísica	Aplicación de la norma técnica E-030 (Diseño sismorresistente) en la clasificación de los suelos en el área urbana del distrito de Santa Rosa	Dr. Hernando Tavera	RO
Campoverde Oropesa, José	Universidad Nacional Federico Villarreal	Geofísica	Escenarios de riesgo sísmico en el distrito de San Isidro	Dr. Hernando Tavera	RO
Carhuapuma Ramos, Mónica	Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica	Ing. Ambiental y Sanitaria	Modelado del transporte de sedimentos total en una cuenca de alta montaña	Dr. Sergio Morera	RO
Centeno Moncada, Estela	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Geofísica	Geometría y distribución de esfuerzos en el borde oriental de la región central del Perú	Dr. Hernando Tavera	RO
Cuya Crispín, Ademir	Universidad Nacional Federico Villarreal	Geografía	Escenarios de riesgo sísmico y lluvias intensas en el área urbana de Chosica	Dr. Hernando Tavera	RO
Feijoo Fox, Eduard	Universidad Nacional de Trujillo	Maestría en Gestión Ambiental	Gestión y manejo del ecosistema manglar en Perú y Ecuador: una comparación binacional	Mag. Alejandra Martínez	RO
Galdos Segura, Andréé	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Lic. Física	Variación estacional de la radiación infrarroja, humedad del suelo y su efecto sobre la temperatura mínima superficial en el Observatorio de Huancayo	Dra. Yamina Silva	RO
Gómez Socola, José	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Ing. Electrónica	Diseño e implementación de un sistema receptor para la estimación del contenido total de electrones (TEC) relativo	Dr. Edgardo Pacheco	DyT
Goyburo Peña, Andrés	Universidad Nacional Agraria La Molina	Ing. Agrícola	Monitoreo y caracterización del transporte de sedimentos total durante crecidas o eventos extremos El Niño en el río Tumbes	Dr. Sergio Morera	RO

NOMBRES	UNIVERSIDAD DE PROCEDENCIA	CARRERA PROFESIONAL	TEMA DE TESIS	ASESOR(A)	RECURSOS
Gutiérrez Cori, Omar	Universidad Nacional Agraria La Molina	Maestría en Recursos Hídricos	Estimación de índices de sequía mediante Sensoramiento Remoto integrando MODIS y TRMM en la cuenca andino-amazónica peruana	Dr. Jhan-Carlo Espinoza	RO
Morales Saravia, Alessandro	Universidad Nacional del Callao	Ing. Electrónica	Diseño e implementación de una estación de recarga autónoma para un vehículo aéreo no tripulado para el monitoreo de volcanes	Dr. Danny Scipión	RO
Pinto Chávez, Gisela	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Geofísica	Evaluación sismotectónica del volcán Ticsani usando datos de redes sísmicas locales	Dr. Hernando Tavera	RO
Ramos Chura, Sonia	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Geofísica	Análisis y evaluación de la distribución espacial de la sismicidad y lagunas sísmicas presentes en el borde occidental de Sudamérica	Dr. Hernando Tavera	RO
Revilla Diaz, Victoria	Universidad Nacional Federico Villarreal	Ing. Geográfica	Control de flujos de lodos y detritos en la quebrada de Cashahuacra	Ing. Juan Carlos Gómez	RO
Saito Gutiérrez, Keiko	Universidad Nacional Agraria La Molina	Ing. Meteorología	Variabilidad de los vientos de alta tropósfera y su relación con las precipitaciones en los Andes Centrales	Dr. Jhan-Carlo Espinoza	RO
Suclupe Osorio, José	Universidad Nacional de Ingeniería	Física	Estudio de las capa E esporádica en la región ecuatorial	Dr. Edgardo Pacheco	DyT
Vargas Alva, Katherine	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Geofísica	Pronóstico de erupción volcánica mediante la identificación de señales sísmicas y de potencial espontáneo en el volcán Ubinas y análisis de la sismicidad en el volcán Sabancaya (noviembre 2015-diciembre 2016)	Dr. Orlando Macedo	RO
Vásquez Ortiz, Víctor	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo	Ing. Electrónica	El Tiempo Universal Coordinado (UTC) en la estandarización de datos del radar de Jicamarca	Dr. Marco Milla	DyT
Zegarra Valles, Mario	Universidad Nacional de Ingeniería	Física	Implementación de un espectrógrafo de laboratorio a un telescopio de 0,60 m para la obtención de espectros estelares	Dr. Nobar Baella	RO
Zubieta Barragán, Ricardo	Universidad Nacional Agraria La Molina	Doctoris Philosophiae en Recursos Hídricos	Estimación de concentración de lluvia diaria y eventos hidrológicos extremos en Cuencas andino-amazónicas empleando precipitación basada en satélites	Dr. Jhan-Carlo Espinoza (Patrocinador)	DyT

Gestión institucional

El IGP, organismo público adscrito al Ministerio del Ambiente, se rige por su propia Ley de Creación, establecida en el Decreto Legislativo N° 136, de fecha 12 de junio de 1981. En ella, se enumeran sus principales funciones que resumimos y presentamos a continuación:

- Ejecutar proyectos de investigación científica para comprender la naturaleza del medio ambiente geofísico de nuestro país y aportar información vital para los planes de prevención de desastres producidos por los peligros naturales
- Ser el centro de perfeccionamiento académico de alto nivel científico y técnico para estudiantes universitarios y afines, incorporándolos en las actividades de investigación y desarrollo del país
- Ofrecer asistencia en tecnología y ciencias de la sismología, vulcanología, geodesia espacial, astronomía, alta atmósfera, variabilidad del tiempo y clima, peligro sísmico, sismicidad inducida, prospección geofísica, propagación de ondas electromagnéticas, recepción y procesamiento de imágenes de satélite, entre otras

En el año 2017, la gestión del IGP se mantuvo comprometida con la sociedad peruana. Se reafirmó en que la generación permanente de conocimiento sobre el mundo que vivimos es un mecanismo necesario para asegurar el bienestar social y económico de sus habitantes. Esto es posible gracias a la recolección de información de parámetros físicos del entorno que nos rodea y que nos permiten estimar el estado de su comportamiento futuro.

El IGP monitoreó parámetros de la Tierra mediante la instalación distribuida de sensores a nivel nacional, los cuales forman parte de un grupo especializado de instrumentos geofísicos de última tecnología y cuyo funcionamiento es el punto de inicio para realizar estudios en diversos ámbitos de la ciencia, tales como la sismología, vulcanología, dinámica de fallas activas y movimientos en masa. En el IGP el diseño,

planificación, instalación y operación son desarrollados por la Subdirección de Redes Geofísicas, la cual en el 2017 ha continuado con el fortalecimiento de las diversas redes de instrumentación que operan en todo el país. De esta forma, la Red Sísmica Nacional ha llegado a la cifra de 62 estaciones sísmicas distribuidas a nivel nacional, de las cuales 47 cuentan con transmisión satelital VSAT y 15 con conexión a Internet para enviar su información en segundos al Centro Nacional de Monitoreo Sísmico Acelerométrico (Censis), ubicado en Lima.

Por otro lado, se completó la instalación de 169 modernos acelerómetros que constituyen el núcleo de los 192 componentes de la Red Acelerométrica Nacional, la cual permitirá obtener mapas de intensidades sísmicas inmediatamente después de ocurrido un sismo para evaluar los niveles de sacudimiento. Mientras que, dentro del Programa Presupuestal 068, la Red de Monitoreo de Deformación (RMD) ha alcanzado 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).

Todas estas actividades de instrumentación tienen un fin común: brindar a la sociedad un mayor y mejor conocimiento de los peligros naturales para garantizar así la continuidad del desarrollo del país, así como de una buena calidad de vida de los ciudadanos.

Al inicio del 2017, el fenómeno El Niño costero afectó al Perú y Ecuador, y dejó al país una serie de lecciones y reflexiones de lo que se ha avanzado y, sobre todo, lo que falta por hacer en materia de investigación en gestión del riesgo de desastres (GRD) en beneficio de la sociedad en su conjunto. Tras la evaluación de dichas lecciones, desde el nicho de acción de cada entidad pública involucrada con la GRD, será responsabilidad de ellas aplicar las conclusiones respectivas para generar un mejor escenario cuando un nuevo evento de estas características se haga presente.

En el caso puntual del IGP, nuestros investigadores continúan trabajando para mejorar los pronósticos y estudios a nivel nacional, en el marco de la Comisión Técnico Multisectorial del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen), como en el ámbito internacional. Por lo pronto, es menester de la institución compartir las siguientes premisas con el fin de un mejor entendimiento de este evento cíclico que se registra desde culturas precolombinas y que afectará a las futuras generaciones de peruanos.

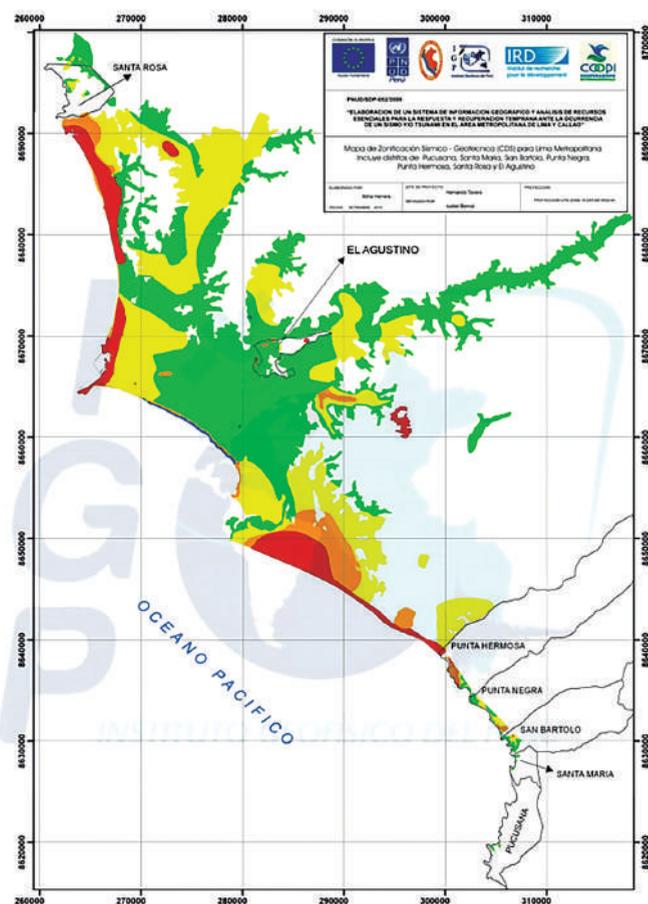
Se conoce como El Niño al calentamiento del Pacífico Central. Mientras que un evento El Niño costero se da cuando el mar solo se calienta frente a la costa peruana. Cada evento El Niño (costero o no) es diferente. Algunos se pueden pronosticar con meses de anterioridad. Mientras que otros aparecen muy rápido (las aguas calientes pueden hacer su aparición en dos semanas) como el de 1891 y 1925. No se puede asegurar el nivel de influencia del cambio climático en los eventos El Niño, pero es necesario continuar investigando para identificar posibles impactos del primero al segundo.

El Niño y El Niño Costero no necesariamente se producen en conjunto; por ello, los medios de prensa deben saber diferenciarlos, ya que los impactos son distintos. Los enunciados presentados son solo un pequeño aporte. No obstante, el IGP comparte los resultados de sus investigaciones a nivel nacional a través de boletines técnicos sobre el monitoreo y estudio del fenómeno y en el ámbito internacional mediante la publicación de artículos científicos en revistas indexadas, compromiso que se renueva cada nuevo año.

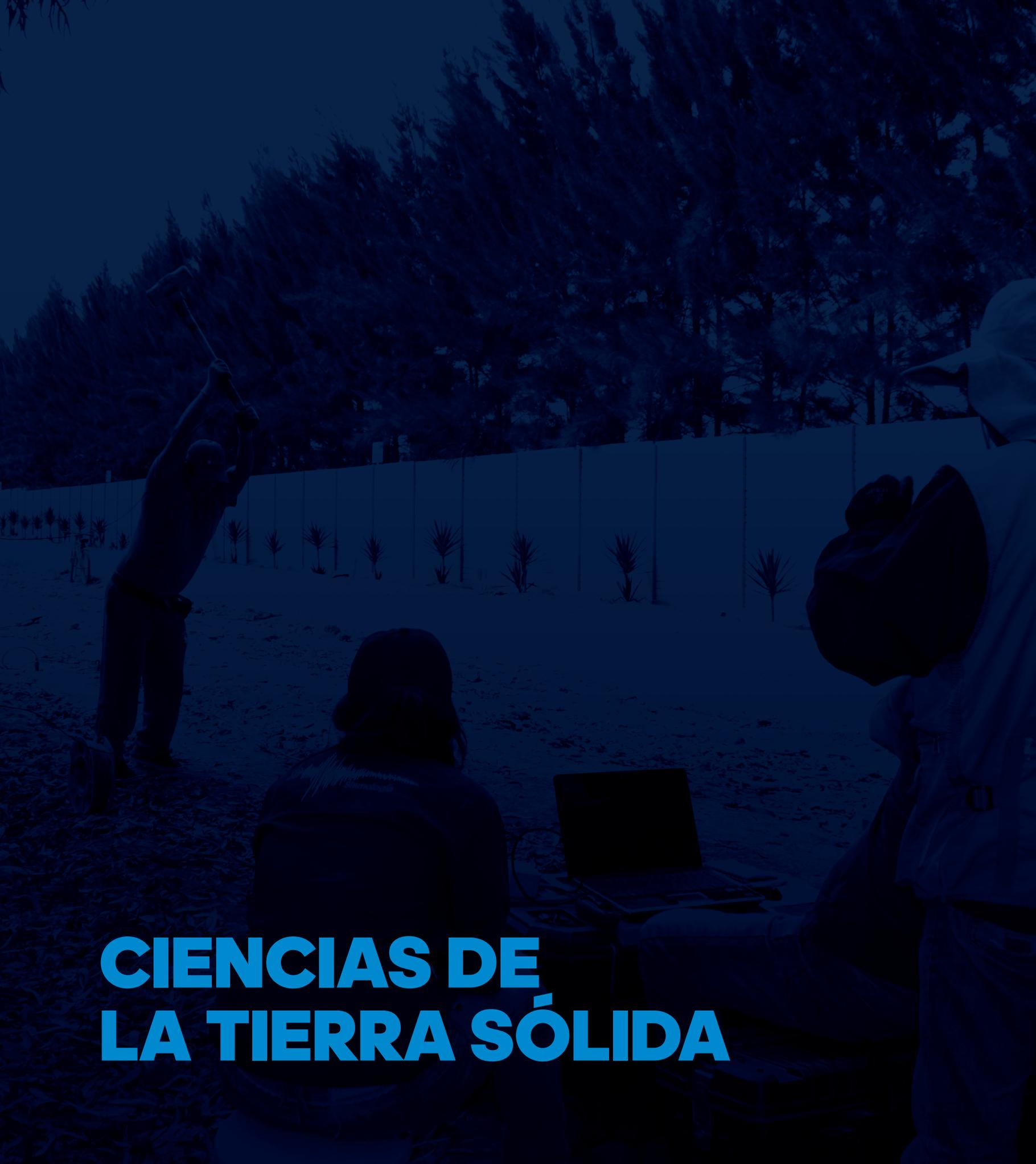
Por otro lado, es preciso señalar que un factor vinculado a la pendiente modernización de la estructura institucional es el relacionado con el factor humano del IGP. El personal científico de alto nivel era insuficiente para desarrollar las diferentes líneas de investigación requeridas y no existe la posibilidad de abrir nuevos puestos de trabajo estables. Asimismo, a partir del autodiagnóstico realizado en la institución, se evidenció una serie de temas por mejorar, lo que es preciso trabajar a partir de la aplicación del nuevo Modelo de Gestión del Conocimiento, documento que se elaboró participativamente durante el año 2017.

En los casos del personal científico y del administrativo, es preciso notar que los niveles remunerativos son los más exigüos del sector, ya que no se han realizado mejoras salariales desde el 2001, lo que incide directamente en el ambiente laboral de la entidad.

Cabe resaltar también que el IGP y sus profesionales no dejan de aportar su conocimiento y experiencia a los campos de la geofísica relacionados con los peligros naturales y a otras disciplinas de interés internacional, muchas veces gracias al reconocimiento y apoyo económico de instituciones externas; ellos desarrollan su gestión de la manera que hemos descrito.



Mapa de Zonificación Sísmica para Lima Metropolitana en la cual se incluyen los distritos de Pucusana, Santa María, San Bartolo, Punta Negra, Punta Hermosa, Santa Rosa y El Agustino. Mapa elaborado por CISMID (2005). El IGP contribuyó con estudios en los distritos nombrados.



**CIENCIAS DE
LA TIERRA SÓLIDA**



Estación total de utilizada para los levantamientos topográficos en los estudios de zonificación sismo-geotécnica.

CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

La Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida (SCTS) tiene como misión promover, coordinar y ejecutar investigaciones científicas y estudios interdisciplinarios en los campos de la Tierra sólida, a través de programas de investigaciones orientados a conocer, ampliar y generar nuevo conocimiento geofísico para el desarrollo de la ciencia y contribución al proceso de estimación del peligro en la gestión del riesgo como interés nacional.

GEODESIA ESPACIAL

La Unidad de Geodesia Espacial realiza estudios de investigación y genera información técnico-científica en beneficio de la comunidad académica con impacto social que aporta en el desarrollo nacional.

En el 2017, en cuanto a la obtención de financiamiento para proyectos de investigación, el equipo de investigación de la Unidad de Geodesia Espacial presentó un proyecto de investigación al concurso Reto Perú Resiliente 2017, organizado por el Ministerio de la Producción – Innóvate Perú, que resultó ganador y obtuvo financiamiento por S/ 245 867,13. Este proyecto titulado “Identificación del potencial sísmico en el área del gap sísmico de Nazca utilizando mediciones precisas de la deformación de la corteza terrestre con instrumentos GNSS/GPS para una mejor estimación del riesgo” permitirá instalar y medir puntos de monitoreo geodésico con la finalidad de identificar y caracterizar el potencial sísmico en el gap sísmico de Nazca, un segmento de la zona de subducción poco estudiado y que en el pasado ha sido afectado por sismos de gran magnitud y que continúa acumulando energía sísmica para generar un nuevo terremoto. Además, se investigará cuál es el impacto en la dorsal de Nazca en el proceso de subducción.

Otro proyecto que resultó ganador en el concurso Proyectos de Investigación Básica y Aplicada 2017-02, organizado por Concytec, se titula “Evaluación geodinámica, geofísica y geológica de los deslizamientos de tierra que afectan la seguridad física de la ciudad Huancabamba (Piura)”. Este proyecto elaborado y presentado por el equipo de investigación de la Unidad de Geodesia Espacial, en colaboración con investigadores de las Unidades de Geodinámica e Ingeniería Sísmica, consiste en estudiar y caracterizar los procesos de deslizamiento de masas sobre



Personal del IGP monitoreando un punto de control GPS en Cusco.

los que se encuentra asentada la ciudad de Huancabamba, también conocida como “la ciudad que camina”. Se tiene registro de que los deslizamientos detonados por sismos y lluvias intensas han producido en esta ciudad pérdida de vidas humanas, económicas, así como daño a la infraestructura. Se prevé aplicar métodos geodésicos, geofísicos, geotécnicos e hidrológicos para estudiar y caracterizar las propiedades físicas de los procesos que controlan el deslizamiento.

En el proyecto de investigación del convenio 100-2015/ Fondecyt “Estudio de la deformación de la corteza terrestre y estimación del acoplamiento sísmico a partir de mediciones geodésicas en la zona de subducción Centro Norte del Perú”, se realizó la segunda campaña de medición de puntos geodésicos. Se midieron un total de 46 puntos distribuidos en el borde occidental de las regiones norte y centro del Perú. El cálculo preliminar del campo de velocidad ha permitido obtener soluciones consistentes con las tasas de deformación obtenidas en estudios anteriores.

Se prevé realizar una tercera medición durante el 2018 a fin de ajustar el campo de velocidad y reducir la incertidumbre de las soluciones.

Respecto a la gravimetría se logró completar la digitalización de información de gravedad, referencias de ubicación y valores de elevación de más de 6 000 puntos gravimétricos distribuidos en el territorio nacional. Esta información se completará durante el 2018 y posteriormente se realizará el reprocesamiento de la información a fin de actualizar el mapa de anomalías de Bouguer del Perú. Por otro lado, se tuvo la visita de investigadores del laboratorio GET de Toulouse GET-IRD de Francia, con quienes se establecieron y midieron cinco puntos de gravedad absoluta en la región central del Perú.

Durante el 2017, se iniciaron dos estudios de investigación que forman parte de tesis de grado y postgrado. El primer estudio de investigación, a cargo de la Bach, es en geofísica, tiene como autora a Eliana Mantilla de la Universidad Nacional de San Agustín y se titula "Modelos de deformación cortical durante la fase intersísmica y su correlación con la sismotectónica del Perú", para optar el título profesional de Ingeniero Geofísico". El segundo estudio de investigación se titula "Cálculo de la transferencia de esfuerzos utilizando la metodología de Coulomb para sismos de subducción de gran magnitud ($M_w > 8$) en la región central del Perú", y ha sido desarrollado por el Lic. Nick Moreno para optar el grado de magister en Física en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Ambos estudios son asesorados por el Dr. Villegas.



Estación GPS temporal en San Jose de Juni, Moquegua. Una de las 32 estaciones temporales existentes en el sur del Perú.

GEODINÁMICA SUPERFICIAL

Los procesos de geodinámica externa se presentan de forma constante en el territorio peruano, debido a las características del relieve que lo conforman, y a los factores condicionantes como geología, geomorfología, tipos de suelo y su relación con los factores desencadenantes como las precipitaciones, eventos sísmicos y actividades humanas que en interacción exponen nuestro territorio a una serie de peligros de origen natural (movimientos en masa e inundaciones). Estos eventos causan impactos ambientales y socioeconómicos negativos que afectan áreas urbanas e infraestructura pública.

Ante ello, la Unidad de Geodinámica Superficial del IGP a cargo del Mg. Juan Carlos Gómez, está apoyando a los distintos gobiernos locales y regionales con la evaluación de los niveles de peligro ante la ocurrencia de los peligros en mención (atención de emergencias), a fin de contribuir en sus planes de Gestión de Riesgos de Desastres (Ley Sinagerd) y ordenamiento territorial.

En el año 2017, la Unidad de Geodinámica Superficial (UGS) atendió servicios de emergencias a gobiernos locales y regionales que solicitaron apoyo a través de un oficio dirigido al IGP. Como producto de ello, se generaron mapas con los distintos niveles de peligros ante la ocurrencia de peligros de origen natural, entre las regiones evaluadas se



Ejecución de ensayos geotécnicos para determinar las propiedades físicas de los suelos en las zonas litorales del país, como parte de las actividades del PPR N° 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres.



Establecimiento de puntos de apoyo para el levantamiento topográfico en las zonas litorales del país, como parte de las actividades del PPR N° 068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres.

tienen Huancavelica, La Libertad, Ancash, San Martín, Pasco y Moquegua.

Asimismo, la UGS tiene como una de las funciones principales apoyar en la realización del proyecto de zonificación sísmica-geotécnica, el cual forma parte del programa presupuestal N° 068 (PPR), estudio en el que se hizo la caracterización geológica y geotécnica de los distritos de Ite, Boca del Río, Tacna Cercado, Moquegua, Alto Alianza, Ciudad Nueva, Ilo, Pampa Inalámbrica, Coplay, Torata y Yacango.

En el 2017, la UGS logró consolidar dos proyectos de investigación: "Evidencias de depósitos de avalanchas de escombros en las localidades de Acoccocha, Cashacancha y Pachacoto en Ancash" y "Caracterización geológica-geotécnica y monitoreo geodésico (EDM) del deslizamiento rotacional en el centro poblado de Cuenca, en Huancavelica". En el primero, se tiene como objetivo reconocer la dinámica de los eventos de avalanchas de escombros generados por erupciones volcánicas durante el Plioceno a través de las características geomorfológicas y geológicas que se encuentran en los depósitos de avalanchas reconocidos en las inmediaciones de los sectores Acoccocha, Cashacancha y Pachacoto; mientras que el segundo tiene como propósito determinar las causas que generan el deslizamiento en la ladera sobre la cual se asienta el C.P Cuenca, las zonas susceptibles a deslizarse, la tasa de movimiento y dirección del deslizamiento; entre los resultados obtenidos se ha establecido que el tipo de suelo (areno-arcilloso y arcillo-arenoso), pendiente (30° a 45°), y las precipitaciones (incremento de hasta 121 %) contribuyen

a la ocurrencia del deslizamiento. Se estima que las zonas susceptibles a deslizarse involucren aproximadamente volúmenes de 25 millones de m³.

INGENIERÍA SÍSMICA

El territorio peruano presenta una alta actividad sísmica; históricamente se han generado sismos de magnitud elevada que han causado miles de muertes y daños a las construcciones, como consecuencia de una inadecuada planificación y ordenamiento territorial, y de un crecimiento desordenado de la población. Se hace necesario contar con mapas de zonificación sísmica-geotécnica a detalle para comprender el comportamiento dinámico de los suelos ante la ocurrencia de sismos. Esta responsabilidad recae en el grupo de investigación liderado por la Mg. Isabel Bernal. En el marco del PPR 068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres se ejecutó el proyecto "Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica", teniendo como objetivos la obtención de informes técnicos y la generación de mapas de zonificación sísmica-geotécnica, el IGP ha realizado la zonificación de suelos de las ciudades de Tacna, Alto de la Alianza, Ciudad Nueva, Boca del Río, Ite, Ilo – Pampa Inalámbrica, Moquegua y Torata - Yacango, ubicadas en los departamentos de Moquegua y Tacna.



Adquisición de registros de vibración ambiental en la ciudad de Moquegua.



Adquisición de registros de vibración ambiental en Ciudad Nueva - Tacna.

Esta información debe ser un documento básico para los tomadores de decisiones, a fin de realizar actividades orientadas a la reducción del riesgo estructural a la ocurrencia de sismos.

La recolección y análisis de la información geológica y sísmica obtenidas en estas ciudades permite elaborarse espectros de respuesta, conocer los valores de la frecuencia predominante del suelo, su periodo de respuesta, la velocidad de las ondas de corte (V_s30), identificar medios saturados y/o el nivel freático, que ayudarán a determinar un tipo de construcción adecuada a las condiciones físicas de cada suelo.

Para el desarrollo de los trabajos de campo, se contó con el apoyo logístico de las autoridades municipales de cada localidad. Se llegó a desplegar un total de diez ingenieros geofísicos y geólogos que durante un periodo de cinco meses recolectaron información *in situ* para su posterior análisis e interpretación. La integración de los resultados se presenta en el mapa de zonificación sísmica-geotécnica para cada área urbana y zona de expansión urbana, intervenida. Se presenta como ejemplo el mapa obtenido para la ciudad de Moquegua.

Dentro de las actividades técnicas realizadas durante el 2017, figura la participación en el World Conference on Earthquake Engineering con el trabajo de investigación titulado "Estimate the thickness of the sedimentary deposits in Ica- Perú by the gravimetric method", trabajado en equipo por Isabel Bernal, Wilfredo Sulla, Hernando Tavera, Juan Carlos Villegas, Juan Carlos Gómez y Rocio Parillo. Este

estudio explica la influencia de la geomorfología de cuenca de Ica, en la respuesta dinámica de los suelos emplazados sobre esta a la ocurrencia de un sismo.

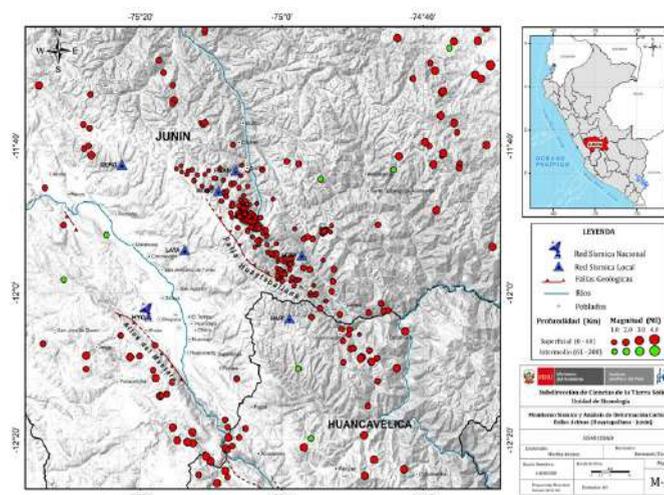
Se realizó la implementación de la base de datos de la red Acelerométrica para sismos reportados por el CENSIS. Las señales sísmicas y los espectros de respuesta corresponderá a los sismos ocurridos durante los 2016 y 2017.

SISMOLOGÍA

Las actividades de la Unidad de Sismología fueron orientadas a realizar estudios de investigación en sismología, sismotectónica, tsunamis y evaluación del riesgo. Los resultados obtenidos son divulgados en artículos científicos, informes técnicos y reuniones técnico científicos.

En la Unidad de Sismología, liderada por el Dr. Hernando Tavera, en el 2017 se estudió la dinámica de la estructura interna de la litosfera en la región norte del Perú, debido a que es poco conocida. Para tal fin, se aplicó el método de división de ondas de corte; este proporciona información vital sobre las propiedades de la anisotropía sísmica, lo cual contribuyó al entendimiento de la dinámica de los diferentes procesos de deformación, principalmente, la comprensión del manto superior de la Tierra.

En sismotectónica se monitorearon fallas geológicas. Para ello, desde el año 2015, se han instalado estaciones



Red sísmica local y microsismicidad asociada a la falla de Huaytapallana (Huancayo).

sísmicas, que registran la actividad microsísmica netamente local. Los sistemas de fallas monitoreados son las fallas de Tambomachay (Cusco), Huaytapallana (Junín), Razuhuilca–Quinua (Ayacucho) y Huambo-Cabanaconde (Arequipa). Como resultado preliminar, se obtuvo zonas de agrupamiento microsísmico, lo que nos indica que estos “sistemas de fallas” se encuentran activos y podrían generar un sismo como el ocurrido el 17 de julio del 2013 (5,7 ML) o el sismo del 14 de agosto del 2016 (5,3 ML), ambos en el departamento de Arequipa. Este proyecto se encuentra en ejecución y los resultados finales se presentarán en el 2018.

En la línea de investigación de tsunamis, considerando la escala geológica para la ocurrencia de estos, existen pocos registros escritos que permiten caracterizar detalladamente su comportamiento en zonas costeras. En este contexto, el Ing. Julio Martínez realiza investigaciones y modelados numéricos, que serán usados como indicadores de lo que podría ocurrir en el futuro. Los resultados obtenidos servirán como información base para extender y comprender el peligro en zonas costeras. En el 2017, se realizó el modelado numérico de tsunami para el distrito de Chorrillos, producido por un sismo de magnitud 8,5 Mw con posible origen en las asperezas existentes frente al Callao. Además, se analizó el desplazamiento, la dinámica y el cambio de velocidad del flujo de agua en la zona costera considerando las edificaciones existentes. Como resultados se obtuvieron valores de alturas de ola que fluctúan entre los 3 y 11 metros, los parámetros hidrodinámicos de la inundación resultantes confirman un alto nivel de peligrosidad. El peligro de tsunami por profundidad de inundación es alto (> 2 m) en todo el borde costero afectado por inundación. En tanto, las velocidades de corriente superan los 1,5 m/s, lo que se traduce en altos niveles de peligrosidad para las personas, no podrían mantenerse de pie.

En el campo de la evaluación del riesgo, sabemos que el Perú a lo largo de su historia ha sido devastado por grandes sismos, debido a que está ubicado en el borde oriental del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde se da la mayor actividad sísmica mundial. Los sismos producidos en la costa peruana se deben al proceso de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana, lo que genera grandes daños a las ciudades costeras, entre ellas esta ciudad. Debido a la alta exposición de la ciudad de Huaral, es necesario realizar escenarios de riesgo sísmico para determinar cuáles serían las edificaciones que presentarían más daños de

producirse un sismo de gran intensidad. Para tal objetivo es necesario realizar un levantamiento de las características físicas de las edificaciones para evaluar la vulnerabilidad por fragilidad (Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico – AHP), y mediante la zonificación sísmica– geotécnica, realizada por el IGP (2015), y determinar los escenarios de riesgo sísmico para la ciudad de Huaral. En este estudio, dirigido por los ingenieros Rubén Castro y Ademir Cuya, se evaluaron 14 301 lotes, de los cuales se identificaron con riesgo sísmico alto 2 625, medios 9 976 y 1 700 lotes no fueron analizados.

Nuestro principal logro: Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (Censis)

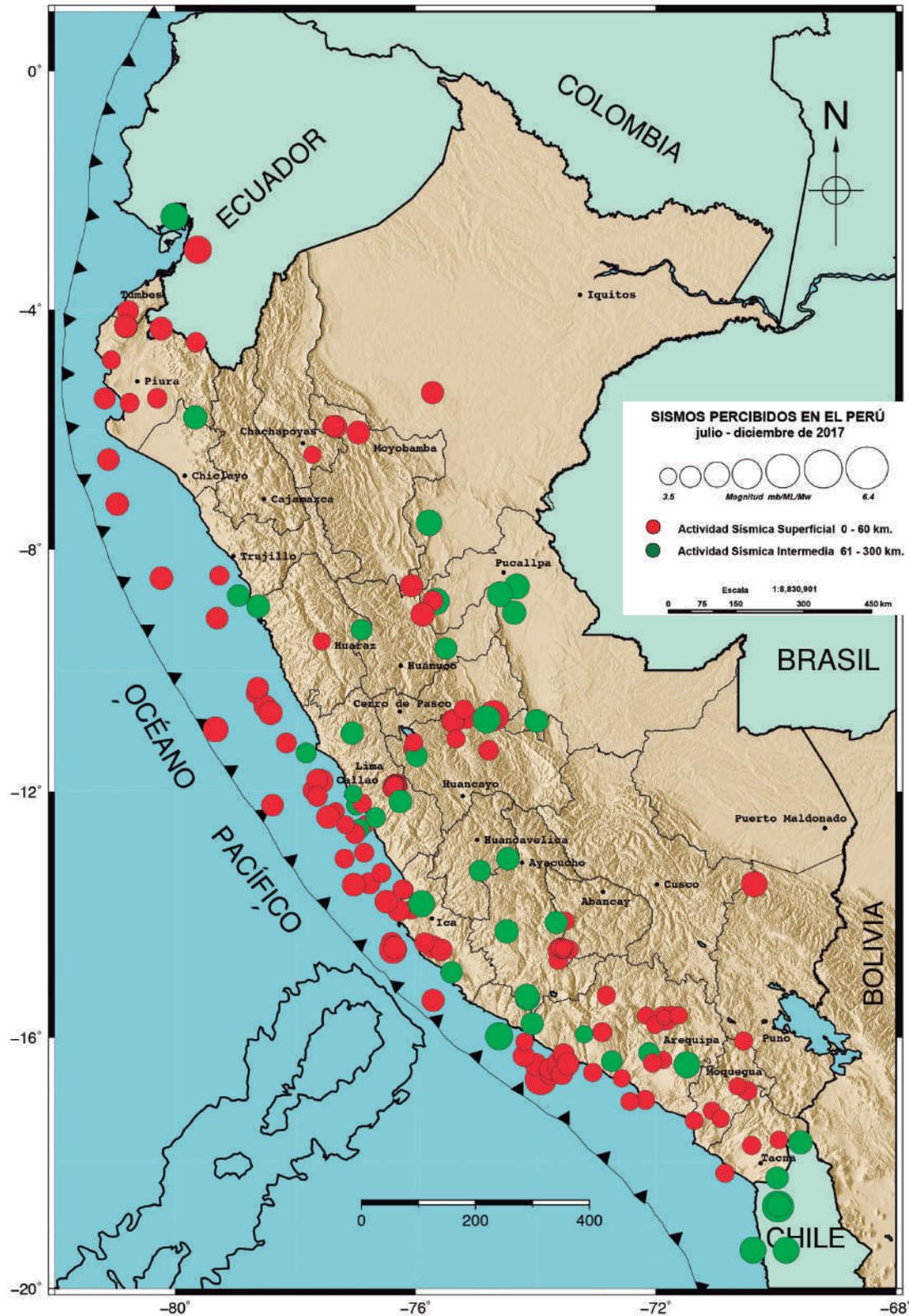
Por otro lado, el Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (Censis), haciendo uso de la información de la Red Sísmica Nacional, ha monitoreado de manera permanente la actividad sísmica que ocurre en el país. El Censis proporcionó de manera inmediata los parámetros hipocentrales y magnitud de un sismo, así como las intensidades evaluadas en las principales localidades afectadas a fin de proporcionar la información al Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci), Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), así como a los medios de comunicación. En el 2017, se registraron 5029 eventos sísmicos, de los cuales 355 fueron percibidos por la población. El Censis está formado por 12 profesionales, bajo la coordinación del Ing. Efraín Fernández, quienes asumen el reto de informar al país sobre la actividad sísmica.



Especialistas del Servicio Sismológico, procesando datos sísmicos.

MAPA SÍSMICO DEL PERÚ

JULIO - DICIEMBRE DE 2017



Este mapa sísmico ha sido elaborado usando información proporcionada por el Centro Nacional de Monitoreo Sísmico del IGP y registra los sismos ocurridos y reportado por nuestra institución durante el periodo de julio a diciembre de 2017.



**CIENCIAS DE
LA ATMÓSFERA
E HIDRÓSFERA**



Radar del laboratorio LAMAR en el Observatorio de Huancayo.

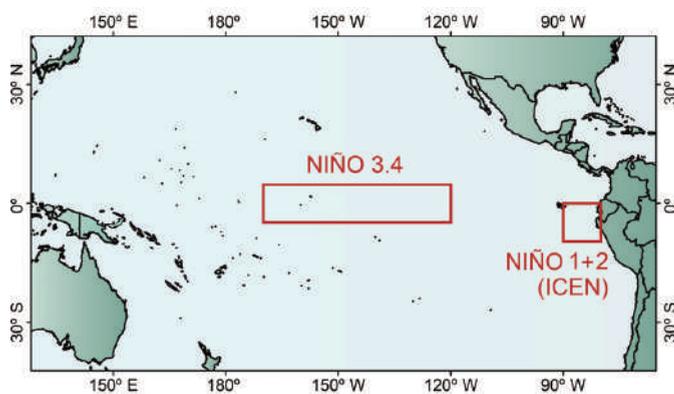
CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA

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, lo que contribuye a la gestión del ambiente geofísico con énfasis en la previsión de peligros. Además, forma parte de la comunidad científica internacional y en el 2017 logró tener al mayor número de investigadores con grado de doctor, así como el mayor número de publicaciones indexadas de primera autoría.

CLIMATOLOGÍA

Es conocido que los eventos climatológicos, tales como el fenómeno El Niño, tienen un impacto principalmente negativo en nuestra sociedad y por este motivo se requiere mejorar la monitorización de la evolución de estos eventos y entender mejor, mediante la investigación científica, la física de estos fenómenos. Ello contribuirá a mejorar el pronóstico de dichos eventos y, por ende, sus impactos en nuestro país.

Durante el año 2017, y bajo el marco del Programa Presupuestal por Resultados N° 068 "Reducción de vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres", el IGP continuó contribuyendo con el análisis de pronósticos numéricos y la opinión experta a la comisión multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen). Asimismo, como resultado de esta tarea el IGP,



Mapa El Niño.

elaboró doce informes técnicos que fueron insumos para la creación del informe técnico Enfen y para sus comunicados oficiales, que se distribuyen a los tomadores de decisiones y público en general.



Docentes de Chiclayo en el taller El Niño 2017.

Es importante señalar que, durante el verano del 2017, se desarrolló un evento El Niño costero que tuvo impactos similares a los eventos El Niño extraordinario que se dieron en 1982-1983 y 1997-1998. Como se sabe, el evento tuvo la particularidad de desarrollarse solamente en la costa peruana y de manera abrupta, sin posibilidades de que pueda ser pronosticado por el Enfen. Sin embargo, una vez detectado a fines de enero, se pudo pronosticar su persistencia y potencial intensificación en lo que restaba del verano. Esto se logró gracias a la investigación del IGP sobre el evento El Niño de 1925, el cual tuvo características similares al evento del verano de 2017.

En relación con monitoreo de las condiciones oceánicas y atmosféricas en el océano Pacífico tropical, con énfasis en el fenómeno El Niño, se utilizó la información de los flotadores



Taller sobre el fenómeno El Niño en Piura.

ARGO para generar nuevos productos que permitan el monitoreo de la temperatura del mar en la costa del Perú, particularmente, en tres puntos: frente a Paita, Chimbote y Callao. Esta información es de suma utilidad, ya que se puede apreciar, en particular, hasta qué profundidad puede llegar una anomalía observada en la superficial del mar. Este producto se está presentando a las reuniones técnicas de la Comisión Multisectorial del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (Enfen) que se da cada mes.

Como se está desarrollando desde el año 2014, se elaboraron doce boletines técnicos con temas relacionados al Fenómeno El Niño, los cuales constan principalmente de artículos de divulgación y de avances científicos. Adicionalmente, se elaboraron dos libros denominados *Avances en la ciencia de El Niño* (2015 y 2017), y se realizaron cuatro talleres en las ciudades de Piura, Tumbes, Chiclayo y Lima, los que estuvieron dirigidos a los tomadores de decisión, profesores y estudiantes. Todo esto forma parte del compromiso que tiene el IGP en lo que concierne a la difusión del conocimiento.

Este año se publicó el estudio que permite conocer el impacto de cada tipo de El Niño sobre las lluvias de cada región del Perú y los mecanismos atmosféricos asociados; por ejemplo, El Niño en el Pacífico Central inhibe las lluvias a lo largo de los Andes peruanos, e incluso los Andes bolivianos y ecuatorianos; en contraste, el del Pacífico oriental induce lluvias a lo largo de la costa central y norte del Perú, pero también se extiende sobre las costas del Ecuador. Por otro lado, el estudio identificó por primera vez que El Niño induce lluvias sobre la parte noreste de la Amazonía peruana, ya que ambos tipos de El Niño identifican dicha señal. Además, identificó regiones convectivas sobre el océano Pacífico que afectan las lluvias

de verano del Perú tales como la zona de convergencia intertropical y la zona de convergencia del Pacífico sur (ITCZ y SPCZ, respectivamente).

En lo que respecta a las investigaciones científicas, este año se publicó un artículo que analiza cómo se relaciona la convección con la temperatura de la superficie del mar (TSM), en escalas mensuales, y cómo la temperatura troposférica controla la TSM crítica para la convección. Asimismo, otro artículo publicado permitió conocer el impacto de cada tipo de El Niño sobre las lluvias de cada región del Perú, así como los mecanismos atmosféricos que están asociados a esto.

Además, en temas relacionados con el Paleoclima en los Andes Occidentales y estudio de El Niño, hasta la fecha, se han recolectado dos años de muestras de agua de lluvia en la región de Piura, lo cual permite el seguimiento y calibración de las variables isotópicas. Entre los resultados preliminares, se determinan señales isotópicas diferenciadas a las masas de humedad provenientes del océano Pacífico y de la Amazonía, sugiriendo periodos de trasvase de humedad que aportan a los eventos de precipitación extrema en la región norte del país. La cuantificación de los aportes y los periodos de trasvase serán corroborados con el análisis de retro trayectorias de vientos a escala local y regional. De manera complementaria, se han reconocido las muestras de anillos de árboles que poseen mayor potencial para generar series de paleo-precipitación e incrementar los registros en la región Piura y su asociación con los eventos El Niño. Dichas muestras serán analizadas en colaboración con la Universidad de Sao Paulo en Brasil, donde poseen los métodos analíticos apropiados y han mostrado interés en colaborar con el desarrollo de esta línea de conocimiento en el país.



Estudios de paleoclima en caverna de los Andes Occidentales.

OCEANOGRAFÍA

El océano frente a las costas del Perú forma parte de los denominados Sistemas de Bordes Orientales, los cuales se caracterizan por ser muy productivos y por ejercer un rol crucial sobre el clima regional. Lo productivo está referido a que soporta grandes poblaciones de especies de peces de gran importancia comercial, mientras que, el rol sobre el clima regional está referido y es debido a la fuerte interacción local que ocurre entre el océano y la atmósfera en el Océano Pacífico.

En particular, el océano frente a las costas de Perú es principalmente influenciado por la variabilidad local manejada por los vientos locales que soportan el afloramiento costero (proceso físico que trae cerca de la superficie masas de agua subsuperficiales frías y ricas en nutrientes que, a su vez, son pobres en oxígeno). Sin embargo, al ser el único sistema en proximidad y conexión directa con la zona ecuatorial, está influenciado por la variabilidad remota ejercida por la dinámica ecuatorial en varias escalas de tiempo (intraestacional, interanual, decadal, cambio climático), por lo que presenta una dinámica compleja. Aunque muchos han sido los esfuerzos para estudiar la dinámica del océano frente a las costas de Perú, los mecanismos físicos asociados a cada proceso, sus interacciones, los patrones de teleconexión y sus efectos sobre el clima de Perú son aún poco conocidos.

El IGP, conociendo la importancia del océano y poniendo especial atención en entender el comportamiento y su rol en el sistema climático, a través de la Unidad de Oceanografía, está desarrollando actividades de investigación enfocadas a entender los procesos oceanográficos y de interacción océano-atmósfera, considerando múltiples escalas espacio-temporales, y combinando análisis de datos oceánicos y atmosféricos, la implementación y experimentación con modelos acoplados al océano-atmósfera y físicos/biogeoquímicos.

Es así que, entre los objetivos alcanzados durante este año, se tiene la culminación de la tesis titulada “Dinámica oceánica de la costa peruana bajo diferentes escenarios de vientos”, la cual determina la respuesta de la costa peruana a diferentes escenarios de esfuerzo de vientos, haciendo uso de un modelo numérico del océano configurado para el Pacífico Tropical Este y, complementa el estudio, un algoritmo de identificación de remolinos que permite

determinar las características asociadas a estos en los escenarios simulados. Además, se culminó la elaboración del *Atlas de patrones de interacciones océano-atmósfera del Pacífico Tropical Este bajo condiciones promedio a partir de la base de datos internacional ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data set)*, el cual es esencial para determinar las condiciones promedio de la distribución espaciotemporal de las variables físicas en la región de El Niño costero. También, se culminó la elaboración un sistema operacional de adquisición de datos modelados RTOFS (Real-Time Ocean Forecast System) para la región del Pacífico Tropical Este, que será usado para monitorear las condiciones oceanográficas del Pacífico Tropical Este.

En cuanto a la revisión por pares de artículos científicos, se colaboró en la elaboración de cuatro artículos científicos que generan nuevo conocimiento sobre el impacto de las ondas de Kelvin atrapadas en la costa peruana durante El Niño 2002–2003 (*Journal of Geophysical Research-Oceans*), sobre la variabilidad estacional de la extensión del extremo sur de la Zona Mínima de Oxígeno (OMZ) del Pacífico Este (*Journal of Geophysical Research-Oceans*), sobre el rol de la OMZ sobre la producción y degradación de la materia orgánica (*PloS ONE*), y sobre la disminución del oxígeno en el océano global y en las aguas costeras (*Science*). Este último fue aceptado para su publicación en diciembre, pero mantenido bajo embargo hasta enero del 2018 como parte de las políticas de la revista. El artículo se centra en la pérdida de oxígeno del océano; detalla el conocimiento fundamental para entender el tema; explica las relaciones y retroalimentaciones en el contexto de cambio climático, los efectos sobre el ecosistema y su respuesta; y, finalmente, plantea alternativas de solución.



Taller HPC Linux Cluster en la sede principal de IGP en Mayorazgo.

Parte de los resultados desarrollados en la unidad fue presentado en diversos congresos nacionales como reunión de Trabajo Concytec – Reino Unido en Lima, Taller Propuestas de Investigación a bordo del BAP Carrasco -MRREE en Lima, Taller de Trabajo con el Dr. Nilo Figueroa en Lima; y eventos internacionales como el GO2NE & IMSOO Meeting (Monterey-EEUU) y el V Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima (Concepción, Chile). Asimismo, los avances y resultados contribuyeron en la discusión científica de diferentes talleres y reuniones que trataron temas cruciales sobre el océano tales como Taller del Grupo de Trabajo GO2NE 'Global Ocean Oxygen Network' y VOICE 'Variability in the Oxyclune and its Impacts on the Ecosystem' (setiembre, EE.UU.).

Con respecto a los proyectos de investigación, se culminó satisfactoriamente la implementación del proyecto Sistema Computacional de Alto Rendimiento para la Simulación de Fluidos Geofísicos (HPC-Linux-Clúster), el cual pone a disposición una arquitectura computacional de última generación para suplir la necesidad computacional de las investigaciones científicas del IGP y la comunidad científica peruana (e.g., universidades). Esta arquitectura se encuentra disponible sin fines de lucro a través del Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos del IGP (<http://scah.igp.gob.pe/laboratorios/dfgc>) y sus resultados fueron presentados en un taller desarrollado el 20 de setiembre del 2017. Se obtuvo la aprobación del proyecto denominado Grupo de Trabajo EBUS (*Eastern boundary upwelling systems: diversity, coupled dynamics and sensitivity to climate change*), proyecto que se centrará en la integración de los conocimientos existentes sobre EBUS para formular recomendaciones estratégicas para la creación de sistemas regionales de observación que incluye modelado climático para monitorear y comprender las interacciones atmósfera-océano, físicas y biogeoquímicas, que serán fundamentales para la mejora, rendimiento y fiabilidad de los modelos climáticos en estas regiones del océano socioeconómicamente relevantes. El proyecto está financiado por SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research) y cuenta con la participación de 21 científicos de 14 países que tienen diferentes expertises y es copresidido por Rubén Escribano (UdeC-IMO, Chile) e Ivonne Montes (IGP-Perú).

Finalmente, con la motivación de promover entre los estudiantes universitarios el interés por la investigación en



Taller ROMS 2017.

oceanografía e incorporar el modelado numérico como herramienta en la investigación científica, se desarrolló el Taller de Modelación Numérica del Océano "Uso del modelo ROMS (Regional Ocean Modeling System)", el cual permitió capacitar a 32 estudiantes, egresados y graduados de diferentes universidades peruanas (figura 2), como la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Universidad Nacional del Callao (UNAC), Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCHE).



Taller de Modelación Numérica del Océano (ROMS) 2017.

HIDROLOGÍA Y SUELOS

Los impactos de la actividad sísmica y la variabilidad climática en el transporte de sedimentos en los principales ríos de la costa peruana fueron identificados por primera vez en un estudio liderado por el IGP, el cual revela que, a pesar de la activa sismicidad existente en la costa peruana, el transporte de sedimentos estaría principalmente controlado por la variabilidad climática; así, durante eventos El Niño extremos, la erosión y el transporte de sedimentos en los ríos de la vertiente del Pacífico se incrementan entre 3 a 60 veces respecto al promedio anual histórico.



Atardecer en la Amazonía.

Durante el 2017, se realizaron diferentes trabajos de investigación relacionados con la variabilidad hidroclimática y eventos extremos en la cuenca amazónica. Asimismo, se documentó un alargamiento del período de estiaje del río Amazonas desde 1990 asociado a un retraso del inicio de la temporada de lluvias en el centro y sur de la Amazonía

peruana. También, se documentó una disminución de lluvias y caudales desde 1970 en la cuenca del río Madeira (uno de los principales tributarios del Amazonas, que incluye el río Madre de Dios en Perú). Los eventos extremos en la Amazonía fueron simulados mediante modelos numéricos, lo que permitió analizar dichos eventos en ríos poco monitoreados como en los ríos Napo, Santiago y Pastaza. Además, gracias al modelado hidrológico realizado en el IGP, se pudo evaluar la utilidad de bases de datos de precipitación provenientes de satélites, en particular la nueva generación de datos proporcionados por el producto GPM-IMERG. La relación entre eventos hidrológicos extremos y patrones de circulación atmosféricos de gran escala fue recientemente documentada gracias a la definición de “tipos de circulación atmosféricos” en la Amazonía peruana y su relación con lluvias extremas y sequías, tales como las que se presentaron en el 2016 en la región andino-amazónica, que produjeron severos impactos en el altiplano peruano-boliviano. Los nuevos conocimientos científicos aportados por el IGP en relación con la variabilidad hidroclimática en la Amazonía han generado colaboraciones en diferentes temáticas, como el estudio de la dinámica de la erosión y transporte de sedimentos y de los nutrientes transportados por los ríos desde los Andes hasta la Amazonía. Estos estudios se realizaron gracias al monitoreo en campo por el observatorio SNO-HYBAM y la implementación de nuevas técnicas para el seguimiento de la hidrología desde el espacio.

A nivel nacional se contribuyó en la publicación del libro *El agua en el Perú: situaciones y perspectivas*, la cual contó con la colaboración de la Academia Nacional de



Perfilador acústico a efecto Doppler (ADCP), para medir caudales.



Regla de medición del nivel de río, estación Borja sobre el Río Marañón - Cuenca Alta.

Ciencias (ANC), la Universidad Católica y la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH). En este libro se otorga un balance del estado del conocimiento con respecto al recurso hídrico del país.

Dentro del área de Hidrología y Suelos, se organizó la expedición científica internacional Cerro Blanco junto a colaboradores de diversas instituciones como el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet), Museo de Historia Natural, entre otros. Esta expedición contó con el apoyo del gobierno regional de San Martín y los gobiernos locales, quienes desplazaron más de 50 investigadores de diversas áreas del conocimiento y pudieron una red de monitoreo hidrometeorológico e hidrométrico para evaluar los aportes de las aguas subterráneas. Cerro Blaco sirvió de soporte para colecta de material biológico endémico que no había sido documentado en el país. También, se coorganizó el primer congreso del cambio climático y sus

impactos (ICCCI 2017) en la ciudad de Huaraz, donde participaron más de 200 investigadores de diversas partes del mundo y se logró la convergencia de diferentes grupos de investigación relacionados a esta temática.

En el 2017, se formó profesionales altamente especializados en la línea de investigación de hidrología y suelos; entre ellos Ricardo Zubieta presentó una tesis para obtener el título de doctor en Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), la cual fue aprobada con el calificativo de "sobresaliente". El Dr. Zubieta realizó aportes científicos relevantes para el estudio de la concentración de las lluvias en la Amazonía, fuente importante de desastres naturales, cuyo trabajo incluyó la evaluación de datos satelitales de precipitación y el modelado hidrológico distribuido en la Amazonía peruana. Además, Omar Gutiérrez-Cori obtuvo el título de magister scientiae en Recursos Hídricos de la UNALM gracias a su trabajo de tesis calificada como "sobresaliente". En este estudio el Mgr. Gutiérrez-Cori analiza índices para el monitoreo de sequías en la Amazonía y sus impactos en la vegetación amazónica. Estos dos trabajos de tesis fueron patrocinados por el Dr. Jhan Carlo Espinoza, investigador principal del IGP. Por su parte, Andrés Goyburo sustentó su tesis para optar el título profesional de ingeniero agrícola en la UNALM y obtuvo una calificación también de sobresaliente. En la mencionada tesis, bajo la dirección del Dr. Sergio Morera, investigador científico del IGP, se evidenció las fuertes cargas de sedimentos durante eventos de crecidas, las cuales facilitarían las frecuentes inundaciones en la cuenca baja del río Puyango-Tumbes.

En la Unidad de Hidrología y Suelos se están realizando diferentes proyectos de investigación como el estudio para la previsión de eventos hidrológicos extremos en la Amazonía peruana (<http://intranet.igp.gob.pe/eventos-extremos-amazonia-peruana/>), proyecto financiado por Innovate-Perú.

Asimismo, este año el Dr. Sergio Morera, investigador científico del IGP, fue nombrado coordinador nacional del proyecto "Strengthening Surveillance Systems and Monitoring Programmes of Hydraulic Facilities Using Nuclear Techniques to Assess Sedimentation Impacts as Environmental and Social Risks", el cual es financiado por la Agencia Internacional de Energía Atómica y se ejecutará del 2018 al 2020. El proyecto internacional involucra a quince países de Sudamérica y Centro América con

decenas de reservorios y represas; no obstante, solo cinco reservorios han sido seleccionados para realizar estudios de sedimentación, entre ellos Poechos en el norte del Perú.

Por otro lado, el Dr. Jhan Carlo Espinoza, investigador científico del IGP, fue seleccionado por el IPCC (Panel Intergubernamental para el Cambio Climático) para ejercer como editor revisor del reporte especial *"Climate Change and Land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems"*. El mencionado reporte especial tiene como objetivo documentar el estado del conocimiento científico y brindar información a los tomadores de decisión de todo el mundo sobre las implicancias del cambio climático en los sistemas de la superficie terrestre como la cobertura vegetal, la hidrología, los suelos, ecosistemas, etc. Este reporte será publicado en el 2019.



Estación meteorológica - Borja - Distrito de Manseriche - Departamento de Loreto.

FÍSICA ATMOSFÉRICA

El estudio de la física de la atmósfera se realiza en el IGP mediante el uso de datos registrados en el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (Lamar), el cual se ubica en el Observatorio de Huancayo sede del IGP y cuenta con equipos de última generación con alta precisión que permiten medir los diferentes parámetros atmosféricos. En el 2017, se sumó a Lamar el radar perfilador de vientos y



Radar CLaire para monitoreo de los vientos y precipitación. Construido por personal del IGP, se encuentra operativo en el Observatorio de Huancayo.

precipitación CLear-Air and Rainfall Estimation (CLAIRE) que opera en UHF y que fue diseñado y fabricado en el IGP gracias al financiamiento de Innóvate Perú. Con CLAIRE, MIRA 35C y el Boundary Layer Tropospheric Radar (BLTR) son tres los radares que operan en Lamar y que permiten estudiar la atmósfera baja, hasta los 8 kilómetros de altura, para el caso de los vientos y las nubes hasta los 3 km. Asimismo, en cooperación con la Organización Mundial de Meteorología (OMM), se instaló una estación de radiación, compuesto por un *tracker* solar, piranómetros, pirgeómetros y pirheliómetro para obtener un detallado registro de los diversos componentes de la radiación solar, la cual será parte de la Baseline Surface Radiation Network (BSRN).

Como parte de las observaciones de aerosoles, se completó tres años de monitoreo de carbono negro y mediciones continuas de ozono troposférico, esto gracias al "Impacto del transporte de contaminantes producidos por quemas de vegetación sobre los Andes Centrales de Perú", financiado por USAID y que concluyó en el presente año. Del mismo modo, se ha completado la calibración del fotómetro solar de la red AERONET de la NASA, el cual tiene dos años completos de mediciones en el nivel máximo de control de calidad (nivel 2.0). Además, luego de su recalibración y reparación, el radiómetro GUV completó el primer año de mediciones espectrales de radiación UV solar.

Con respecto a las investigaciones durante este año, se usó datos de satélite y de Lamar, los cuales indicaron una



Radar MIRA 35C instalado en el Observatorio de Huancayo - IGP. Se encarga de medir parámetros microfísicos de las gotas de agua en la nube hasta los 11 km de altura.

relación fuerte entre la precipitación y la altitud del terreno al este de los Andes con un pico a 1000 m.a.s.l., coincidente con el flujo de humedad del *low level jet* sudamericano. Por otro lado, se indica que al este de los Andes no son muy frecuentes grandes sistemas de precipitación, sino pequeñas y estas contribuyen con al menos el 50% de la precipitación (Chávez y Takahashi 2017). Asimismo, usando el modelo WRF, se estudió la influencia de la orografía sobre el ciclo diurno de la precipitación y los procesos atmosféricos asociados en los Andes centrales (Junquas et al., 2017), donde se encuentra que el modelo reproduce las principales características de precipitación diurna, se identifican los principales mecanismos orográficos mecánicos y termodinámicos que influyen en la circulación, flujo de humedad y convergencia; asimismo, durante el día se produce convergencia de la humedad que favorece la producción de nubes y precipitación en las cumbres durante el día y noche produciéndose en los valles y las laderas.

Otros estudios sobre la física de las heladas en el valle del Mantaro (Saavedra y Takahashi 2017) explicaron la contribución de diferentes factores atmosféricos en la variación de la temperatura mínima del aire asociada a las heladas. Las nubes bajas, humedad del aire y suelo son los factores más importantes en los eventos de bajas temperaturas de los Andes y las heladas en los Andes (Valle del Mantaro) son controladas principalmente por la radiación infrarroja atmosférica.

Por otro lado, las variaciones de la radiación UV en el Observatorio de Huancayo fueron documentadas y se encontraron valores récord a nivel mundial de esta

variable en los Andes peruanos durante el mes de febrero en condiciones de cielo despejado (Suárez et al. 2017). Además, un estudio que caracteriza el material particulado atmosférico en la ciudad de Huancayo confirma la problemática de este elemento en esta ciudad, lo que pone en evidencia que el mayor riesgo viene del MP2,5 para la salud de su población, siendo el sector transporte una de las fuentes de emisión más importantes (Suárez et al. 2017).



Conjunto de sensores de alta frecuencia que registran los flujos energía (calor sensible y latente) entre el suelo y la atmósfera. Ubicado en el Observatorio de Huancayo – IGP.

Como parte importante de la difusión de avances en la investigación y los resultados, este año se participó en dos importantes conferencias internacionales. Una de ellas fue la presentación oral en el *American Meteorological Society's 17th Conference on Mesoscale Processes*, realizado del 24 al 27 de julio en San Diego, California (EE. UU.). El tema presentado fue *Orographic rainfall hotspots in the Andes-Amazon transition according to the TRMM precipitation radar and in situ data*. El otro evento en el que se participó fue *38th Conference on Radar Meteorology*, realizado del 28 de agosto al 1 de setiembre en Chicago, EE.UU., con una ponencia oral y dos pósters con los temas: *Microphysical parameters retrieval of rainfall using Ka band radar profiler at central Andes of Peru; Diurnal Cycle of Precipitation and Winds Over the Huancayo Observatory (Central Peruvian Andes), using a Ka Band Cloud-profiling Radar (MIRA 35C) and Boundary Layer Tropospheric Radar (BLTR)*, y *Characterization of Stratiform Rainfall by Cloud Profiling Radar in the Peruvian Andes*.

Las actividades de investigación que están desarrollando en la unidad se enmarcan en los siguientes 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*; y el Proyecto Magnet del IGP *Fortalecimiento de línea de investigación en Física y Microfísica de la Atmósfera*, que inició en julio del 2017 y durará hasta junio del 2020.

El proyecto Magnet-IGP tiene como objetivo 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, dicho proyecto es financiado por Cienciaactiva de Concytec bajo el esquema financiero Magnet: atracción de investigadores. Asimismo, gracias a este proyecto se incorporaron cinco investigadores con grado de doctor al IGP para desarrollar los siguientes temas de investigación: nubes y precipitación usando radares meteorológicos, que está a cargo del Dr. Daniel Martínez, investigador senior del proyecto (Cuba); radiación y aerosoles, a cargo del Dr. René Esteban (Cuba); dinámica y modelado de la atmósfera, a cargo del Dr. Aldo Moya (Cuba); y procesos de superficie y capa límite atmosférica, a cargo

del Dr. José Luis Flores, investigador posdoctoral (Perú). Además, el Dr. Shailendra Kumar complementa el grupo con su experiencia en estudios usando radares a bordo del satélite GPM (Global Precipitation Measurement) y TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) (India). Este proyecto se desarrolla con la presencia de dos doctores en la sede Huancayo del IGP y tres en Lima; asimismo, se incorporaron cuatro tesis de posgrado.

Durante este año se desarrollaron dos tesis: "Cuantificación de lluvias usando el Radar Perfilador de Banda Ka MIRA 35C" y "Evaluación de la técnica del riego en la mitigación de heladas agrícolas en el valle del Mantaro", ambas han sido concluidas.

Finalmente, el proyecto PEER Aerosoles "Impact of transboundary biomass burning pollution transport over the central Andes of Peru" ha concluido exitosamente en el año 2017.



Estación meteorológica del Observatorio de Huancayo - IGP. Se le considera como principal referencia en observaciones meteorológicas de las investigaciones realizadas en la cuenca del Mantaro.



GEOFÍSICA Y SOCIEDAD



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

GEOFÍSICA Y SOCIEDAD

La Subdirección de Geofísica y 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, tesis y el servicio de biblioteca entre otros puntos, así como también acercar la ciencia a la sociedad a través de la difusión de documentales astronómicos en el Planetario Nacional.

DIMENSIÓN HUMANA

El enfoque de dimensión humana busca poner en valor los resultados de las investigaciones en geofísica generadas por el IGP, identificando y cuantificando los impactos de los peligros geofísicos tales como sismos y tsunamis, fenómeno El Niño, cambio climático, entre otros; analizando la vulnerabilidad de las poblaciones ante ellos; y además tomando en consideración los servicios ecosistémicos de los diferentes ecosistemas de nuestro país. Con esta puesta en valor, se busca reducir las brechas de diálogo entre los generadores de información científica y los tomadores de decisiones, para que puedan tomarse acciones en beneficio de la ciudadanía.

Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos

A través del Programa Presupuestal 0144 "Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos", el IGP genera conocimientos sobre el estado de los recursos naturales, identificación de servicios ecosistémicos, identificación de cobertura vegetal, gestión de territorio, impactos ante peligros geofísicos, entre otros. La zona intervenida por la subdirección durante el 2017 fue la zona de amortiguamiento del Coto de Caza El Angolo (CCEA).

El motivo para trabajar en la zona de amortiguamiento del CCEA fue complementar el trabajo que se empezó en el 2016 dentro el área natural protegida del CCEA, pues las zonas de amortiguamiento, al ser espacios adyacentes a las

áreas naturales protegidas, deben garantizar su conservación y protección, pero se encuentran expuestas a numerosos factores externos —principalmente antrópicos—, que inciden en su degradación. El estudio realizado incluyó la identificación de cobertura vegetal, análisis socioeconómico y la identificación de la vulnerabilidad climática de los centros poblados asentados dentro de la ZA para analizar el estado actual y los peligros a los cuales se ve expuesto.



Personal del IGP realizando entrevistas a los pobladores en las inmediaciones del Coto de Caza El Angolo.

Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres

Para el caso del Programa Presupuestal N°068 "Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres", utilizando los insumos proporcionados por los investigadores

en ciencias de la Tierra Sólida de la institución, se prepararon boletines técnicos sobre peligros sísmicos y tsunamigénicos. Dichas publicaciones fueron preparadas *ad-hoc* para las localidades de Acarí, Arequipa, Bella Unión, Yauca, Cañete y Casma, y fueron socializados en dichas localidades a través de talleres dirigidos a autoridades, profesionales de la salud, policías, docentes, bomberos, entre otros. Adicionalmente, se elaboraron los reportes técnicos “Zonificación sísmica-geotécnica de la ciudad de San Vicente de Cañete” y “Peligros geodinámicos en la ciudad de Arequipa Cercado y zonas aledañas”, con información técnico-científica sobre los principales peligros geodinámicos existentes en dichas ciudades, material que puede y debe ser utilizado en la planificación y prevención urbana.



Depósitos aluviales en el sector El Chilcal al noreste de la ciudad de San Vicente de Cañete.

PLANETARIO MUTSUMI ISHITSUKA

El planetario tiene por objetivo el incentivar el interés por la astronomía y ciencias afines. Esto lo hace a través de la divulgación de contenidos de astronomía básica en escolares, profesores de colegios, estudiantes universitarios y público en general.

Para ello, bajo la coordinación de Adita Nehemías, se ofrecen presentaciones de carácter cultural, educativo y científico,

donde sobre una cúpula o domo se recrea un cielo nocturno despejado, mostrando estrellas, constelaciones y planetas, así como herramientas de astronomía de posición, los cuales son acompañados por un relato que va describiendo una serie de situaciones y configurando un contenido de astronomía básica. Los temas de presentación son “Una noche de verano” y “Los cielos de América”.

Esto se complementa con presentaciones 3D, donde se muestra una simulación de un viaje a través del Sistema Solar, desde la Tierra, hasta la hipotética Nube de Oort, mostrando sus elementos, vistas de la distribución de las estrellas en la Vía Láctea y las galaxias más cercanas. Ocasionalmente, se participa en actividades realizadas fuera del Instituto Geofísico del Perú (Día Internacional de la Astronomía, Feria Escolar Nacional de Ciencia y Tecnología, etc.)

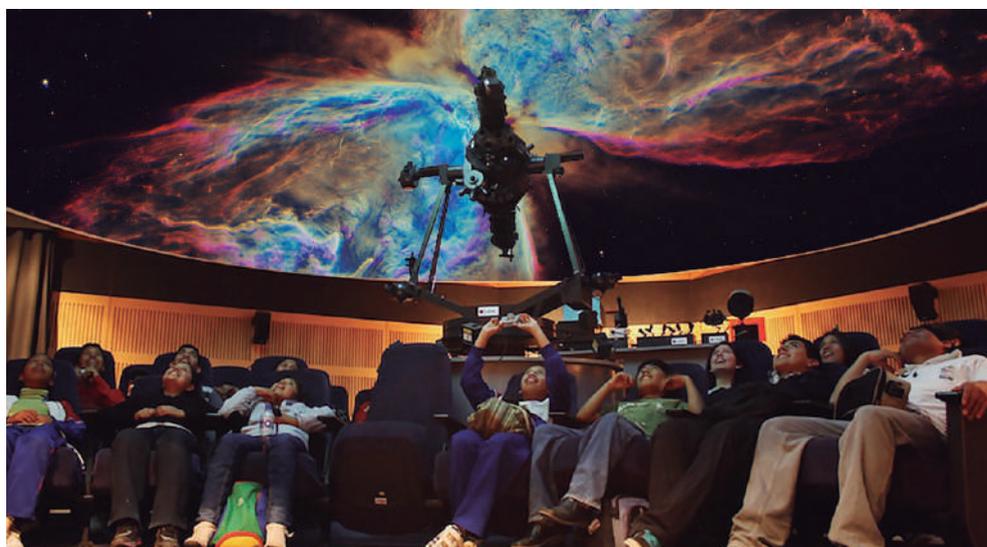
De esta forma, se recibió la visita de colegios, academias, institutos y universidades tanto locales como del interior del país. Entre las instituciones que nos visitaron se encuentran las siguientes: Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (Unica), Universidad Nacional de Educación “Enrique Guzmán y Valle”, Universidad Peruana Unión, Universidad Nacional de Ucayali, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – La Merced, Universidad Científica del Sur, Contraloría General de la República, Observatorio de Jicamarca, ESSALUD, Municipalidad de La Molina, Concytec, Minam y el público en general. En el 2017 se atendió más de 17 000 visitantes.

Se realizó difusión de temas astronómicos a través de eventos organizados por el propio planetario. 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 y Perú con Ciencia, organizado por el Concytec.

Para elaborar materiales informativos, se recibió la asesoría de los investigadores de astronomía. Se realizaron diversos talleres y *shows* de ciencias a cargo del Mgtr. Taishi Tsujino, voluntario del JICA en el IGP.



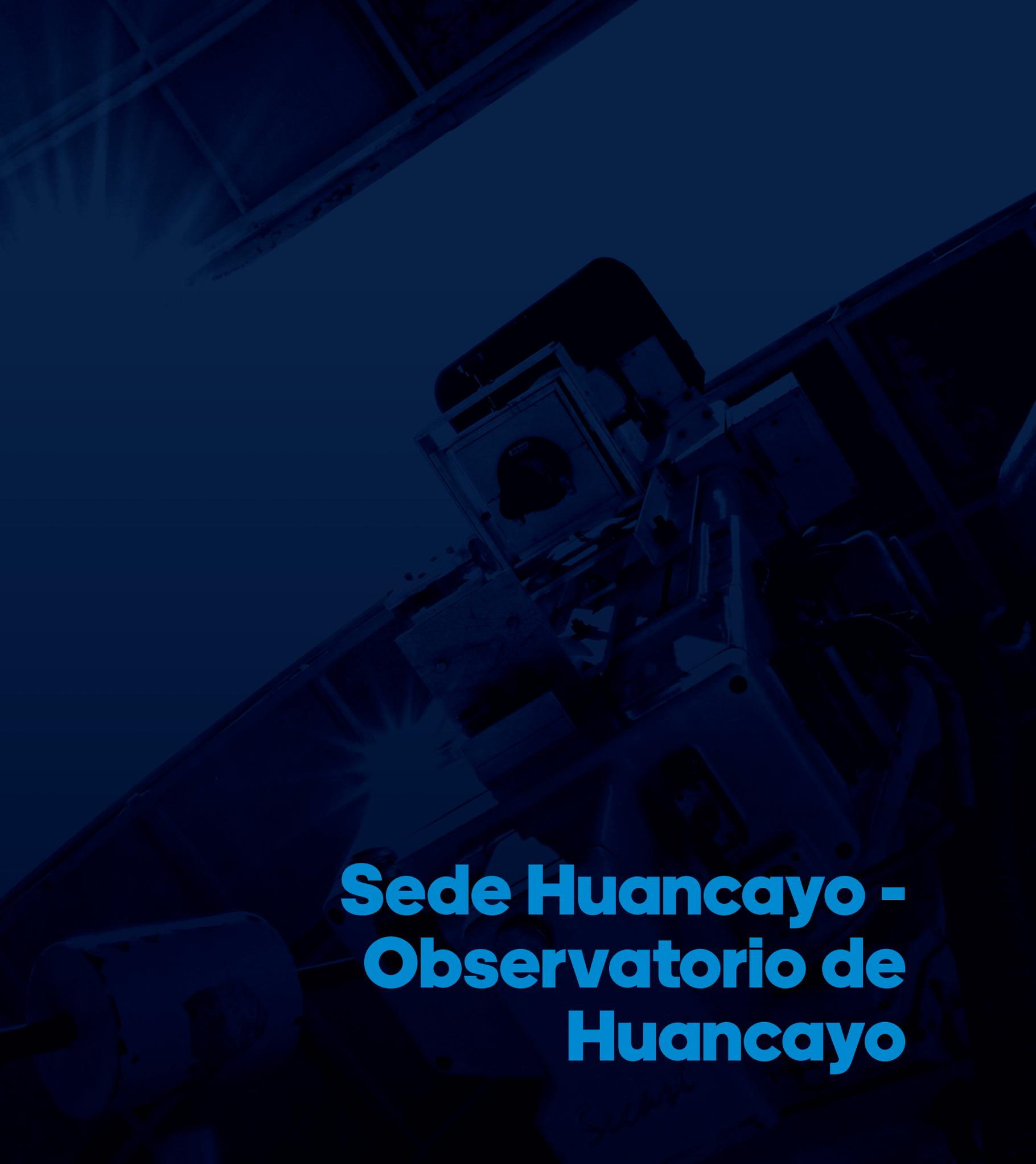
Imagen de la Tierra en el full domo del Planetario.



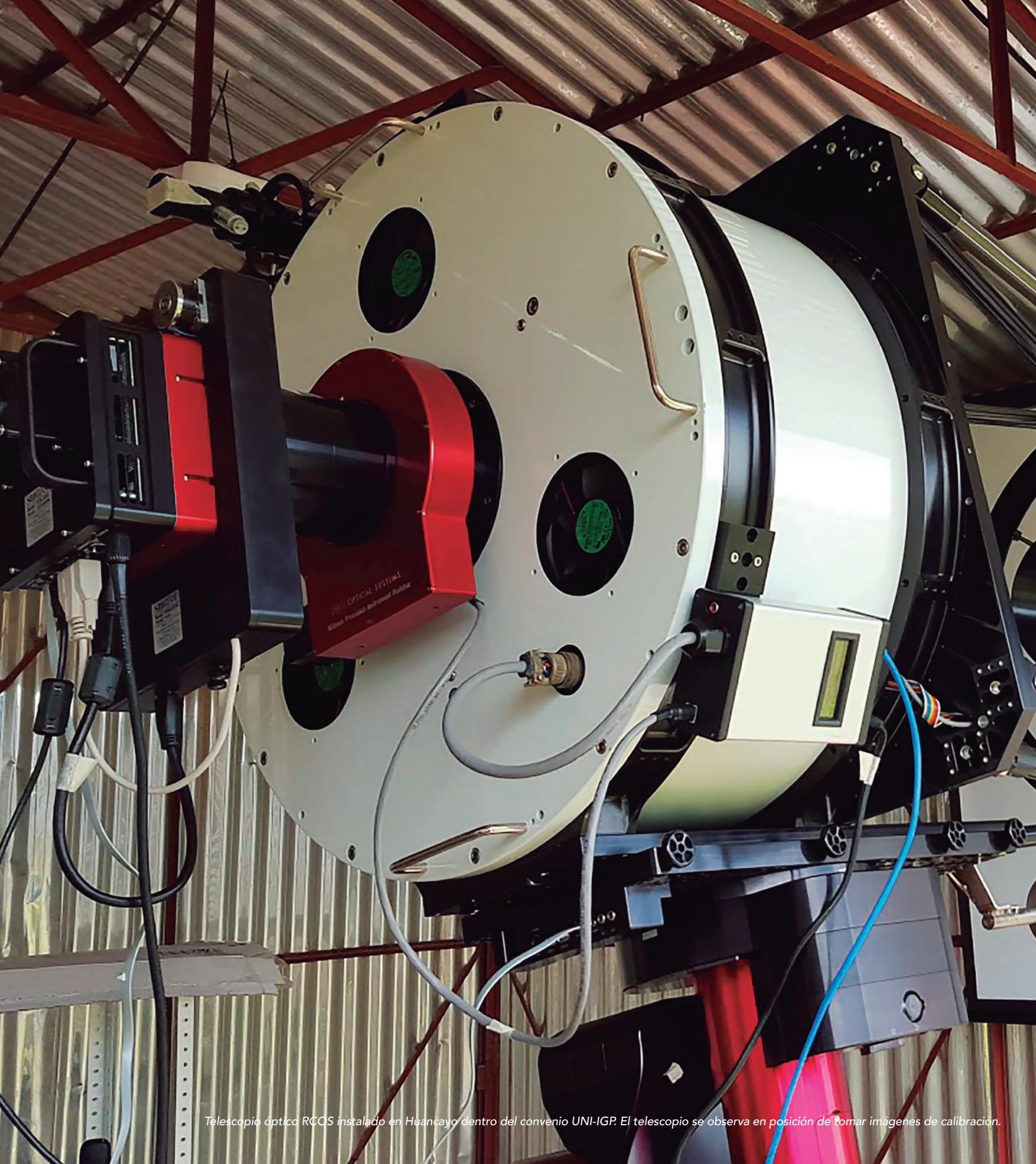
El público observando la presentación del Planetario del IGP.



Proyector Goto del Planetario del IGP.



**Sede Huancayo -
Observatorio de
Huancayo**



Telescopio óptico RCOS instalado en Huancayo dentro del convenio UNI-IGP. El telescopio se observa en posición de tomar imágenes de calibración.

Sede Huancayo - Observatorio de Huancayo

El Observatorio Magnético de Huancayo es considerado la cuna del IGP y uno de los observatorios más antiguos del hemisferio. Sus actividades se iniciaron en marzo de 1922 y se han mantenido y traspasado las fronteras del nuevo milenio gracias a la calidad de sus registros geofísicos y meteorológicos, los cuales abarcan casi 100 años y hacen de este observatorio un caso excepcional en el mundo y único en la región ecuatorial.

Las actividades en astronomía durante el año 2017 consistieron en la continuación del proyecto OAUNI, cumpliendo sus programas científicos planeados en el Observatorio de Huancayo (OH). Asimismo, se inició el programa de calidad de cielo en Ica a través de medidas de *seeing* con el telescopio Nishimura, y la recopilación histórica de las actividades científicas del OH. Dentro de las colaboraciones internacionales, se publicaron *papers* en revistas indexadas internacionales. Finalmente, el desarrollo de los proyectos en astronomía permitió incrementar el número de tesistas.

PROYECTO OAUNI

El telescopio de 0,5m de diámetro del proyecto conjunto UNI-IGP instalado en el OH entró en su segundo año de operación efectiva (figura 1). Como fue previsto, dicha facilidad ha permitido potenciar en gran medida las colaboraciones entre ambas instituciones para el desarrollo de la astronomía. Lo anterior se ha reflejado en un mayor involucramiento de estudiantes de pregrado y postgrado en los programas científicos. La data adquirida en este proyecto durante el año 2017 equivale a aproximadamente 115 Gb.



Fig. 1. Telescopio de 51cm del proyecto OAUNI instalado en el OH.

Durante el 2017, se realizaron nueve misiones observacionales a Huancayo que permitieron la colecta de datos para varios de los programas científicos en ejecución. Dentro del programa de variabilidad estelar de corto periodo, se consiguieron observar siete estrellas tipo delta Scuti, dos estrellas rápidamente oscilantes AP, tres variables cataclísmicas y cuatro variables eclipsantes. La precisión fotométrica obtenida con el actual instrumental con que cuenta el proyecto permitió la determinación de curvas de luz de óptima calidad (figura 2). Una tesis de maestría sobre la materia está en ejecución asesorada por el Dr. Antonio Pereyra.

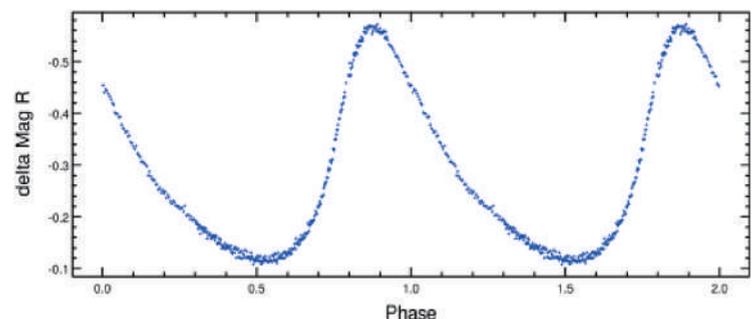


Fig. 2. Curva de luz de la estrella tipo delta Scuti DY Peg observada en el OH. Abscisa: Fase. Ordenada: magnitud instrumental diferencial.

El programa de detección de tránsitos exoplanetarios fue bastante fructífero, por lo que logró registrar trece eventos. Muchos de ellos fueron observados en más de una oportunidad (figura 3). Los datos acumulados servirán de insumos para otra tesis asesorada por el Dr. Pereyra.

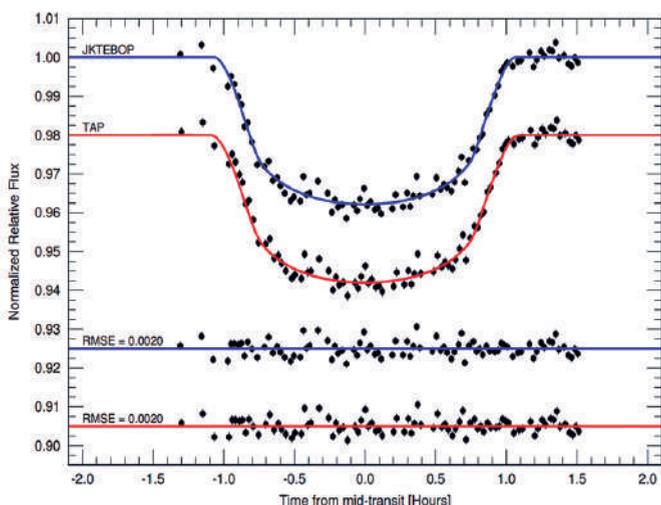


Fig. 3. Curva de luz del exoplaneta WASP-80b observada en el OH. También son mostradas las curvas de ajuste y residuos usando dos algoritmos diferentes.

Adicionalmente, el programa de eventos transitorios consiguió el registro de cinco supernovas, una nova y dos cometas. Este programa produjo tres reportes internacionales asociados a la observación de las supernovas ASASSN-16gq, SN2017glq y SN2017gmr (figura 4).

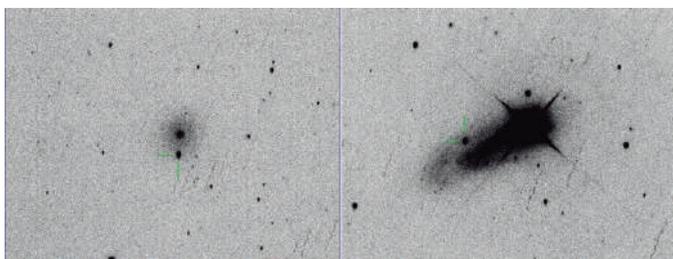


Fig. 4. Supernovas SN2017glq (izquierda) y SN2017gmr (derecha) registradas en el OH.

Otros programas científicos también fueron abordados, entre ellos se encuentra el de astrometría de asteroides, que incluyó el registro de siete objetos. Asimismo, dentro del programa de fotometría de aglomerados, fueron registrados un aglomerado abierto y otro globular (ver figura 5). Finalmente, entre otros objetos de interés astrofísico, también se registró una nebulosa de reflexión.

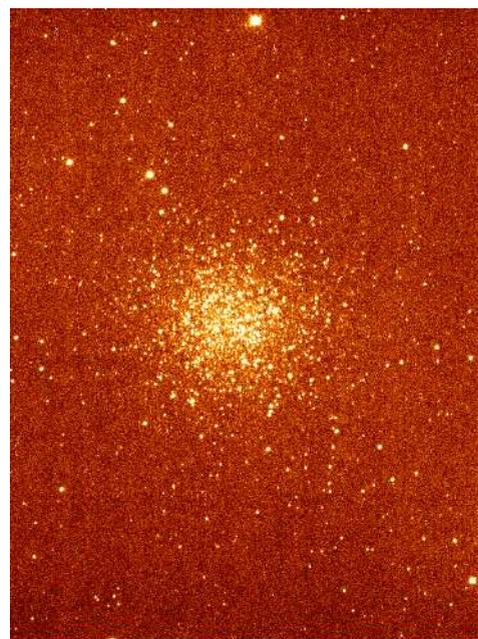


Fig. 5. Aglomerado abierto M16 (izquierda) y aglomerado globular NGC5987 (derecha) registrado en el OH.

Dentro del programa de calidad de cielo usando la técnica DIMM (Differential Image Motion Monitor), se realizaron cuatro misiones observacionales. Esto permitió el registro independiente de las condiciones atmosféricas turbulentas en Huancayo, lo que ayudará a cuantificar su impacto en los programas de fotometría astronómica.

MEDIDAS DE CALIDAD DE CIELO CON EL TELESCOPIO NISHIMURA

El Dr. Baella realizó seis misiones exitosas a Ica para realizar medidas de calidad de cielo utilizando el telescopio de 0,6m de diámetro Nishimura instalado en el campus de la Unica. Las medidas preliminares de la turbulencia atmosférica en cielo iqueño registraron un valor promedio de 1,5" de seeing para las medidas tomadas durante el segundo semestre del 2017 (figura 6). Una tesis en ejecución está siendo asesorada por el Dr. Baella dentro de este proyecto.

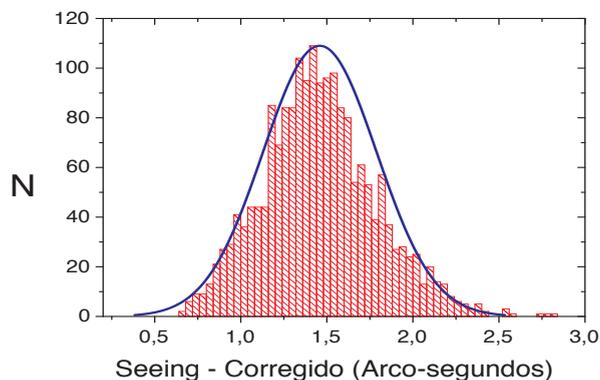


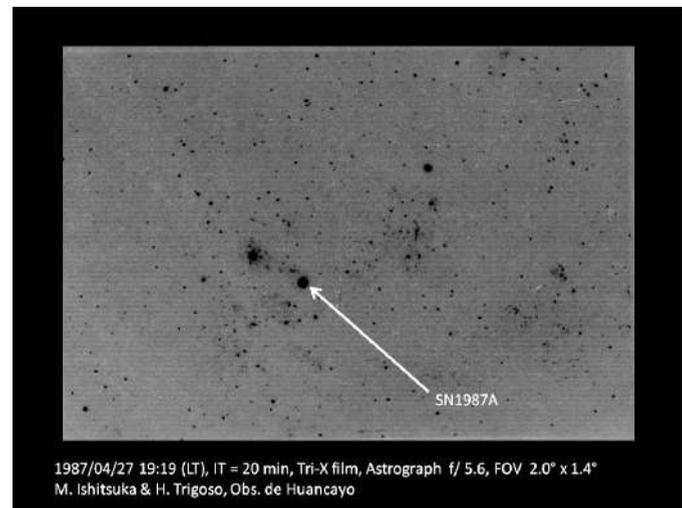
Fig. 6. Histograma de medidas de seeing en Ica utilizando el telescopio Nishimura.

Recopilación histórica del Observatorio de Huancayo

El Mgtr. Trigoso inició el arduo trabajo de recopilar la memoria histórica de las actividades científicas en el Observatorio de Huancayo a lo largo de sus más de 95 años. Este trabajo contempla entrevistas con extrabajadores y rescate del acervo histórico.



Configuración del prototipo para realizar espectroscopía astronómica dentro del convenio UNI-IGP. Se observa el espectrógrafo, adaptado a una cámara CCD junto a un telescopio reflector de ocho pulgadas.



El trabajo de recopilación histórica en el OH, incluyó la digitalización de la imagen fotográfica de la famosa supernova 1987A, tomada por M. Ishitsuka y H. Trigoso usando el antiguo astrógrafo.

A dark blue-tinted photograph of a construction site. Two workers in high-visibility gear are working on a large, complex steel framework. The structure consists of numerous vertical and horizontal beams, creating a grid-like pattern. The workers are positioned on different levels of the structure, with one worker on the left and another on the right, both reaching up to adjust or secure a beam. The background shows more of the structure extending into the distance, suggesting a large-scale project. The overall atmosphere is industrial and focused.

Sede Jicamarca - Radio Observatorio de Jicamarca



Técnico realizando la revisión del radar ionosférico de Jicamarca

Sede Jicamarca - Radio Observatorio de Jicamarca

El IGP, a través de su sede Jicamarca, es uno de los principales centros de investigación en el mundo dedicados al estudio de las capas superiores de la atmósfera. Conocido también como el Radio Observatorio de Jicamarca, se estudian aquí las capas situadas por encima de los 40-50 km de altitud, que 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 la ionósfera.

Para realizar el estudio y observación de estas regiones de la atmósfera, tiene a su cargo una red de instrumentos geofísicos distribuidos a nivel nacional; el más importante de ellos es 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 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 hemisferio para el estudio de la ionosfera ecuatorial. Esto nos compromete a mantener la alta calidad de los datos generados en el observatorio en sus más de 50 años de funcionamiento ininterrumpido.

APORTANDO A LA CIENCIA

El radar de Jicamarca ha cumplido más de 50 años observando los fenómenos en la ionosfera y alta atmósfera. Una de sus principales contribuciones fue haber realizado mediciones de densidades de plasma de las regiones más altas de la ionosfera. Continuando con los experimentos del año anterior, en el 2017 realizamos una serie de observaciones de la ionosfera hasta regiones por encima de los 6000 km de altura y mostramos que las capacidades del radar se mantienen al máximo. El objetivo de estas campañas fue el poder estudiar la zona de transición entre la ionosfera y la magnetósfera, región que tiene fuerte influencia del viento solar y nos permite entender como estas capas de la atmósfera se ven perturbadas por los fenómenos del Sol.

Por otro lado, hemos realizado una serie de observaciones de la F-dispersa, perturbación nocturna de la ionosfera en la región ecuatorial, con el fin de estudiar los eventos que preceden su ocurrencia. Para ello, hemos continuado con la operación de la red de receptores y transmisores de radio



Técnicos realizando trabajo de soldadura de dispositivos T/R los cuales son utilizados para la protección de sistemas de adquisición.



Técnico realizando ensamblaje de PCB principal para el instrumento controlador del radar.

HF, que nos permite observar el comportamiento de la baja ionosfera y poder estimar sus perfiles de densidad aplicando un técnica conocida como tomografía de refracción. Estas observaciones y estudios tienen como objetivo el pronosticar la ocurrencia de dichos fenómenos, ya que ellos pueden tener un efecto negativo en las comunicaciones satelitales y dispositivos de navegación global GNSS. El pronóstico nos permitirá mejorar la confiabilidad de los sistemas tecnológicos de los cuales depende la actividad humana.

Finalmente, hemos desarrollado e implementado una nueva técnica de imágenes de radar para observación de la F-dispersa basada en el concepto MIMO (*multiple input multiple outputs*). Esta técnica utiliza diversos módulos de la antena principal de Jicamarca como estaciones de transmisión y recepción.



Antigua área de control de transmisores del Radio Observatorio de Jicamarca.

De esta forma, se pueden generar imágenes de la F-dispersa con mayor resolución angular, lo cual nos permitirá estudiar la física de este fenómeno en mayor detalle. Combinando las observaciones que realizamos con esta y otras técnicas, tenemos el objetivo de implementar un servicio de monitoreo de clima espacial que permita dar alerta de la ocurrencia de fenómenos del espacio que nos rodea, los cuales influyen las actividades y tecnologías humanas.

LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2017

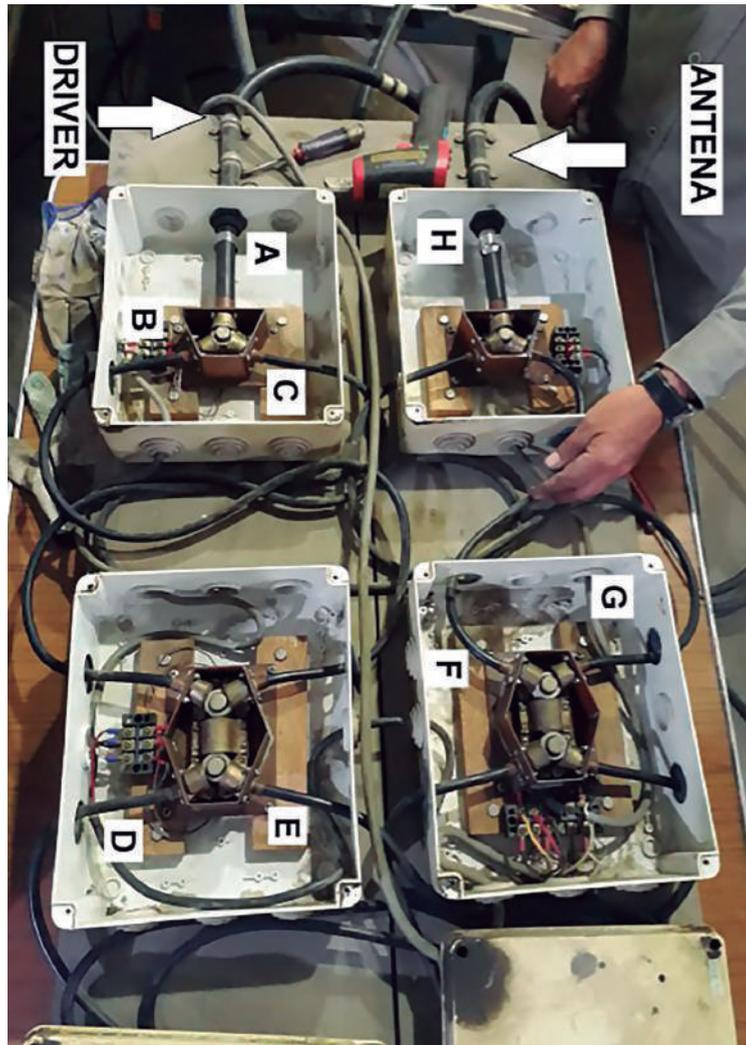
En el transcurso del año 2017, se ejecutaron diversas actividades y proyectos a cargo de nuestras unidades de desarrollo e ingeniería.

Investigación + desarrollo e innovación

En el año 2017, se logró realizar diversas mejoras en nuestro sistema de adquisición JARS a nivel *software* y *hardware*. Estas mejoras han permitido el trabajo ininterrumpido de radares que operan en la sede. Así también, se continuó con el desarrollo de la segunda versión de este sistema, la cual se encuentra en etapa de construcción del primer prototipo. Como resultado de este trabajo se presentaron dos publicaciones y ponencias en las conferencias de CONEIMERA y E-CON UNI, lo cual logró que se publique un artículo en la base de datos de publicaciones científicas IEEE Xplore Digital Library.

En el proyecto del sistema de apunte automático de la antena principal del observatorio, (ABS – Automatic Beam Switching), se culminó con la integración de su interfaz web con nuestro sistema de operación de radares llamado Sistema Integrado de Radar. Esto facilitó el uso del sistema ABS por parte de los operarios del radar. Además, se culminó con la reparación de los módulos dañados de ABS, incluyendo las pruebas de potencia.

En la parte de *software*, se aplicó desarrollo tecnológico en nuestro *software* de procesamiento llamado Signal Chain, donde se implementó una librería que permite el uso de varios procesadores y acelera el procesamiento de los datos adquiridos por el radar. Además, se desarrolló la interfaz web de Signal Chain, la cual permitirá generar gráficos de los datos en tiempo real.

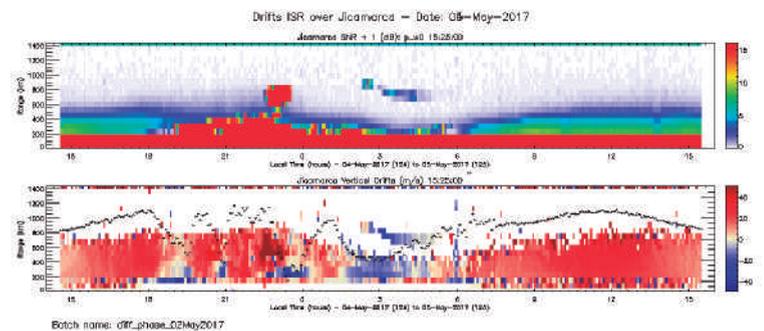


Reparación de módulos del sistema de apunte automático del radar (ABS – Automatic Beam Switching).

Operaciones de radar

Su principal labor continuó siendo la operación y el mantenimiento del radar principal de Jicamarca, y brindar el soporte necesario para la operación de los otros instrumentos que complementan las mediciones de este radar.

En el 2017, gracias a la experiencia de nuestro personal y a la singularidad del radar de Jicamarca, se realizaron dos campañas denominadas "Solar Radar" en los meses de febrero y octubre. El objetivo fue el estudio de las tormentas solares usando el radar de Jicamarca en su máxima potencia pico (más de 2 MWatts). El experimento consistió en transmitir con el radar directamente al Sol e



Medición de velocidades de plasma de la ionosfera usando la técnica de Medium Power ISR Drifts (80KW pico).

intentar recibir las posibles señales de retorno a pesar del propio ruido generado por él. Estas señales recibidas por el radar nos permitirán estudiar las explosiones solares, las cuales generan daños en sistemas de comunicación, de navegación, satelitales, centrales eléctricas y otros sistemas tecnológicos, lo que afecta la vida del ser humano.

Otro logro de la unidad fue la implementación de un nuevo modo de operación del radar principal denominado "Medium Power ISR Drift mode", que consiste en obtener las velocidades del plasma de la región F (*drifts*), usando transmisores de media potencia (*drivers* a 80KW). Como resultado se obtuvieron datos de buena calidad, tales como los que se obtienen en un experimento *standard* usando transmisores en alta potencia; sin embargo, la resolución en altura fue cinco veces más gruesa.

Como parte del mantenimiento y operación de los distintos instrumentos y radares que tiene a cargo el observatorio, se realizó el alineamiento de los cuatro módulos del cuarto sur de la antena principal a fin de mantener su correcta operación. Asimismo, se hizo el mantenimiento correctivo de ocho paneles del radar AMISR, cuyos componentes estaban afectando su funcionamiento; y, de la torre de Digisonda, donde se implementó tres bases de material de concreto y se elaboró el APR para la ejecución de esta tipo de actividades.

Finalmente, gracias a este esfuerzo del personal se logró operar con el radar 908 horas en modo de alta potencia y 3684 horas en el modo de baja potencia denominado JULIA.

CIELO (Cluster of Instruments for Equatorial and Low – latitude observations)

Unidad encargada de administrar y operar instrumentos geofísicos de diversos tipos orientados principalmente al estudio de las capas altas de la atmósfera, los cuales se encuentran distribuidos no solo en el Perú sino en diversos países de Sudamérica. Asimismo, los tres proyectos más importantes de la unidad son el observatorio distribuido LISN, geomagnetismo y óptica.

Como parte de las mejoras realizadas en la red LISN, se actualizó el sistema operativo de las estaciones GPS de Bolivia, por lo que se logró una mayor estabilidad en la

operación de los instrumentos y mejora en la capacidad para acceder remotamente a fin de mantenerlos en operación continua.

Se realizó una prueba de concepto exitosa para la implementación del radar biestático con VIPIR, que consistió en colocar dos receptores GPS idénticos en las estaciones de Puerto Maldonado y Jicamarca, y dos SBC Arduino Zero. Con ello se logró un sondeo oblicuo de la ionósfera con un instrumento diseñado para sondeos verticales.

En geomagnetismo, se destaca la exportación de dos magnetómetros al Instituto Nacional de Investigación Espacial de Brasil (INPE) y la fabricación de dos unidades a solicitud la Universidad Nacional Autónoma de México.

Asimismo, se actualizó la red de magnetómetros de las estaciones de Ancón y Huancayo por la versión MAGDAS-9, el cual permitirá obtener una mayor cantidad y mejor resolución de datos. Esta nueva versión de magnetómetro también fue instalada en la estación de la ciudad de Tingo María.

Otra mejora que se realizó en el sistema de adquisición de datos de los magnetómetros consistió en la ejecución de las tareas mediante interrupciones en el procesador central, limitando el tiempo de ejecución de cada tarea y haciendo uso del Watchdog Timer del procesador central para garantizar el continuo flujo de operaciones en el sistema.

En óptica, a fin de monitorear el funcionamiento de la red de interferómetros FabryPerot (Jicamarca, Nazca y Arequipa) se desarrolló un programa para el envío de alertas a través del correo electrónico. La alerta indica el inicio, la toma de datos, cuando finaliza, y cuando envía los datos al



Magnetómetro fabricado por el personal del ROJ para el INPE.

servidor y los publica en la web. Este programa permitirá atender oportunamente las fallas que se presenten en los instrumentos durante su funcionamiento. Asimismo, se optimizó el tiempo de procesamiento de imágenes de la cámara AllSky, reduciéndolo de 25 a 2 minutos. Para ello, se reemplazó los bucles anidados por lógica de matrices.

Proyectos tecnológicos

En el presente año, se continuó con el desarrollo de los cinco proyectos de desarrollo electrónico financiado por Innóvate Perú y Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt), en un trabajo en conjunto entre las diferentes subdirecciones del IGP.

Para el proyecto de Sistema de Alerta Temprana de Huaicos (SATH), el sistema estuvo en operación durante toda la temporada. Durante los primeros meses del año, ocurrieron eventos de huaicos de gran magnitud que afectaron a gran parte de la población ubicada en las cercanías del cauce del río Huaycoloro. La modularidad del SATH hizo posible el registro de estos eventos, a pesar de la pérdida de un sensor, lo cual permitió reportar las alertas de huaico a Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) y autoridades del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), Ministerio del Ambiente (Minam) y Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN) a fin de salvaguardar la seguridad de la población. Asimismo, se realizó el taller de resultados "Sistema de alerta temprana de huaicos: acción y prevención" en el Radio Observatorio de Jicamarca, debido a que esta sede colinda con las quebradas Río Seco y Huaycoloro, lugar donde está ubicado el sistema.



Construcción de quadricóptero para el proyecto Monitoreo de volcanes con UAV.

Como parte del proyecto Monitoreo de Volcanes con UAV, se concluyó con el ensamblaje del quadricóptero y se realizaron las pruebas de vuelo y de concepto del sistema de recarga, este último permitirá tener una operación de vuelo más autónoma. Asimismo, en el marco de este proyecto, se culminó la tesis de pregrado titulada "Diseño e implementación de una estación de recarga autónoma para un vehículo aéreo no tripulado para el monitoreo de volcanes", que fue sustentada para obtener el grado de licenciado en Ingeniería Electrónica. Como resultado de este trabajo, se realizó una ponencia en el congreso Intercon 2017.



Instalación de radar CLAIRE en el Observatorio de Huancayo.

Dentro del proyecto Perfilador de vientos UHF, en el mes de agosto, se culminó con la construcción y puesta en operación del radar en el Observatorio de Huancayo, donde se hicieron pruebas de campo y mediciones de vientos y precipitación. Desde esa fecha está operando de manera continua obteniendo datos relevantes sobre las tormentas ocurridas en Huancayo. Esta información permitirá realizar la estimación de precipitaciones sobre una determinada región. Además, se ejecutó el taller de resultados titulada "CLAIRE: Perfilador de vientos peruano para estudios de turbulencia y precipitación" en el SUM del IGP

La información obtenida con el radar ha sido de vital importancia para el desarrollo de la tesis de Erick Bocanegra "Implementación de rutinas para la estimación de vientos y precipitación de un radar perfilador de vientos de antena espaciada que opera en UHF", para obtener el grado de licenciado en Ingeniería Electrónica en la UPC.

En el proyecto “Desarrollo de instrumentación para nanosatélites y mediciones ionosféricas”, se culminó con la versión final del módulo del transmisor del sistema que irá instalado en el nano satélite; además, se hicieron pruebas locales con el sistema transmitiendo y recibiendo. Asimismo, se culminó con la tesis “Sistema receptor de doble banda satelital para la estimación del contenido total de electrones en la ionosfera”, que se desarrolló dentro del proyecto para obtener el grado de licenciado en Ingeniería Electrónica.

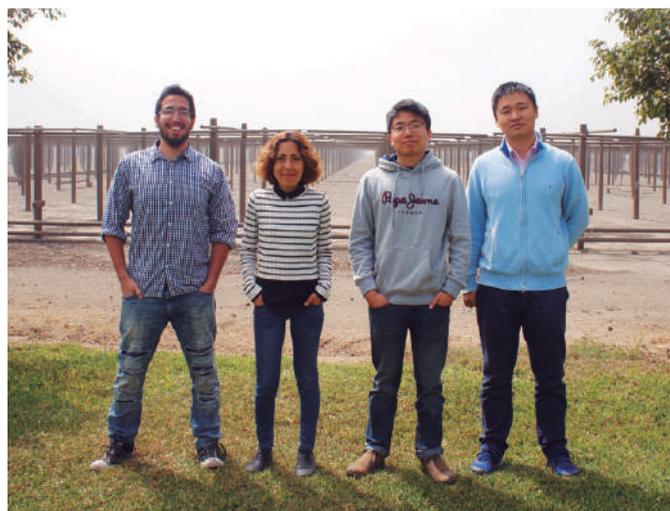
Para el proyecto de Radar SAR, el sistema quedó listo para que pueda instalarse en zonas de riesgo, con el fin de realizar estudios que permitan evaluar el desempeño del instrumento en un escenario más real. Además, ahora el radar puede ser dejado operando de manera autónoma, y se puede controlar su funcionamiento y transferencia de datos en tiempo real, a través de una conexión a Internet.

Formación académica

Uno de los objetivos principales de la sede de Jicamarca es fomentar en los jóvenes estudiantes el interés por la investigación científica. Para ello, cuenta con programas nacionales e internacionales de experiencia en investigación.

El año 2017, el Programa Nacional de prácticas Preprofesionales convocó a más de 100 estudiantes de las carreras de Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Matemática, Ciencias de la Computación, Física y/o afines de las diferentes universidades nacionales y particulares del país. Como resultado, se eligieron siete participantes, quienes ejecutaron proyectos de desarrollo electrónico durante las diez semanas que duró el programa.

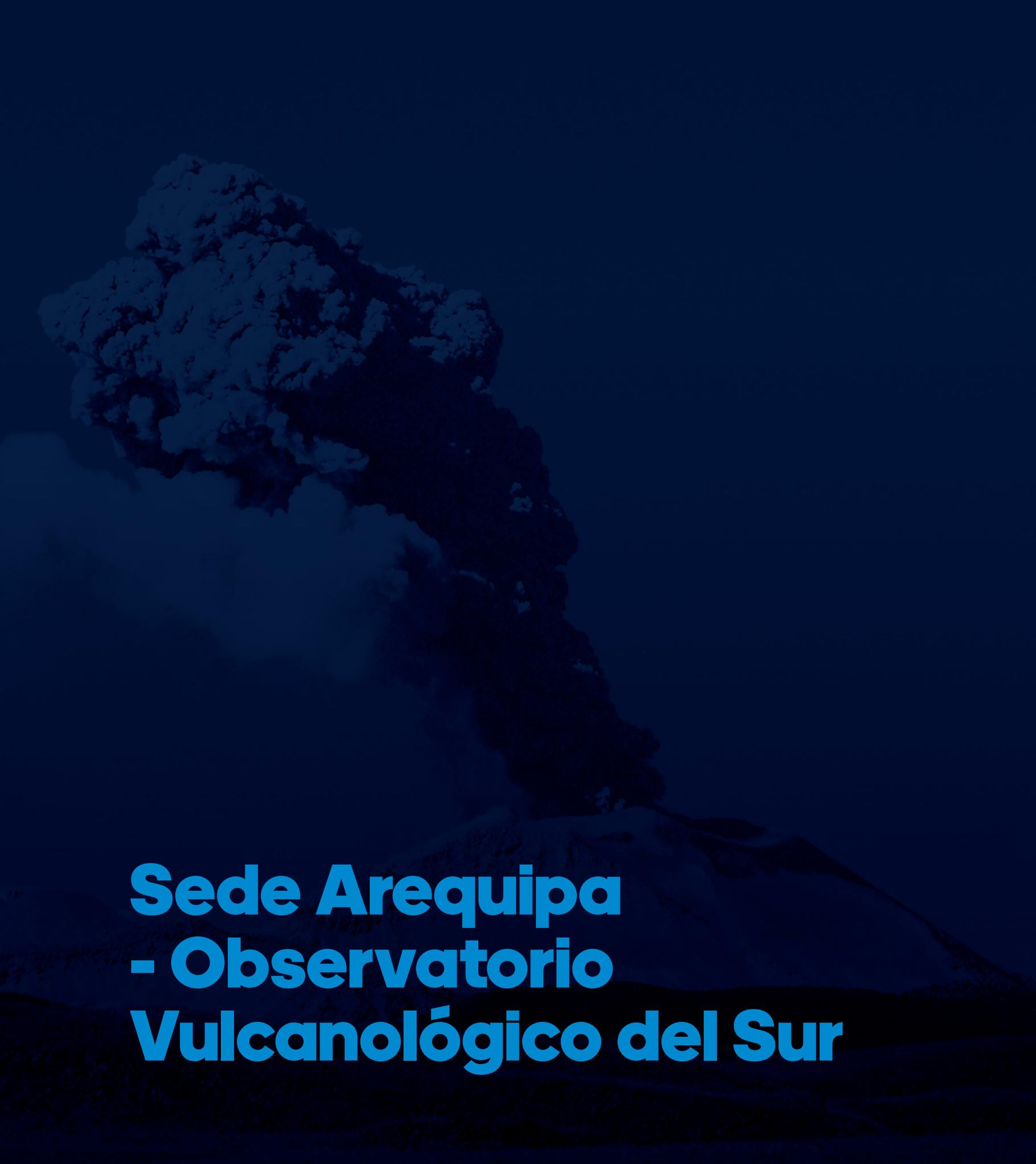
Jicamarca International Research Experience Program (Jirep) es el programa de pasantía internacional que convoca a estudiantes de maestrías y doctorados de las diferentes universidades del mundo. Este año postularon 17 estudiantes extranjeros, de los cuales se eligieron cuatro. Los seleccionados desarrollaron proyectos de investigación por diez semanas entre los meses de mayo y julio bajo la



Participantes del programa de pasantía internacional.

asesoría de nuestros investigadores y/o ingenieros *senior*, por lo que se brindó al estudiante una experiencia única en uno de los centros de investigación más importantes del mundo.

Como parte del desarrollo tecnológico financiado por Innovate Perú y Fondecyt, contamos con cinco tesis, quienes realizan investigaciones enmarcadas en los proyectos de tesis mencionados al inicio de esta memoria.



**Sede Arequipa
- Observatorio
Vulcanológico del Sur**



Volcán Sabancaya en erupción.

Sede Arequipa - Observatorio Vulcanológico del Sur

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.

En nuestro país existen al menos dieciséis volcanes considerados activos y potencialmente activos: Sara Sara y Auquihuato 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 Instituto Geofísico del Perú, a través de la Subdirección de Redes Geofísicas (SRG), ha consolidado redes de monitoreo en tiempo real en cuatro de estos dieciséis volcanes. En el 2017, con el proyecto SNIP N° 271840 de mejoramiento y ampliación del sistema de alerta volcánica en el Perú, se aseguraron las bases para vigilar otros seis volcanes con riesgo asociado importante.

Es innegable el progreso obtenido por el IGP en Arequipa 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.

VIGILANCIA VOLCÁNICA

El IGP efectúa el monitoreo en tiempo real de la actividad de cuatro volcanes activos del país: Misti y Sabancaya en Arequipa, y Ubinas y Ticsani en Moquegua. A continuación, describimos los resultados y productos obtenidos en el 2017.

Sabancaya.- Este volcán inició a fines del 2016 una nueva erupción, tras dieciocho años de calma. Cada día del 2017, la ocurrencia de explosiones con emisiones importantes de ceniza, así como de sismos vinculados al movimiento de fluidos magmáticos, no ha cesado. La red de monitoreo del volcán Sabancaya, compuesta por cinco estaciones sísmicas, fue reforzada con la instalación de una videocámara Campbell Scientific, la cual captura imágenes del volcán cada treinta segundos, lo que permite apreciar las emisiones de ceniza y eventos explosivos.

El reporte de la actividad eruptiva del Sabancaya la efectúa el IGP como miembro del Comité Científico-Técnico para la Gestión del Riesgo Volcánico de la Región Arequipa. En el



Volcán Ubinas.

2017, el comité publicó 53 informes semanales en los que se analizó la evolución de la actividad explosiva, sísmica, de deformación y térmica. En promedio, se registraron 43 explosiones por día en el Sabancaya a lo largo de este año, siendo estos niveles moderados de actividad los que sugirieron al IGP y a las otras entidades miembros del comité científico-técnico mantener el nivel de alerta naranja.

Ubinas.- En el 2017, sus niveles de actividad fueron muy bajos, razón por la que el Comité de Monitoreo Permanente del Volcán Ubinas, integrado también por el IGP, sugirió disminuir el nivel de alerta de amarilla a verde. La última explosión registrada se produjo el 24 de enero.

Este año, el IGP elaboró veinticuatro reportes quincenales de actividad sobre el Ubinas. Gracias a nuestro modelo de pronóstico de erupción volcánica fue posible identificar entre abril y junio, y entre julio y agosto, dos intentos de inicio de un nuevo proceso eruptivo, situación a la que no se llegó debido a la baja energía de los aportes de magma en profundidad.

Misti y Ticsani.- Ambos en nivel de alerta verde, pero a pesar de ello se han publicado informes periódicos



Vista del volcán Ticsani.

de actividad. En el 2017, se realizaron veinticuatro reportes quincenales para cada macizo, explicando su comportamiento sísmico así como las variaciones en las emisiones de SO_2 y anomalías térmicas.

PROYECTOS

El IGP ejecuta el proyecto denominado “Mejoramiento y ampliación del Sistema de Alerta Volcánica en la Región Sur del Perú”, que contempla la instalación de modernas redes de monitoreo en diez volcanes activos y potencialmente activos del sur del país, de los cuales cuatro ya vigilamos actualmente en tiempo real. Nuestros profesionales han realizado en el 2017 estudios detallados para determinar la instalación de estaciones de monitoreo en los volcanes Coropuna, Tutupaca, Yucamane, Sara, Casiri y Huaynaputina, que se implementarán en el 2018.

En el marco de este proyecto, además, el IGP realizó en octubre la presentación de los alcances y beneficios de esta iniciativa con la población de Sachaca, en Arequipa, distrito en el que se construirá la moderna infraestructura donde funcionará el Servicio Vulcanológico Nacional las 24 horas del día.



Visita estación sísmica.

EDUCANDO A LA COMUNIDAD

En el 2017 se continuó con las charlas educativas y talleres de capacitación con la población que se encuentra en zonas de alto riesgo volcánico y con profesionales de Defensa Civil que laboran en diferentes municipalidades.

Así, en una serie de capacitaciones, nuestros profesionales explicaron, a siete equipos de Defensa Civil de distintas

comunidades distritales de Arequipa, las etapas del modelo de pronóstico de erupción volcánica que anticipó con certeza el inicio de actividad explosiva en el volcán Ubinas. Nuestro equipo también visitó las localidades cercanas al volcán Sabancaya, donde se explicó a los ciudadanos la evolución de la erupción del coloso y se les entregó material informativo generado específicamente sobre el fenómeno vulcanológico. Esta actividad se replicó también en los distritos de Ubinas y Calacoa en Moquegua, próximos a los volcanes Ubinas y Ticsani, respectivamente.



La vigilancia del comportamiento de cada volcán se complementa con visitas a las inmediaciones de cada macizo.



**REDES
GEOFÍSICAS**



Personal de la Subdirección de Redes geofísicas en plena labor de instalación.

REDES GEOFÍSICAS

En la gestión del conocimiento científico, la obtención de datos sobre el estado del ambiente geofísico a través de todos sus actores naturales (sismos, volcanes, variaciones climáticas, El Niño, eventos meteorológicos extremos y movimientos en masa, entre otros) es una de las funciones principales del IGP en su rol de instituto público de investigación en geofísica.

En este contexto, la Subdirección de Redes Geofísicas (RGE) es el órgano responsable de realizar las actividades estratégicas de innovación, desarrollo, implementación y operación del instrumental geofísico indispensable para cumplir con la función misional de investigación científica, con énfasis en Ciencias de la Tierra y como soporte de alta tecnología para la gestión de riesgos de desastre a través de la implementación de sistemas de alarma temprana como el SASPerú.

Para este fin, la RGE cuenta con el capital intangible del aprendizaje instrumental adquirido en sus 44 años de formación continua, así como talento humano especializado (ingenieros y técnicos) altamente motivado e identificado con la institución, cuyo esfuerzo hace posible que los parámetros físicos registrados por los equipos geofísicos instalados a lo largo de costa, sierra y selva fluyan de manera automática al Sistema de Adquisición Sísmica en Tiempo Real (SASTR) que funciona en la sede IGP-Camacho, La Molina.

RED GEOFÍSICA NACIONAL

Esta red está conformada por cuatro redes de monitoreo independientes y complementarias entre sí, que registran datos de los diferentes modos de comportamiento de los procesos geofísicos que monitorean. Así tenemos:

Red de monitoreo	No estaciones	
Red Sísmica	45	VSAT
	09	Internet
	16	Remotas
Red Acelerométrica	188	
Red Sísmica Volcánica	17	
Red Monitoreo de Deformación y Fallas Activas	140	Permanentes y temporales

Estado al 31/12/17

La **Red Sísmica** está integrada por instrumentos de última generación tecnológica; por ejemplo, sismómetros de banda ancha tipo Quanterra, Guralp, Nanometrics entre otros; y sistemas de registro digital de alta resolución y velocidad de muestreo (Reftek, Centauros, Taurus etc.) y conectados mediante sistemas de transmisión satelital y transmisión IP a través de proveedores comerciales de Internet (ISP). Los datos de ambas fuentes llegan en pocos milisegundos al SADSTR y son transferidos de inmediato y automáticamente al Servicio Sismológico Nacional (SSN) para su proceso y análisis. El producto de esta red es el sismo localizado y magnitud estimada. Adicionalmente, se cuenta con estaciones de acceso remoto y cuya información es complementar el catalogo sísmico, pues los datos llegan *off-line*.

Por su parte la **Red Acelerométrica** cumple con la función de registrar los niveles de aceleración del suelo que se producen al paso de las ondas sísmicas. Las estaciones (acelerómetros) están instaladas en zonas urbanas a nivel nacional y, en el caso de Lima Metropolitana, existe al menos un acelerómetro en cada distrito. Los niveles máximos de aceleración guardan relación directa con el nivel de sacudimiento del suelo y representan una medida de la intensidad sísmica medida en la escala Mercalli Modificada. Esta red cumple roles

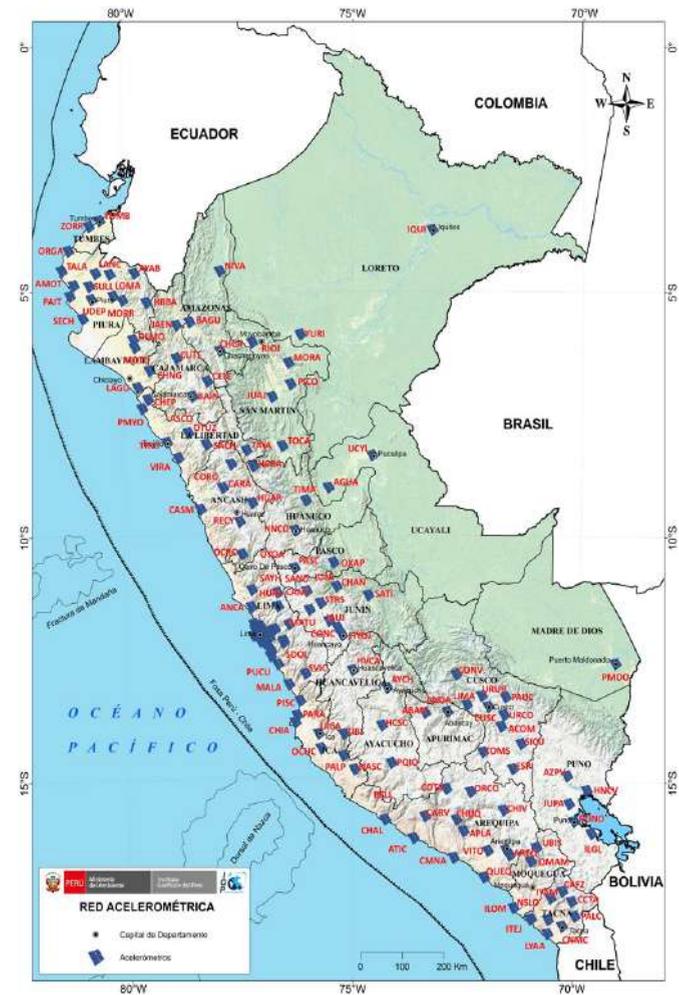


Red Sísmica al 2017.



Estación VSAT Sarconta, instalada en diciembre del 201

adicionales de importancia para la GRD como generar base de datos para el estudio del estado de salud de las edificaciones urbanas con respecto a la mejora del diseño sismo-resistente (Norma E030), y una base de datos para elaborar curvas de atenuación a nivel regional, utilizada en la construcción de obras civiles en zonas rurales. Al 31 de diciembre del 2017, se cuenta con 52 estaciones de la Red Acelerométrica, ubicadas en Lima, conectadas en tiempo real al sistema Shakemap, sistema que de manera automática mapea la distribución de intensidades en zonas cercanas al epicentro. El número de estaciones enlazadas en tiempo real se incrementará progresivamente durante el 2018.



Red Acelerométrica al 2017.

En cuanto a la **Red Sísmica Volcánica**, esta tiene por función registrar la actividad sísmica asociada a los procesos eruptivos de los principales volcanes del sur del Perú, entre los que se encuentran los siguientes:

Región	Red volcánica	Estaciones
Arequipa	Sabancaya	03
Arequipa	Misti	06
Moquegua	Ubinas	05
Tacna	Ticsani	03

Finalmente, se cuenta con una **Red de Monitoreo de Deformación y Fallas Activas**, integrada por estaciones GNSS/GPS de operación continua que registran los cambios que sufre la corteza terrestre por efecto de convergencia de las placas tectónicas Nazca y Sudamérica, y que inexorablemente conducen a la generación de eventos sísmicos extremos en las zonas de fallas activas. Dicha red está formada principalmente por estaciones donadas por el Instituto Tecnológico de California (Caltech) y por el Instituto de Ciencias de la Tierra de la actual Universidad de los Alpes (Grenoble). La deformación regional registrada es utilizada para estimar, de manera periódica, la evolución de la distribución de energía y, por ende, la magnitud estimada del siguiente terremoto en la región de influencia.



Mantenimiento de estación acelerométrica Stand Alone, se aprecia al Ing. Juan Carlos Oliva revisado un acelerómetro Marca RefTek modelo 130 SMA observando el estado de salud de la señal sensada.

SISTEMA DE ADQUISICIÓN Y MONITOREO EN TIEMPO REAL

Está basado en Libra II de Nanometrics, que consiste en un sistema de comunicaciones satelital integrado, diseñado para transmisión de información sísmica y ambiental. La información se comunica de manera continua bajo protocolo IP desde las estaciones remotas a la sede central del SADSTR en IGP sede Camacho. En el 2017, se agregaron ocho estaciones sísmicas VSAT adicionales, por lo que se tuvo que ampliar un receptor Carina adicional, tanto en la sede de Camacho como en la sede de Huancayo, donde opera el sistema espejo del SADSTR. Los programas desarrollados *in-house* permiten monitorear el "State of Health" de los instrumentos operando en cada estación remota.

El SADSTR también tiene la responsabilidad de facilitar el intercambio de datos sísmicos con instituciones de investigación de países vecinos que desean compartir sus datos. En el 2017, se mantuvo la cooperación con la Universidad de Chile, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico Sur.

SISTEMA DE BACKUP DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS SATELITAL VSAT

La RGE tiene instalado, en la sede IGP de Huancayo, región Junín, un sistema espejo del Sistema Libra II de Nanometrics. Como HUB espejo consta de una antena parabólica de 5,8 m que depreciona el flujo continuo de datos de las estaciones sísmicas remotas en simultaneo con Lima. El sistema computacional es idéntico al que funciona en la sede IGP-Camacho y cuenta con un enlace Internet de 10 Mb. Para darle autonomía de operación, cuenta con un sistema eléctrico auxiliar que incluye un generador diésel de 20KV y, para protección de fluctuaciones en la línea, se ha provisto de manera complementaria un UPS redundante de 6KV. En el 2017, se reubicó la antena VSAT de la sede Huancayo a la sede Sicaya.



Finalización de la instalación de la antena VSAT del sistema backup Nanometrics.

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTACIONES SÍSMICAS TEMPORALES

En el 2017, se continuó con el soporte de instrumentación de banda ancha para estudios de investigación específicos de la sismicidad en el entorno de las fallas geológicas de Huambo-Cabanaconde (08 estaciones), Huaytapallana (06 estaciones) y complejo Cusco-Tambomachay (27 estaciones). Esta actividad se realiza en coordinación con la subdirección de Ciencias de la Tierra (CTS). También, se instalaron seis estaciones temporales en el departamento de Tacna como parte de una cooperación internacional con investigadores de la Universidad de Liverpool, Reino Unido. Esta última instalación tuvo por finalidad monitorear la actividad sísmica de gap sísmico Tacna-Arica.



Instrumentos de registro sísmico en la estación temporal de Tacna, proyecto de cooperación con la Universidad de Liverpool.

PROYECTO DE ALARMA SÍSMICA PERUANO (SAS PERÚ)

Durante el año 2017, la SRG retomó el proyecto de instalar estaciones sísmicas en la Isla Hormigas de Afuera, localizada a 60 km al oeste de la Punta-Callao. El avance de la tecnología, en comparación con el año 2001, está basado en tomar ventaja de la posición de la isla para transmitir señales de radio ante sismos fuertes que ocurran en los alrededores de la isla. Estas señales llegarían al IGP hasta quince segundos antes de que las ondas sísmicas destructivas "S" en caso de sismos con epicentros al oeste de Lima y, en un tiempo mayor, para eventos cuyas epicentros estén al noroeste o suroeste de la capital. Como primera fase de este proyecto, se culminó con la etapa de instalar una estación retransmisora en la Isla San Lorenzo, la que recibirá las señales de Isla Hormigas en su paso hacia el IGP.



Estación retransmisora en la Isla San Lorenzo.

PROGRAMA PRESUPUESTAL 068

Bajo el marco del PPR068, en el 2017, se continuó con el monitoreo GNSS/GPS de la deformación producida alrededor de las siguientes fallas geológicas: Cordillera Blanca (región Junín), El Altomayo (región San Martín), Huaytapallana (región Junín), Tambomachay (región Cusco), Illescas (región Piura), Sama-Calientes (región Tacna) y Chololo (región Moquegua). Estas fallas fueron seleccionadas para efectuar sobre ellas el estudio de su dinámica, dado que solo existe escasa data (geológica) de sus movimientos en el pasado y por haber mostrado actividad sísmica significativa en el pasado reciente.



Estación GNSS instalada en la sede Sicaya.

CONVENIOS Y SERVICIOS A TERCEROS

Dado el alto nivel de ingeniería que realiza el IGP, empresas privadas como la minera Milpo se han interesado en requerir consultoría específica en temas de instrumentación, procesamiento y análisis de datos; esto último, en trabajo compartido con la subdirección de Ciencias de la Tierra (CTS). En el 2017, se ha continuado prestando servicios a Milpo mediante el monitoreo de los niveles de aceleración inducidos en los alrededores de la minera y evaluando su impacto en las construcciones rurales de los alrededores y, por ende, el nivel de impacto social.



Prueba de equipos acelerómetros, se aprecia al Ing. Joel Gamarra revisando 04 acelerómetros Marca RefTek modelo 130 SMA usando tecnología inalámbrica Apple para observar la señal sensada por los instrumentos.

IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO NACIONAL DE INSTRUMENTACIÓN GEOFÍSICA (LNIG)

En el 2017, se obtuvo financiamiento del MEF para la elaboración del expediente técnico de obra del Proyecto SNIP 242750: "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", proyecto diseñado por la Subdirección de Redes Geofísicas (SRG) en mayo del 2015 con el enfoque 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 (GRD). Como parte previa a la elaboración del expediente técnico, se realizaron estudios geotécnicos y de mecánica de suelos del área a construir, y se elaboró un expediente técnico de corrientes débiles. Se resalta que 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 sinónimo de 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.

APORTE A LA NORMA E30 - DISEÑO SISMO-RESISTENTE

El Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA, que modifica la norma técnica E.030 "Diseño sismo-resistente, en su capítulo 9.0 'Instrumentación'", establece que toda edificación que superen los 10 000 m² de área techada deberá contar con una estación acelerométrica y las especificaciones técnicas, sistemas de conexión y transmisión de datos debidamente aprobados por el IGP. En cumplimiento de este dispositivo, la subdirección de Redes Geofísicas ha aprobado las especificaciones técnicas para doce edificaciones de Lima Metropolitana.



Oficina de Tecnología de la Información y Datos Geofísicos



Mantenimiento de equipo por parte del personal de OTIDG.

Oficina de Tecnología de la Información y Datos Geofísicos (OTIDG)

Esta oficina tiene como actividades principales 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. Además, es la encargada del 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.

Asimismo, es la responsable de la administración de los portales web, como el institucional, de transparencia y del Estado peruano. 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.

La estructura organizativa de esta oficina comprende las siguientes unidades:

GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN INFORMÁTICA

Tiene como misión el desarrollo de documentos de gestión y planificación informática, tales como la elaboración y evaluación del Plan Operativo Informático; y la realización de la encuesta anual de recursos informáticos, y los documentos correspondientes al gobierno electrónico, entre otros, donde se manejan datos abiertos del Portal de Transparencia, la interoperabilidad y servicios al ciudadano. Asimismo, entre sus funciones, se encuentra la automatización de procesos y la gestión con la SegDi de la PCM para uso de servicios web sin costo para el IGP.

OPERACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

Está a cargo del monitoreo y soporte de los servicios de voz y datos en todas las sedes del IGP; la administración de los

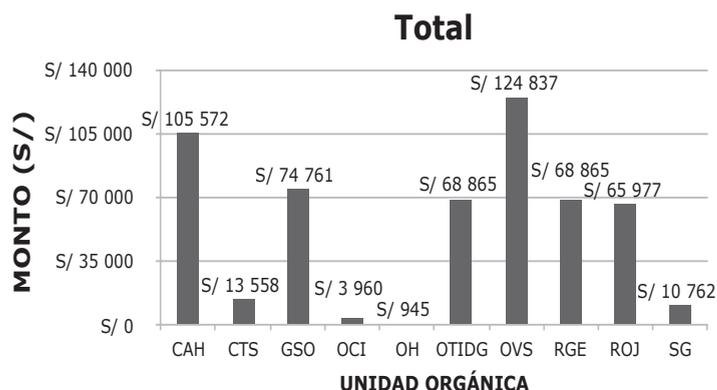
servicios de correo, web, entre otros; la evaluación técnica de la infraestructura informática en las sedes de la institución; el soporte y mantenimiento de los equipos informáticos, equipos UPS, proyectores, fotocopiadoras, etc.; y el soporte técnico a las áreas usuarias.

Además, se ha encargado de la implementación del EDUROAM, un servicio de movilidad mundial que permite a estudiantes, investigadores y personal de las instituciones participantes (IPEN, INICTEL – UNI, CONIDA y el propio IGP, entre otros) tener conectividad a Internet segura sin realizar ningún trámite administrativo ni técnico al visitar otras instituciones participantes.

CRECIMIENTO DEL PARQUE INFORMÁTICO Y COMUNICACIONES

A continuación, se muestra el resumen de equipos informáticos y de comunicaciones para redes informáticas adquiridos en los últimos, que ha permitido brindar a las diferentes unidades orgánicas del IGP una plataforma de alto nivel para el desarrollo de sus actividades.

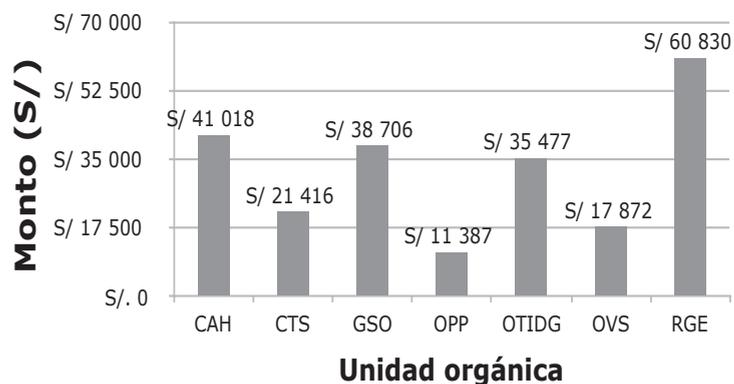
INVERSION EQUIPO COMPUTACIONAL 2017



LICENCIAS DE SOFTWARE ADQUIRIDAS

A continuación, se muestra la inversión del IGP en la adquisición de licencias de *software* en los últimos años, por lo que se convierte en una herramienta principal para el desarrollo de las actividades de investigación y soporte de las diferentes unidades del instituto. De esta manera, cumple con la disposición, establecida por el Estado, de trabajar con *softwares* y licencias formales.

Cantidad e inversión realizada en licencias de software por año



AÑO	CANTIDADES	VALOR S/
2017	329	S/ 226 705

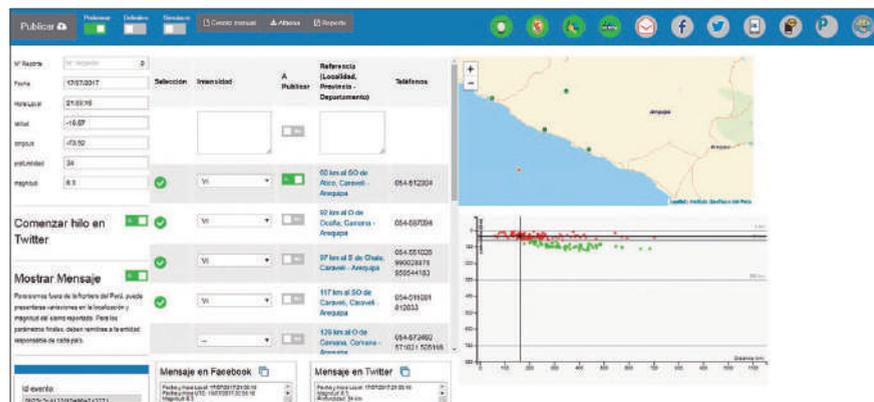
INGENIERÍA DE SOFTWARE

La OTIDG, dentro de sus funciones principales, tiene el desarrollo e implementación de aplicaciones web, tales como el repositorio digital, páginas web institucionales, repositorio multimedia, Sistema de Gestión de Recursos Humanos, sitios web de las subdirecciones y sedes desconcentradas, entre otros. Como parte complementaria a sus funciones, se encuentra el mantenimiento de los sistemas y aplicativos que ya existen, entre los cuales figuran el portal web institucional, el módulo de registro de incidencias del Servicio Sismológico Nacional, el módulo de registro de incidencias del Observatorio Vulcanológico del Sur, entre otros.

En atención al Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Sinagerd), cuya finalidad es identificar y reducir los riesgos asociados a peligros, minimizar sus efectos y atender situaciones de peligro mediante lineamientos de gestión, la OTIDG está trabajando en el desarrollo de sistemas y páginas web que permitan publicar y consultar información en línea sobre diversos eventos que afectan a la Tierra, tales como sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas, etc. Es así como se desarrolló un sistema que permite publicar los reportes del último evento sísmico a partir de los datos generados por el Sistema de la Red Sísmica Satelital de Alerta Temprana de Tsunami (Redssat) o de los datos de la Red Sísmica Nacional, difundiendo la información a las autoridades respectivas de acuerdo con su competencia y en atención al PO-SNAT. El sistema en mención contempla una medida de contingencia en el envío de los datos a través de un equipo satelital.

A continuación, se muestra la aplicación desarrollada que permite editar los parámetros del último evento sísmico que se recibe de la Red Sísmica Satelital a nivel Nacional (Redssat) para luego enviar dicha información a las entidades de Indeci y la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), para las medidas de gestión de riesgo correspondientes. Asimismo, este sistema permite enviar la información por correo, publicarla en la página web del IGP y redes sociales (Facebook y Twitter).

SISTEMA DE PUBLICACIÓN DE PARAMETROS DE ÚLTIMO SISMO (2017)



A continuación, se presenta una lista de otras aplicaciones y portales informáticos desarrollados para uso público

#	Nombre	URL
1	Repositorio Digital Institucional	http://repositorio.igp.gob.pe/
2	Página web último sismo	http://ultimosismo.igp.gob.pe/
3	Biblioteca Institucional	http://intranet.igp.gob.pe/biblioteca/ y http://biblioteca.igp.gob.pe
4	Página web de convocatorias IGP	http://intranet.igp.gob.pe/convocatoria/convocatorias.php?l=71
5	Servicio de funciones full domo	https://planetario.igp.gob.pe
6	Sistema de Gestión de Recursos Humanos	http://intranet.igp.gob.pe/gestion-rrhh/public/
7	Portal principal	https://portal.igp.gob.pe/
8	Portal del Banco Nacional de Datos Geofísicos	https://bndg.igp.gob.pe/
9	Portal del Observatorio Vulcanológico del Sur	http://ovs.igp.gob.pe/
10	Portal de Ciencias de la Atmosfera e Hidrosfera	http://scah.igp.gob.pe/
11	Portal de Ciencias de la Tierra Sólida	http://scts.igp.gob.pe/
12	Portal del Radio Observatorio de Jicamarca	http://roj.igp.gob.pe/

BANCO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS (BNDG)

Esta unidad gestiona eficientemente el repositorio central del IGP, el cual alberga todos los datos de los instrumentos geofísicos que pertenecen a la entidad, así como los generados por los diversos proyectos especiales, convenios, campañas y datos en general que puedan ser de interés de las áreas de investigación de la institución. Además, busca segmentar los procesos de almacenamiento, procesamiento y disponibilidad de los datos para incrementar la seguridad de su arquitectura y sus accesos al sistema, observando el Decreto Supremo N° 133-2013-PCM, mediante el cual se establece el acceso e intercambio de información geoespacial entre entidades de la Administración Pública.

Por otro lado, se tiene programado la implementación de un sistema redundante como parte de la Gestión del Plan de Continuidad Operativo del Estado, para lo cual se deberán implementar lineamientos y políticas que permitan realizar las acciones estratégicas que correspondan.

RECOLECCIÓN DE LOS DATOS GEOFÍSICOS AL BNDG

- Datos en tiempo real: Se reciben datos de 42 estaciones sísmicas de aceleración y velocidad que llegan al servidor FTP mediante la red satelital y/o Internet proporcionado por la Subdirección de Redes Geofísicas.
- Datos en tiempo diferido: Son datos crudos y/o procesados que pueden ser entregados cada cierto tiempo luego de una previa verificación y/o validación por las diferentes subdirecciones de investigación.

AMPLIACIÓN EN LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

En el siguiente cuadro, se puede apreciar el crecimiento de los datos desde el 2012 al 2017, segmentado por las diversas subdirecciones de investigación:

ÁREA	2012	2013	2014	2015	2016	2017
SCTS	2,8	3,65	4,8	7,5	10	12,84
SCAH	1	1	1	1	1	1
OHY	0,2	0,25	0,27	0,3	0,3	0,3
ROJ	0,12	0,14	0,16	0,17	0,17	0,18
OVS	0,95	1	1	1,5	3	3,14
TOTAL DE DATOS (TB)	5,07	6,04	7,23	10,47	14,47	17,46
MÁXIMA CAPACIDAD DEL SERVIDOR	10TB	10TB	10TB	20TB	20TB	29TB

MEJORAS EN LA ARQUITECTURA DE ALMACENAMIENTO DEL BNDG

Desde el 2012, la infraestructura asociada al BNDG ha crecido según ha ido aumentando la **cantidad** de equipamiento geofísico que registra datos. Un ejemplo de ello es el caso de los equipos que pertenecen a la Red Sísmica Satelital o Redssat, Red de Vigilancia de Volcanes y la Red Acelerométrica. Todos los datos recopilados de dichas redes son transferidos a la OTIDG.

Crecimiento en la infraestructura que alberga el BNDG

AÑO	EQUIPO	MARCA / MODELO	CAPACIDAD	UBICACIÓN
2012	Servidor web	DELL POWER EDGE R720		Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
2013	Servidor web	DELL POWER EDGE R720		Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
2014	Servidor web	DELL POWER EDGE R720		Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
	Servidor de aplicaciones	DELL POWER EDGE R620		Mayorazgo
2015	Servidor web	DELL POWER EDGE R720		Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Mayorazgo
	Servidor de aplicaciones	DELL POWER EDGE R620		Mayorazgo
	Servidor <i>backup</i>	DELL POWER EDGE R720		Camacho
	Array de almacenamiento para los <i>backup</i>	DELL MD 1200	10TB	Camacho

AÑO	EQUIPO	MARCA / MODELO	CAPACIDAD	UBICACIÓN
2016	Servidor web	DELL POWER EDGE R720		Mayorazgo
	Array de almacenamiento	DELL MD 1400	36TB	Mayorazgo
	Servidor de aplicaciones	DELL POWER EDGE R620		Mayorazgo
	Servidor <i>backup server</i>	DELL POWER EDGE R630		Mayorazgo
	Array de almacenamiento para los <i>backup</i>	DELL MD 1200	24TB	Mayorazgo
	Servidor <i>backup</i>	DELL POWER EDGE R720	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
2017	Servidor Repositorio de Datos	DELL POWER EDGE R720		Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1400	36TB	Camacho
	Servidor de aplicaciones	DELL POWER EDGE R620		Camacho
	Servidor de <i>backup</i>	DELL POWER EDGE R710		Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho
	Array de almacenamiento	DELL MD 1200	10TB	Camacho



Personal del IGP

Personal IGP 2017



SEDE JICAMARCA



OFICINA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DATOS GEOFÍSICOS



SEDE HUANCAYO



CONTROL INSTITUCIONAL



OFICINA DESCONCENTRADA DE CHICLAYO



GEOFÍSICA & SOCIEDAD



OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO



SEDE AREQUIPA



ALTA DIRECCIÓN



CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA E HIDRÓSFERA



OFICINA DE ADMINISTRACIÓN



REDES GEOFÍSICAS



CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



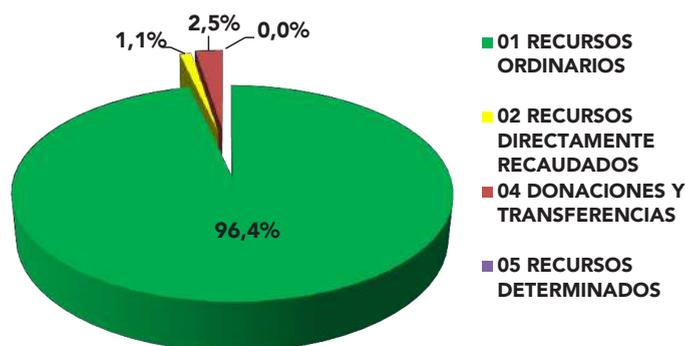
**Estados financieros,
presupuesto y proyectos
de inversión pública**

Conforme a la **Ley N° 30518**, Ley de Presupuesto del Sector Público para el Año Fiscal 2017, asignan al Pliego: **112 – Instituto Geofísico del Perú, el presupuesto institucional de S/ 28 009 316,00** por toda fuente de financiamiento.

De los recursos aprobados en el año, **S/ 19 625 416,00** corresponden a gastos corrientes y **S/ 8 383 900,00** a gastos de capital. Asimismo, su desagregación por fuentes de financiamiento es la siguiente: recursos ordinarios (**S/ 27 007 900,00**), que corresponden al 96,4%; recursos directamente recaudados (**S/ 300 000,00**), que corresponden al 1,1%; y donaciones y transferencias (**S/ 701 416,00**), que corresponden a 2,5%. Dichos recursos fueron aprobados con Resolución de Presidencia N° 267-IGP/16 de fecha 20 de diciembre del 2016.

Presupuesto Institucional de Apertura

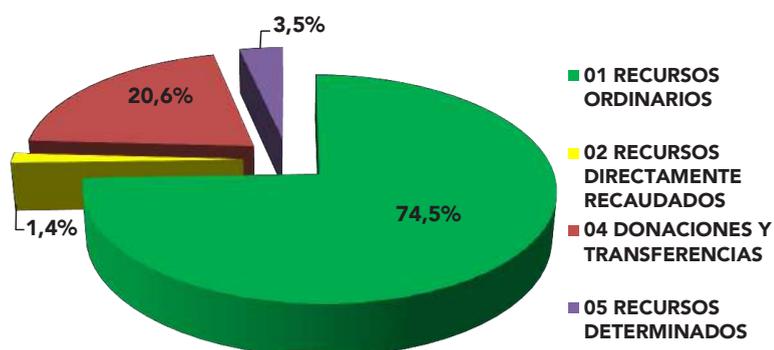
S/ 28 009 316,00



El Presupuesto Institucional Modificado (PIM) del pliego 112 - Instituto Geofísico del Perú, al 31 de diciembre del 2017, ascendió a **S/ 35 457 734,00** por toda fuente de financiamiento, de los cuales S/ 22 326 028,00 corresponden a gastos corrientes y S/ 13 131 706,00, a gastos de capital.

Presupuesto Institucional Modificado

S/ 35 457 734,00



Las variaciones del presupuesto al 31 de diciembre del 2017 muestran un incremento del **27%** respecto al presupuesto institucional de apertura (PIA), proveniente de créditos suplementarios por saldos de balance del 2016, y a la captación de ingresos por donaciones y transferencias recibidas de otras entidades que ascienden a **S/ 7 448 418,00**, como se puede apreciar en el siguiente cuadro a nivel desagregado:

Presupuesto institucional de apertura y modificado por categoría de gasto

TODA FUENTE

EN SOLES

CATEGORÍA DEL GASTO	PIA 2017	%	PIM al 31.12.2017	%	VARIACIÓN	
					MONTO	%
GASTO CORRIENTE	19 625 416	70%	22 326 028	63%	2 700 612	14%
GASTO DE CAPITAL	8 383 900	30%	13 131 706	37%	4 747 806	57%
TOTAL PLIEGO ==>	28 009 316	100%	35 457 734	100%	7 448 418	27%

Fuente: DGCP del Ministerio de Economía y Finanzas

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE INGRESOS

El incremento más significativo corresponde a la **fuerza de financiamiento donaciones y transferencia**, donde se obtuvo un aumento porcentual de 939,9%, respecto al PIA. Esto se debe a que los recursos incorporados son ingresos provenientes de las donaciones de la Universidad de Kiushu, Universidad de New Jersey, Universidad Metropolitana, Convenio ASTRA y los convenios suscritos con la Universidad de Cornell. Asimismo, se ha recibido transferencias de recursos por parte de Fondecyt e INNOVATEPERÚ para ejecución de los proyectos de investigación en beneficio de la institución; y ha habido un saldo de balance del año 2016.

En la **fuerza de financiamiento 01: recursos ordinarios**, se tuvo una disminución del 2,2%, respecto al PIA, como consecuencia a lo señalado en el numeral 1.1, del artículo 1° del Decreto Supremo N° 396-2017-EF, donde autoriza que se realice la transferencia de partidas, con cargo a los saldos disponibles según proyección al cierre del año fiscal 2017, en los presupuestos institucionales de los diferentes pliegos, a favor de la reserva de contingencia. Por ello, el IGP, con la Resolución de Presidencia N° 293-IGP/17 del 29 de diciembre del 2017, aprueba la desagregación de los recursos por transferencia de partida.

Asimismo, en la **fuerza de financiamiento 02: recursos directamente recaudados**, se tuvo un incremento porcentual del 70,2%, principalmente, como consecuencia de los ingresos captados y/o generados por la propia entidad, por lo que le corresponde la administración de estos recursos. Esto involucra los conceptos por la venta de bienes y servicios a diferentes entidades públicas y privadas (Municipalidad Provincial de Huancayo, Electroperu, Minera Poderosa, Minera Milpo, Tumined, Sedapal y otras empresas), y por los derechos administrativos (intereses generados por los saldos de las asignaciones financieras de cada mes – CUT), penalidades administrativas, indemnización de seguro, venta de tickets (planetario), y saldo de balance del año 2016.

Con el Decreto Supremo N° 312-2017-EF, de fecha 01 de noviembre, se autoriza el crédito suplementario a favor del pliego 112: Instituto Geofísico del Perú, en la **fuerza de financiamiento 05: recursos determinados**, por el monto de S/ 1 238 200,00, para financiar la intervención denominada "Implementación de Sistemas de Alerta Temprana de Deslizamientos y Huaicos usando radares geofísicos Huancavelica, Junín y Lima", y de fecha 06 de noviembre del 2017 con la Resolución de Presidencia N° 248-IGP/17, se incorporó dichos recursos.

Presupuesto institucional de ingreso por fuerza de financiamiento

FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
01 RECURSOS ORDINARIOS	27 007 900	26 415 017	-592 883	-2,2%
Presupuesto inicial (Ley N° 30518)	27 007 900	27 007 900	0	
Crédito suplementario		4 350	4 350	
Transferencia de partidas		-597 233	-597 233	
02 RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	300 000	510 497	210 497	70,2%
Presupuesto inicial (Ley N° 30518)	300 000	300 000	0	
Crédito suplementario		313 437	313 437	
Transferencia de partidas		0	0	
Reducción de marco		-102 940	-102 940	

FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
04 DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	701 416	7 294 020	6 592 604	939,9%
Presupuesto inicial (Ley N° 30518)	701 416	701 416	0	
Crédito suplementario		6 592 604	6 592 604	
Transferencia de partidas		0	0	
05 RECURSOS DETERMINADOS	0	1 238 200	1 238 200	0,0%
Presupuesto inicial (Ley N° 30518)	0	0	0	
Crédito suplementario		1 238 200	1,238 200	
TOTAL PLIEGO	28 009 316	35 457 734	7 448 418	26,6%
Presupuesto inicial (Ley N° 30114)	28 009 316	28 009 316	0	
Crédito suplementario	0	8 148 591	8 148 591	
Transferencia de partidas	0	-597 233	-597 233	
Reduccion de marco	0	-102 940	-102 940	

COMPORTAMIENTO DE LOS GASTOS

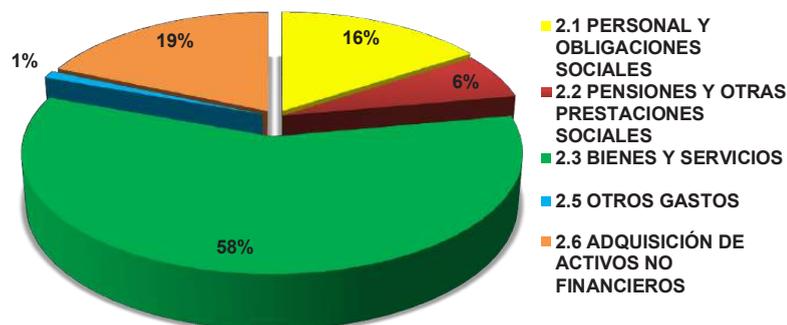
En el año fiscal 2017, el IGP logró ejecutar por toda fuente de financiamiento la suma de **S/ 25 921 929,02**, que representa el **73,1% respecto al PIM**, de los cuales se ejecutaron en gastos corrientes el monto de S/ 21 137 027,01, que representa el 82% de la ejecución total; y, en gastos de capital, se ejecutó S/ 4 784 902,00, que representa el 18%.

Ejecución presupuestaria, por tipo de gasto (%)



A nivel de genérica de gasto, se tiene una ejecución del 16% en la genérica 2.1 (personal y obligaciones sociales), mientras que el 6% corresponde a la genérica 2.2 (pensiones y otras prestaciones sociales); el 58%, a la genérica 2.3 (bienes y servicios); el 1%, a la genérica 2.5 (otros gastos); y, finalmente, el 19%, a la genérica 2.6 (adquisición de activos no financieros).

Ejecución presupuestaria, por genérica de gasto



Asimismo, a nivel de fuente de financiamiento, se observa en el cuadro N° 03, que en la fuente donaciones y

transferencias se tuvo una ejecución de 35,5%. Esto debido a que recién, en el mes de setiembre del 2017, se aprobó el expediente técnico definitivo del proyecto de inversión, con Código SNIP-271840, "Mejoramiento y Ampliación del

Sistema de Alerta ante el Riesgo Volcánico en el Perú", por lo que no se inició la ejecución de dicho proyecto. Éstos saldos no ejecutados son considerados como saldo de balance para el 2018.

Ejecución presupuestaria por fuente de financiamiento y genérica de gasto

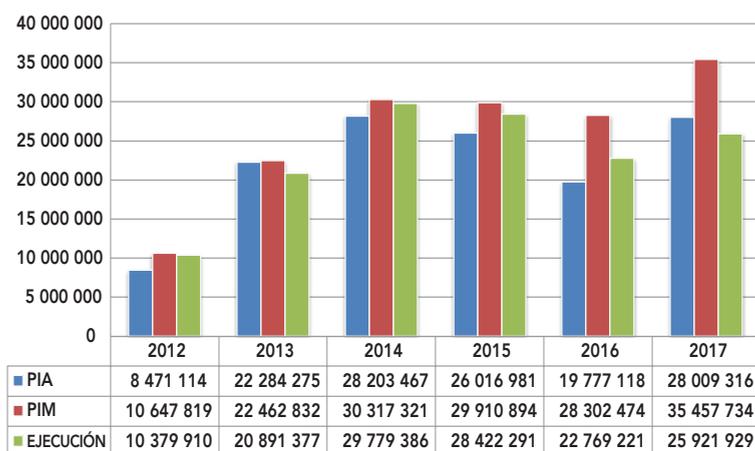
PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE GASTOS 2017				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO / GENÉRICA DE GASTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	EJE/PIM
1 RECURSOS ORDINARIOS	27 007 900	26 415 017	22 336 490,46	84,6%
GASTOS CORRIENTES	18 634 000	18 245 131	18 108 326,08	99,3%
2.1 PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES	4 622 000	4 051 459	4 025 503,08	99,4%
2.2 PENSIONES Y OTRAS PRESTACIONES SOCIALES	1 517 000	1 653 636	1 653 634,42	100,0%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	12 348 000	12 294 141	12 183 350,20	99,1%
2.5 OTROS GASTOS	147 000	245 895	245 838,38	100,0%
GASTOS DE CAPITAL	8 373 900	8 169 886	4 228 164,38	51,8%
2.6 ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	8 373 900	8 169 886	4 228 164,38	51,8%
2 RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS	300 000	510 497	441 945,19	86,6%
GASTOS CORRIENTES	300 000	466 717	398 166,98	85,3%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	300 000	466 717	398 166,98	85,3%
GASTOS DE CAPITAL	0	43 780	43 778,21	100,0%
2.6 ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	0	43 780	43 778,21	100,0%
4 DONACIONES Y TRANSFERENCIAS	701 416	7 294 020	2 585 732,53	35,5%
GASTOS CORRIENTES	691 416	2 715 780	2 095 891,58	77,2%
2.1 PERSONAL Y OBLIGACIONES SOCIALES	0	65 100	65 099,00	100,0%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	691 416	2 625 400	2 019 672,58	76,9%
2.5 OTROS GASTOS	0	25 280	11 120,00	44,0%
GASTOS DE CAPITAL	10 000	4 578 240	489 840,95	10,7%
2.6 ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	10 000	4 578 240	489 840,95	10,7%
5 RECURSOS DETERMINADOS	0	1 238 200	557 760,84	45,0%
GASTOS CORRIENTES	0	898 400	534 642,37	59,5%
2.3 BIENES Y SERVICIOS	0	898 400	534 642,37	59,5%
GASTOS DE CAPITAL	0	339 800	23 118,47	6,8%
2.6 ADQUISICIÓN DE ACTIVOS NO FINANCIEROS	0	339 800	23 118,47	6,8%
TOTAL PLIEGO	28 009 316	35 457 734	25 921 929,02	73,1%

Comportamiento histórico del presupuesto del IGP

Para el periodo fiscal 2017, y tomando como base el año 2012, el presupuesto del IGP por toda fuente muestra una tendencia creciente respecto a los tres momentos presupuestarios. Asimismo, el PIA del IGP, se incrementa sustancialmente, a partir del año 2013, y muestra un crecimiento moderado del orden del 15% al 25% a excepción del año 2016, en el cual la disponibilidad presupuestal cae en 15% respecto al año 2013. Para el año 2017, el presupuesto ha incrementado en un 42 %, respecto al año 2016, esto debido a que nos asignan recursos para la ejecución del proyecto de inversión "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alerta ante el Riesgo Volcánico en el Perú".

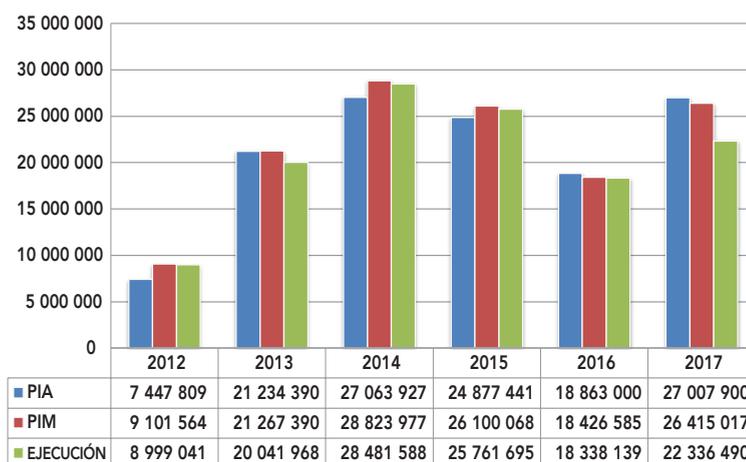
Comportamiento histórico del presupuesto del IGP

Toda fuente



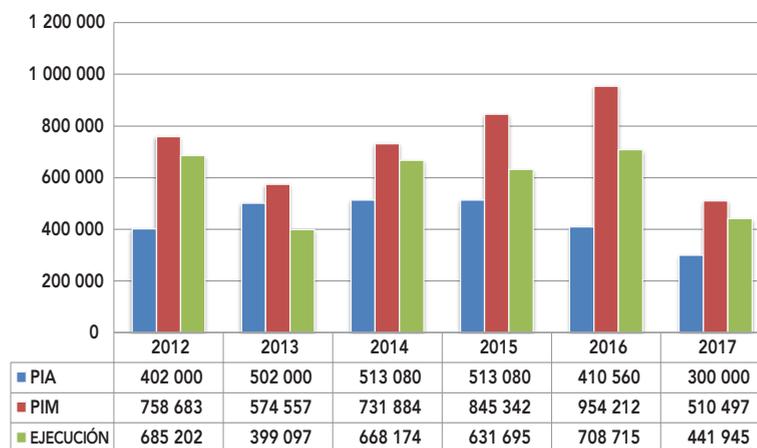
Verificando el comportamiento histórico por fuente de financiamiento, observamos que a nivel de recursos ordinarios (RO), a partir del año 2013, tuvo un incremento significativo, debido a la incorporación del IGP a los programas presupuestales, por lo que se asignó mayor presupuesto para la ejecución del proyecto de inversión y actividades, enfocados al PP 068 - Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres, teniendo en cuenta que las actividades del IGP tienen impacto en la gestión del riesgo y desastres.

Comportamiento histórico recursos ordinarios



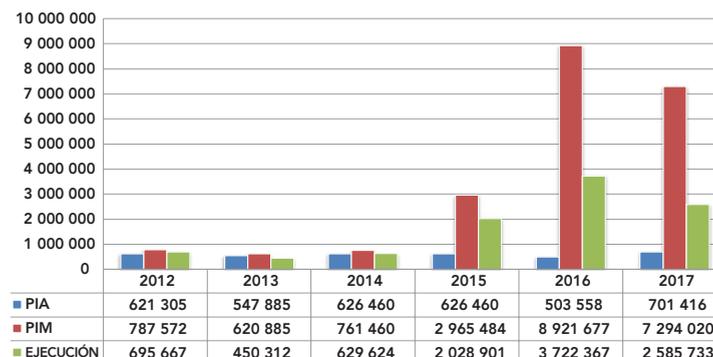
En la fuente recursos directamente recaudados (RDR), a nivel de PIM y ejecución, muestra un comportamiento ascendente a partir del año 2014. Dichos recursos son ingresos captados y/o generados por la propia entidad, brindando servicios especializados a diferentes entidades privadas y públicas. Para el año 2017, se tiene una disminución del PIM, de 47%, debido a una menor recaudación por la fuente recursos directamente recaudados, toda vez que dichos ingresos dependen de la demanda de los servicios del IGP.

Comportamiento histórico RDR



En la fuente donaciones y transferencias (DyT), se muestra un comportamiento homogéneo a partir del 2012 al 2014, como consecuencia de los aportes del convenio de financiamiento con la Universidad de Cornell, Pensilvania y Japón. A partir del año 2015 y 2016, como se observa en el gráfico, el PIM tuvo un incremento muy significativo, debido a que se incorporaron los proyectos de investigación de Fondecyt y Fincyt en el presupuesto institucional; y, en el año 2017, el PIM disminuyó, debido a que algunos proyectos de investigación han culminado.

Comportamiento histórico de donaciones y transferencias



PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA

En el 2017, se dieron inicio a importantes proyectos de inversión pública, los cuales se detallan a continuación:

Mejoramiento y ampliación del Sistema de Alerta Ante el Riesgo Volcánico en el Perú

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

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:	<ul style="list-style-type: none"> *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. *Permitirá el desarrollo de investigaciones, cuyos resultados contribuirán con la mejora de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano. *Contribuirá con proporcionar información de la actividad volcánica a las autoridades locales, regionales, INDECI Y CENEPRED, para tomar las medidas preventivas y así poder reducir los efectos en la salud de las personas y evacuación de las personas que estén en riesgo.

FICHA RESUMEN DEL PROYECTO	
Objetivo específico:	<p>*Ampliación de la red de monitoreo de volcanes con la instalación de 30 estaciones volcánicas que serán instalados en las inmediaciones de 10 volcanes del sur de país (Misti, Ubinas, Sabancaya, Ticsani, Coropuna, Yucamani, Huaynaputina, Tutupaca, Casiri y Sara Sara).</p> <p>*Adquisición de los equipos y herramientas necesarias para realizar los trabajos de campo en los volcanes.</p> <p>*Construcción de una moderna infraestructura para el funcionamiento del Observatorio Vulcanológico del Sur.</p> <p>*Adquisición e implementación del sistema de comunicaciones, que permitirá que los equipos remotos se conecten a una red privada virtual y transfieran información a un servidor de Lima.</p> <p>*Adquisición e implementación con equipos informáticos, <i>software</i>, 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 del sur del país
Costo total del proyecto	18 500 251,09

PROYECTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	%
"Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alerta Ante el Riesgo Volcánico en el Perú"	4 771 770	8 672 637	1 255 491	14,48%

Mejoramiento del servicio del Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica (LNIG) para la generación de información base en gestión de riesgo de desastres causados por sismos, tsunamis, fallas activas y problemas de geodinámicas de superficie (La Molina, Lima, Lima)

PROYECTO DE INVERSIÓN PÚBLICA

FICHA RESUMEN DEL PROYECTO	
Nombre del proyecto:	"Mejoramiento del servicio del Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica (LNIG) para la generación de información base en gestión de riesgo de desastres causados por sismos, tsunamis, fallas activas y problemas de geodinámicas de superficie - La Molina, Lima, Lima".
Código unificado:	2234253

FICHA RESUMEN DEL PROYECTO	
Objetivo del proyecto:	Eficiente prestación de los servicio de calibración, operación, mantenimiento y desarrollo de prototipos de instrumentos geofísicos que registran y proveen información para la gestión de riesgo de desastres causados por sismos, tsunamis, fallas activas y problemas de geodinámica de superficie en el Perú
Principales detalles técnicos del proyecto:	<p>*Se contará con un laboratorio de alto nivel tecnológico para llevar a cabo el servicio de calibración, operación, mantenimiento y desarrollo de prototipos de instrumentos geofísicos que registran y proveen información para la gestión de riesgo de desastres.</p> <p>*Permitirá el soporte y asistencia técnica sobre la instrumentación geofísica de universidades, organizaciones científicas e instituciones públicas y privadas.</p> <p>*Contribuirá a la 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.</p>
Objetivo específico:	<p>*Se contará con instrumentos y equipos modernos destinados a la calibración, operación, mantenimiento y desarrollo de prototipos de los instrumentos geofísicos que están instalados a nivel nacional.</p> <p>*Construcción de una moderna infraestructura para el funcionamiento del LNIG.</p> <p>*Se contará con equipos electrónicos auxiliares y servidores modernos para el procesamiento y almacenamiento de datos que registra el LNIG.</p>
Beneficiarios directos :	17 469 076
Beneficiarios indirectos:	Población a nivel nacional
Costo total del proyecto	16 318 031,87

PROYECTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	%
“Mejoramiento del servicio del Laboratorio Nacional de Instrumentación Geofísica (LNIG) para la generación de información base en gestión de riesgo de desastres causados por sismos, tsunamis, fallas activas y problemas de geodinámicas de superficie - La Molina, Lima, Lima”	450 000	450 000	84 628	18,81%

Cooperación institucional y convenios

La labor del IGP tiene relevancia nacional e internacional demostrada por el alto nivel de sus investigaciones y el interés que generan en la comunidad científica. Esta condición ha permitido que diversas instituciones nacionales y extranjeras opten por trabajar de manera conjunta (convenios, donaciones y subvenciones) en proyectos relevantes.

Una muestra tangible es que nuestra sede Jicamarca, donde funciona el Radio Observatorio de Jicamarca, continúa recibiendo el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE. UU. (NSF) a través del acuerdo cooperativo que mantiene con la Universidad de Cornell, de ese mismo país. Esta colaboración con Cornell se ha mantenido desde los orígenes del observatorio, hace más de 50 años. El convenio de colaboración más reciente se firmó en el año 2015, mediante el cual se realizan investigaciones tanto en aeronomía como en otras ramas de la física asociadas al estudio del geoespacio, lo que le permite a la comunidad científica internacional obtener datos del radar ionosférico de Jicamarca a una tasa aproximada de 5 000 horas por año durante el período acordado.

En esta sede además tenemos convenios con la Universidad Metropolitana de Puerto Rico (UMET) y con la Universidad Estatal de Pensilvania (PSU) de los EE. UU. para la operación y mantenimiento de dos radares ionosféricos. El primer radar, AMISR 14, ha sido instalado en Jicamarca y se utiliza para complementar las observaciones de las irregularidades ionosféricas que se realizan con nuestro radar principal. El segundo radar, denominado CIRI (Cognitive Interferometric Radar Imaging), fue instalado en el Observatorio de Huancayo y tiene como objetivo el estudio de la F-dispersa en paralelo con el modo JULIA del radar de Jicamarca, incrementando la cobertura de observación de este fenómeno ionosférico. Adicionalmente, se mantiene un acuerdo de colaboración la institución científica Atmospheric & Space Technology Research Associates LLC (ASTRA), por medio del cual el instituto realiza la

instalación, mantenimiento y toma de datos de un sistema de monitoreo de las perturbaciones ionosféricas a bajas latitudes. Este sistema se denomina TIDDBIT. Así también, con el apoyo de la Oficina de Investigación Científica de la Fuerza Aérea de los EE. UU. (AFOSR), se mantiene un convenio adicional con la Universidad de Cornell para la implementación de una red de transmisores y receptores de radio HF distribuidos en la región central del Perú. Las mediciones realizadas con esta red van a ser utilizadas en el estudio de pronóstico de la ocurrencia de irregularidades ionosféricas y su relación con el clima espacial.

Por otro lado, desde el 2006, se ejecuta en el IGP el proyecto internacional Low Latitude Ionospheric Sensor Network (LISN), cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos. Este proyecto, inicialmente en colaboración con Boston College de EE.UU., es posible gracias al apoyo de la Universidad de Texas en Dallas.

A partir del 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 con la vigilancia de la no proliferación de pruebas con armas nucleares, en el IGP contamos 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 obtuvo el terreno para la construcción de la

nueva sede del IGP en esa ciudad y donde funcionará, entre otras áreas, el Laboratorio Geofísico del Sur.

Continuó la ejecución durante el 2017 de la cooperación interinstitucional con el Instituto de Investigación para el Desarrollo – IRD (Francia), cuya finalidad es realizar estudios conjuntos en sismología, vulcanología y eventos hidrológicos extremos en la Amazonía, y física y dinámica en los andes tropicales, los cuales aportan conocimiento en materia de gestión de riesgo de desastres.

En investigación espacial, en cooperación con la NASA (National Aeronautics and Space Administration de EE. UU.), se cuenta con un fotómetro solar para la medición de aerosoles, labor realizada por el Laboratorio de Microfísica Atmosférica y Radiación (Lamar), ubicado en la sede del IGP en Huancayo, con el cual este centro es parte de la red mundial Aeronet de la NASA. Asimismo, en este observatorio, 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 2017, el IGP firmó un convenio con el Fondecyt del Concytec para la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de la línea de investigación en física y microfísica de la atmósfera”. Este proyecto permite la incorporación de cinco investigadores científicos mediante el esquema financiero “Magnet: atracción de investigadores”, promovido por Concytec. Asimismo, para la operatividad de este proyecto, se firmó una carta de cooperación con la representación en Perú del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), mediante el cual esta institución contrata a los investigadores extranjeros y los designa al IGP.

Durante el 2017, estuvieron vigentes tres convenios con Innovate Peru y dos con Fondecyt, mediante los cuales se desarrollaron proyectos de investigación de la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera del IGP.

A continuación, detallamos algunos de los convenios de cooperación más relevantes firmados por nuestra institución durante el 2017.

TIPO DE CONVENIO	ENTIDAD SUSCRIPTORA	ACRÓNIMO DE LA ENTIDAD	FECHA DE FIRMA	VIGENCIA	MODO DE RENOVACIÓN	OBJETO DE LA COOPERACIÓN
ESPECÍFICO	PROGRAMA NACIONAL PLATAFORMAS DE ACCIÓN PARA LA INCLUSIÓN SOCIAL	PAIS	19/12/2017	4 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Instalación y operación de estaciones sísmicas en las áreas administradas por los tambos
MARCO	INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ	IMARPE	28/11/2017	5 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Promover y ejecutar acciones para el desarrollo de investigaciones científico-tecnológicas relacionada con el ambiente marino y costero, lo que contribuye a la conservación de los recursos marinos y a la gestión de riesgos de origen geofísico

TIPO DE CONVENIO	ENTIDAD SUSCRIPTORA	ACRÓNIMO DE LA ENTIDAD	FECHA DE FIRMA	VIGENCIA	MODO DE RENOVACIÓN	OBJETO DE LA COOPERACIÓN
ADENDA MARCO	SERVICIO NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS POR EL ESTADO	SERNA NP	27/12/2017	5 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Fomentar y apoyar el desarrollo de estudios de investigación científica así como la divulgación y formación científica en materia de geofísica y su relación con los ecosistemas y poblaciones asociados a las áreas naturales protegidas por el Estado
MARCO	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DEL RÍMAC		25/10/2017	3 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Cooperación y desarrollo de acciones relacionadas con la ciencia, tecnología, innovación y gestión del riesgo de desastres
ESPECÍFICO	LUZ DEL SUR		02/11/2017	17 DÍAS	RENOVABLE CON ADENDA	Acceso al área del ROJ para el análisis de viabilidad de la posible ubicación e instalación de 04 torres de transmisión del energía eléctrica por parte de Luz del Sur
ESPECÍFICO	CENTRAL DE COMPRAS PÚBLICAS - PERÚ COMPRAS	PERÚ COMPRAS	13/06/2017	CONDICIONADO AL OBJETO	SIN RENOVACIÓN	Apoyo en la contratación del servicio de vigilancia
ADENDA ESPECÍFICA	COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AEROESPACIAL	CONIDA	15/09/2017	3 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Establecimiento y operación de módulos de oficina-taller en el espacio administrado del Observatorio de Huancayo
MARCO	UNIVERSIDAD ESAN	UESAN	07/09/2017	3 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Promoción y desarrollo de la ciencia, tecnología e innovación conducente a aportes del Sinagerd

TIPO DE CONVENIO	ENTIDAD SUSCRIPTORA	ACRÓNIMO DE LA ENTIDAD	FECHA DE FIRMA	VIGENCIA	MODO DE RENOVACIÓN	OBJETO DE LA COOPERACIÓN
MARCO	SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN	SENCICO	18/01/2017	3 AÑOS	RENOVABLE CON ADENDA	Establecimiento de mecanismos y procedimientos para la realización de estudios de investigación, que incluyan comportamientos de fenómenos relacionados con desastres naturales para la estimación de pérdidas y su prevención
ADENDA ESPECÍFICA	CORNELL UNIVERSITY	CORNELL	20/03/2017	1 AÑO	RENOVABLE CON ADENDA	Investigación en aeronomía y ramas afines usando el radar de dispersión incoherente de Jicamarca
ESPECÍFICO	KYUSHU UNIVERSITY	KU	18/05/2017	1 AÑO	RENOVABLE CON ADENDA	Operación de la red de magnetómetros MAGDAS en el Perú
ADENDA MOU	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	PSU	18/05/2017	1 AÑO	RENOVABLE CON ADENDA	Estudios de la ionósfera en Huancayo usando el radar CIRI (Cognitive Interferometric Radar Imager)
ADENDA MOU	UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE PUERTO RICO	UMET	03/02/2017	1 AÑO	RENOVABLE CON ADENDA	Operación del RADAR AMISR14 para estudios de la ionósfera ecuatorial en el Radio Observatorio de Jicamarca
ESPECÍFICO	UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS	UTD	15/09/2017	1 AÑO	RENOVABLE CON ADENDA	Estudio del acoplamiento entre la ionósfera y la termósfera usando el Observatorio Distribuido LISN

Recursos humanos

El capital humano del IGP, sus capacidades, conocimientos y habilidades constituyen los elementos esenciales para el desarrollo de nuestro mandato como ente rector en geofísica a nivel nacional. En el IGP, nos encargamos del desarrollo científico relacionado con los fenómenos y procesos naturales que afectan a la Tierra. Para cumplir a cabalidad esa tarea, contamos con profesionales del más alto nivel en el Perú, quienes investigan y ponen a disposición de las autoridades y la ciudadanía información confiable. Esta misma información es la que se convierte también en insumo para hacer la ciencia que el país tanto necesita.

Al 31 de diciembre del 2017, el IGP mantuvo una fuerza laboral de 311 personas, bajo diferentes modalidades de contratación: 67 por contrato indeterminado (DL N° 728, 129 vía contrato administrativo de servicios (CAS), 03 en altamente calificados, 94 locadores (presupuesto), 3 del Proyecto Fincyt, 10 del proyecto Fondecyt, 3 del proyecto LISN, 2 del proyecto Innovate Peru.

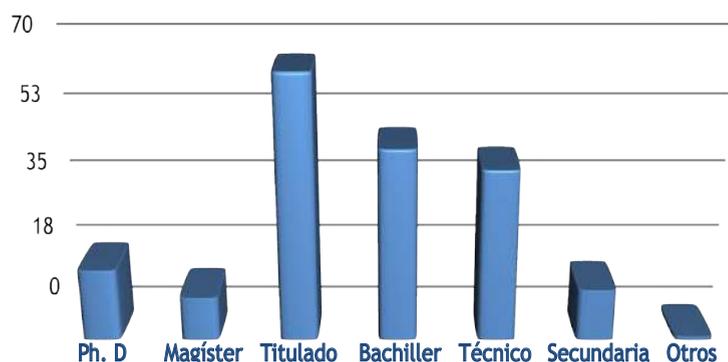
Además, como resultado del convenio con la Autoridad Nacional del Servicio Civil (Servir), la institución mantuvo la colaboración de dos gerentes públicos, cuya labor se centró en mejorar la eficiencia del gasto y la gestión administrativa del IGP.

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. La sede Jicamarca estuvo dirigida por el Dr. Marco Milla; la sede Huancayo, por el Dr. Antonio Pereyra; la Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera, por el Dr. Jhan Carlos Espinoza; la Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida, por el Dr. Hernando Tavera; la Subdirección de Geofísica & Sociedad, por el Econ. Daniel Flores y la sede de Arequipa, por el Ing. David Portugal. Ellos tuvieron a su cargo equipos de trabajo integrados por investigadores científicos, asociados, asistentes de investigación, técnicos, ingenieros, tesistas y

colaboradores, quienes contribuyen durante la ejecución de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

En lo referido al soporte, la Subdirección de Redes Geofísicas estuvo a cargo del Dr. Edmundo Norabuena; y la Oficina de Tecnologías de la Información y Datos Geofísicos, dirigida por la Ing. María Rosa Luna.

FORMACIÓN ACADÉMICA



MODALIDAD DE TRABAJO







I
G
P
INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Instituto Geofísico del Perú, sede Mayrazgo.



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169,
Urb. Mayorazgo IV Etapa,
Ate, Lima, Perú
Central Telefónica: (511) 317 2300

<http://www.igp.gob.pe>

 http://www.facebook.com/igp_peru

 http://twitter.com/igp_peru

 https://www.youtube.com/c/igp_videos