



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



# Memoria Institucional 2011



**Ciencia para protegernos,  
ciencia para avanzar**

**Fotografías carátula:**

- 1) Personal del Instituto Geofísico del Perú trabajando a casi 5,000 msnm., en la Cordillera Blanca.
- 2) Volcán Ubinas en Arequipa.
- 3) Santuario Nacional Manglares de Tumbes.
- 4) Vista del Radio Observatorio de Jicamarca.

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



# CONTENIDO

<b>4</b>	Contenido
<b>5</b>	Presentación
<b>6</b>	Misión y Visión
<b>7</b>	Organigrama
<b>8</b>	Miembros del Consejo Directivo
<b>10</b>	Investigadores Científicos
<b>11</b>	Generando Conocimientos Científicos
<b>13</b>	Ciencias de la Tierra Sólida
<b>26</b>	Ciencias de la Atmósfera y Océano
<b>32</b>	Geoespacio, Astronomía y Astrofísica
<b>43</b>	Optimizando las Tecnologías e Infraestructura
<b>47</b>	Convenios para el Desarrollo
<b>49</b>	Servicios Científicos y Tecnológicos
<b>50</b>	Fortaleciendo Capacidades
<b>53</b>	Potencial Humano
<b>56</b>	IGP y Sociedad
<b>57</b>	Mejorando la Gestión Institucional

# PRESENTACIÓN

El Perú está particularmente expuesto a fenómenos naturales de gran intensidad y destrucción: sismos, huaycos, deslizamientos de tierra, fenómeno El Niño, sequías, inundaciones, erupciones volcánicas, etc. Para minimizar el impacto y las lamentables pérdidas materiales y humanas que estos eventos puedan ocasionar, se requiere tomar en cuenta el enfoque de gestión de riesgo, el cual incluye tanto el análisis del peligro como el de vulnerabilidad.

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) —organismo público adscrito al Ministerio del Ambiente— juega precisamente un rol crítico en el análisis del peligro, gracias a las investigaciones que realiza en Geofísica: estudios relacionados a la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra; donde el IGP es una fuente de información científica y técnica clave para los tomadores de decisiones en planes de prevención y gestión de riesgo.

En esta gran línea de investigación, la institución cuenta con las áreas de Sismología, Geodesia Espacial y Vulcanología —agrupadas en Ciencias de la Tierra Sólida— quienes desarrollan trabajos complementarios con el fin común de adquirir la información científica necesaria para el propósito final de prevenir y concientizar a la población.

En esta tarea, las principales acciones que se ejecutaron fueron la actualización del Mapa Sísmico del Perú, la implementación de la Red de Monitoreo de Deformación Geodésica Nacional, la consolidación de la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis, así como el monitoreo sísmico de los volcanes Ubinas y Misti.

Por otro lado, también se lograron avances importantes en el estudio de la Aeronomía y la Astronomía, disciplinas agrupadas en Geoespacio, Astronomía y Astrofísica. La figura del Radio Observatorio de Jicamarca destaca en este punto,

debido al cumplimiento de sus primeras cinco décadas aportando al conocimiento de la ionosfera ecuatorial cuyos estudios se complementan con los del Observatorio de Huancayo, cuna del IGP, centro dedicado al estudio del campo magnético de la Tierra.

Cabe indicar, que las aplicaciones de este estudio se prolongan a lugares más lejanos en el infinito cuerpo del Universo. Por intermedio del área de Astronomía, el IGP en su preocupación por incentivar en la juventud peruana el interés por las ciencias, cuenta con el Planetario Nacional Peruano Japonés “Mutsumi Ishitsuka” y el Observatorio Astronómico Educativo del Cerro Jahuay, cuyo perfil de proyecto SNIP se concluyó en el 2011.

Por su parte, el área de Variabilidad y Cambio Climático —que opera dentro de Ciencias de la Atmósfera y el Océano— ha desarrollado proyectos importantes en las tres regiones del país. En la costa con el estudio del Fenómeno del Niño y el inicio del estudio del impacto de la variabilidad climática en el ecosistema de los manglares de Tumbes; mediante el proyecto MAREMEX-Mantaro en la sierra y en la selva estudiando la dinámica de los aires provenientes del sur, conocidos como “fríajes”.

Finalmente, debe destacarse que en el año 2011, el IGP tuvo la mayor cantidad de estudiantes y egresados universitarios —de toda su historia— beneficiándose con subvenciones para el desarrollo de sus tesis.

Es así que, en un país donde la inversión científica es ínfima, el IGP continúa con su rol protagónico de desarrollar la investigación y difundir la ciencia, para terminar de asentarnos en un mundo donde la premisa debería ser investigar antes de actuar, y para alcanzar el lugar deseado en la sociedad del conocimiento.

## 2011: UN NUEVO COMIENZO

# MISIÓN Y VISIÓN DEL IGP

## MISIÓN

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

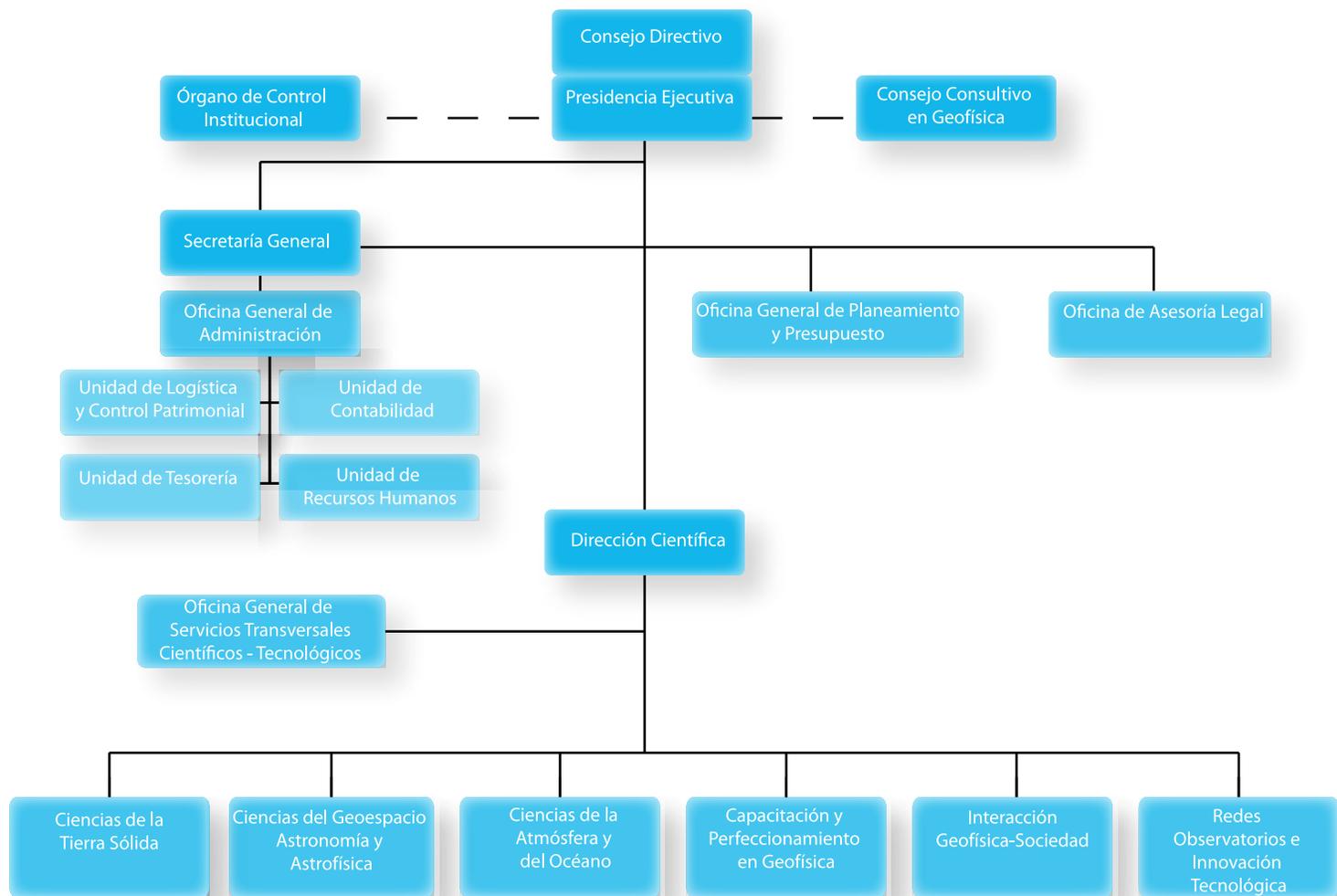
## VISIÓN

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

**Cosecha de papas nativas en el distrito de Quilcas, subcuenca del río Achamayo en el valle del Mantaro. La agricultura es altamente dependiente de las variaciones del clima.**



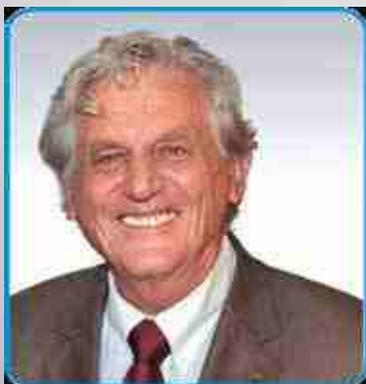
# ORGANIGRAMA



El organigrama institucional que se presenta a continuación fue elaborado durante el 2011 para su inclusión en los documentos de gestión que actualmente se están elaborando y que serán aprobados en el 2012.

**PRESIDENTE EJECUTIVO  
DR. RONALD WOODMAN POLLITT**

Actual presidente del Instituto Geofísico del Perú (IGP). Es ingeniero mecánico electricista por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Máster por la Universidad de Harvard. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias del Perú. Ph.D. en Física Aplicada por la Universidad de Harvard. Miembro de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. y de la American Geophysical Society. Premio Edward Appleton 1999 de la Royal Society of London. Premio Nacional a la Innovación 1993. Premio Nacional de Cultura 1976. Doctor Honoris Causa de las universidades: Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Ricardo Palma de Lima (URP) y Universidad de Piura (UDEP). Es reconocido como uno de los principales investigadores científicos del mundo en Aeronomía y ha publicado por lo menos más de un centenar de artículos indexados en prestigiosas publicaciones científicas.



**VICE PRESIDENTE  
ING. ALBERTO GIESECKE MATTO**

Ingeniero electricista por el Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) de Troy, Nueva York. Campo de actividad: Geofísica, capacitación, fomento y aplicación de la ciencia, para la mitigación de desastres naturales. Ex Director del Centro Regional de Sismología para América del Sur - CERESIS. Fue Presidente Fundador del Consejo Nacional de Investigación, hoy CONCYTEC, y de la Comisión de Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Premio COSAPI a la Innovación. Palmas Magisteriales en el Grado de Amauta. Gran Cruz al Servicio Distinguido del Gobierno del Perú. Premio Nacional Daniel A. Carrión del INC. Doctor Honoris Causa de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Reconocido como uno de los más destacados investigadores en geofísica del Perú y América Latina, por su enorme contribución al control de los efectos de los fenómenos naturales.



**MIEMBRO  
DR. ANTONIO MABRES TORRELLÓ**

Licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad de Barcelona. Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza. Desde 1974 profesor de la Universidad de Piura (UDEP), de la que ha sido Rector y actualmente es Pro Rector. Representante nacional del Perú ante la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas. Presidente de la Comisión de Ética de Indecopi. Miembro del Jurado del Premio de Buenas Prácticas de Gestión Pública, que organiza Ciudadanos Al Día (CAD). Miembro de la Sociedad Peruana de Física. Orden Isabel La Católica, en el grado de Encomienda, concedida en 1994 por el Rey Juan Carlos de España. Destacado investigador especializado en el análisis del cambio climático y en el estudio de los efectos del Fenómeno El Niño. Ha publicado artículos sobre el Fenómeno El Niño, Educación, Ecología y Gestión cultural.



**MIEMBRO  
DR. JORGE ALVA HURTADO**

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



**MIEMBRO  
DR. JUAN TARAZONA BARBOZA**

Biólogo por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Dr. en Recursos Naturales por la Universidad de Bremen, Alemania. Profesor principal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Académico Titular de la Academia Nacional de Ciencia y Tecnología (ANCyT). Comparte el Premio Nobel de la Paz 2007 otorgado a los autores del IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

Asesor de la Presidencia del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Director del Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica. Presidente del Consejo Consultivo de la Facultad de Biología Marina y Eneogocios de la Universidad Científica del Sur. Investigador del Instituto de Ciencias Biológicas Antonio Raimondi en temas de impacto biológico de los eventos El Niño y el cambio climático, con más de 80 publicaciones en revistas especializadas internacionales. Distinción como el investigador más destacado del período 1995-99 del área de Ciencias Básicas en la UNMSM.



**SECRETARIO DEL CONSEJO DIRECTIVO  
DR. JORGE LUIS CHAU CHONG SHING**

Ingeniero industrial por la Universidad de Piura (UDEP). Máster en Ingeniería Eléctrica y Computación por la Universidad de Colorado. Ph.D. en Ingeniería Eléctrica y Computación por la Universidad de Colorado, Boulder. Director general del Radio Observatorio de Jicamarca. Profesor de la maestría de Física Aplicada en la PUCP y del Doctorado de Automatización en la UDEP. Premio Átomo de Oro del Instituto Peruano de Ingeniería Nuclear 2006. Premio Joven Científico por la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, Brasilia, 2005. Académico de Número de la Academia Nacional de Ciencias del Perú. Miembro de la Sociedad Peruana de Física. Ha publicado más de 90 artículos indexados en revistas científicas de talla mundial y presentado más de 200 ponencias en conferencias internacionales.



# INVESTIGADORES CIENTÍFICOS

- Ronald Woodman, Ph.D., Harvard University, EE.UU.
- Ken Takahashi, Ph.D., University of Washington, EE.UU.
- Pablo Lagos, Ph.D., Massachusetts Institute of Technology, EE.UU.
- Hernando Tavera, Ph.D., Universidad Complutense de Madrid, España.
- Yamina Silva, Ph.D., Instituto Estatal de Hidrometeorología, Rusia.
- Edmundo Norabuena, Ph.D., University of Miami, EE.UU.
- Marco Milla, Ph.D., University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU.
- Orlando Macedo, Ph.D., Université Pierre et Marie Curie, Francia.
- José Ishitsuka, Ph.D., Universidad de Tokio, Japón.
- Jorge Chau, Ph.D., University of Colorado, EE.UU.
- Jhan-Carlo Espinoza, Ph.D., Université Pierre et Marie Curie, Francia.
- Alejandra Martínez, M.Sc., Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Grace Trasmonte, M.Sc., Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Isabel Bernal, M.Sc., Universidad Nacional Autónoma, México.
- Kobi Mosquera, M.Sc., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.
- Adolfo Inza, M.Sc., Universidad Joseph Fourier, Francia.
- Sheila Yauri, M.Sc., Nice Sophia Antipolis, Francia.

Estos profesionales desarrollan sus actividades en las siguientes áreas:

Aeronomía  
Astronomía y Astrofísica  
Geodesia Espacial y peligro geológico  
Geomagnetismo  
Sismología  
Variabilidad y cambio climático  
Vulcanología

# GENERANDO CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

## ARTÍCULOS INDEXADOS

El resultado final de toda investigación se cristaliza a través de artículos indexados<sup>1</sup> publicados en revistas de prestigio internacional. En el presente año los investigadores del Instituto Geofísico del Perú han continuado con el esfuerzo de divulgar a la comunidad científica nuevos conocimientos, lográndose publicar 14 artículos.

### CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA

### GEOESPACIO, ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

- Chlieh, M., H. Perfettini, **H. Tavera**, J.-P. Avouac, D. Remy, J.- M. Nocquet, F. Rolandone, F. Bondoux, G. Gabalda, and S. Bonvalot, Interseismic coupling and seismic potential along the Central Andes subduction zone, *Journal Geophysical Research*, 116, B12405, doi:10.1029/2010JB008166.
- **Inza, A.**, J. Mars, J. Métaixian, y **O. Macedo**, Seismo-volcano source localization with triaxial broad-band seismic array, *Geophysical Journal International*, 187(1), 371–384, doi: 10.1111/j.1365-246X.2011.05148.x.
- Traversa, P., O. Lengliné, **O. Macedo**, J. P. Metaxian, J. R. Grasso, **A. Inza**, y E. Taipei, Short term forecasting of explosions at Ubinas volcano, Peru, *Journal Geophysical Research*, 116, B11301, doi:10.1029/2010JB008180.
- Fejer, B., B. Tracy, M. Olsen, y **J. Chau**, Enhanced lunar semidiurnal equatorial vertical plasma drifts during sudden stratospheric warmings, *Geophysical Research Letters*, 38, L21104, doi:10.1029/2011GL049788.
- **Chau, J.**, L. Goncharenko, B. Fejer, y H. Liu, Equatorial and Low Latitude Ionospheric Effects During Sudden Stratospheric Warming Events Ionospheric Effects During SSW Events, *Space Science Reviews*, 10.1007/s11214-011-9797-5.
- Kudeki, E. y **M. Milla**, Incoherent Scatter Spectral Theories—Part I: A General Framework and Results for Small Magnetic Aspect Angles, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49(1), 315-328, doi:10.1109/TGRS.2010.2057252.
- **Milla, M.** y E. Kudeki, Incoherent Scatter Spectral Theories—Part II: Modeling the Spectrum for Modes Propagating Perpendicular to B, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49 (1), 329-345, doi:10.1109/TGRS.2010.2057253.
- Li, Z., S. Naqvi, A. Gerrard, **J. Chau**, y Y. Bhattacharya, Numerical modeling of lower stratospheric Doppler ducted gravity waves over Jicamarca, Peru, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 19011–19027, doi:10.5194/acpd-11-19011-2011.
- Rodrigues, F., E. De Paula, y **J. Chau**, On the characteristics of 150-km echoes observed in the Brazilian longitude sector by the 30MHz Sao Luis radar, *Annales Geophysicae*, 29, 1905–1916.
- Shim, J., M. Kuznetsova, L. Rastätter, M. Hesse, D. Bilitza, M. Butala, M. Codrescu, B. Emery, J. Foster, T. Fuller-Rowell, J. Huba, A. Mannucci, X. Pi, y **J. Chau**, CEDAR Electrodynamics Thermosphere Ionosphere (ETI) Challenge for Systematic Assessment of Ionosphere/Thermosphere Models 1: NmF2, hmF2, and Vertical Drift Using Ground-Based Observations, *Space Weather*, doi:10.1029/2011SW000727.
- Hysell, D., R. Hedden, W. Swartz, D. Farley, **J. Chau**, y **M. Milla**, Magnetic aspect sensitivity of 3-m F-region field-aligned plasma density irregularities over Jicamarca, *Journal of Geophysical Research*, 116, A10302, doi:10.1029/2011JA016856.

<sup>1</sup> Los artículos indexados son aquellas publicaciones que pasan por un proceso de arbitraje antes de ser publicados en revistas internacionales.

## CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA Y OCÉANO

- Dewitte, B., S. Illig, L. Renault, K. Goubanova, **K. Takahashi**, D. Gushchina, **K. Mosquera**, y S. Purca, Modes of covariability between sea surface temperature and wind stress intraseasonal anomalies along the coast of Peru from satellite observations (2000-2008), *Journal of Geophysical Research Oceans*, 116, C04028, doi:10.1029/2010JC006495.
- **Espinoza, J.**, J. Ronchail, J. Guyot, C. Junquas, P. Vauchel, W. Lavado, G. Drapeau, y R. Pombosa, Climate variability and extremes drought in the upper Solimões River (Western Amazon Basin): Understanding the exceptional 2010 drought, *Geophysical Research Letters*, 38, L13406, doi:10.1029/2011GL047862.
- Getirana, A., **J. Espinoza**, J. Ronchail, y O. Rotunno Filho, Assessment of different precipitation datasets and their impacts on the water balance of the Negro River basin, *Journal of Hydrology*, 404(3-4), 304 - 322, doi:10.1016/j.jhydrol.2011.04.037.
- Montecinos, A., M. Kurgansky, C. Muñoz, y **K. Takahashi**, Non-ENSO interannual rainfall variability in central Chile during austral winter, *Theoretical and Applied Climatology*, 106(3-4), 557-568, doi: 10.1007/s00704-011-0457-1.
- **Takahashi, K.**, A. Montecinos, K. Goubanova, y B. Dewitte, ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño, *Geophysical Research Letters*, 38, L10704, doi:10.1029/2011GL047364.

*“SER INVESTIGADOR CIENTÍFICO ES EL RESULTADO DE UNA DENODADA VOCACIÓN POR CONOCER Y EXPLICAR EL COMPORTAMIENTO DE LA TIERRA Y EL UNIVERSO”.*

## DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

La difusión de los resultados de investigación –a través de presentaciones y ponencias– es un valor agregado que genera la institución. El alto número de exposiciones (205) realizadas durante el 2011 pone en evidencia el interés en diseminar los estudios del IGP, los cuales son compartidos con la comunidad científica tanto nacional como internacional, y con tomadores de decisiones y público en general.

	PRESENTACIONES		
	Nacionales	Internacionales	Total
<b>Ciencias de la Tierra Sólida</b> Sismología, Geodesia espacial, y Vulcanología	55	5	60
<b>Geo Espacio, Astronomía y Astrofísica</b> Aeronomía y Astronomía	2	32	34
<b>Ciencias de la Atmósfera y Océano</b> Variabilidad y cambio climático	101	10	11

Amerita mencionar la intensa actividad de Ciencias de la Atmósfera y Océano con su área de Variabilidad y Cambio Climático en el ámbito nacional, en donde el tema del Fenómeno El Niño es recurrente en las presentaciones. Asimismo, investigadores de esta área realizaron exposiciones internacionales en Chile, Francia y Brasil.

Asimismo, el área de Sismología –Ciencias de la Tierra Sólida– registra un buen número de presentaciones nacionales que buscaron satisfacer la demanda de información sobre eventos sísmicos.

Por otro lado, científicos y personal de área de Aeronomía viajaron a EE.UU, Turquía, Brasil, entre otros países, a disertar temas sobre fenómenos ionosféricos y tecnologías de radar.

# Ciencias de la Tierra Sólida



# SISMOLOGÍA

LA INFORMACIÓN ES EL PRIMER PASO PARA LA PREVENCIÓN



Terremoto de Pisco (2007), el Perú no está libre de sufrir las consecuencias de los movimientos sísmicos, por lo que el IGP realiza una importante labor en este campo de investigación.

El Perú es parte del denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, condición por la cual está sujeto a sufrir en su territorio recurrente actividad sísmica. Un ejemplo de esta premisa es que en la primera década del siglo XXI se han producido en el país dos terremotos: El de Arequipa - 2001 y Pisco - 2007, con magnitudes de 8.2 Mw y 8.0 Mw, respectivamente. Dentro de este campo se viene realizando importantes aportes con las diversas investigaciones que se realizan sobre los complejos procesos de ruptura de los diversos terremotos que ocurren en el país.

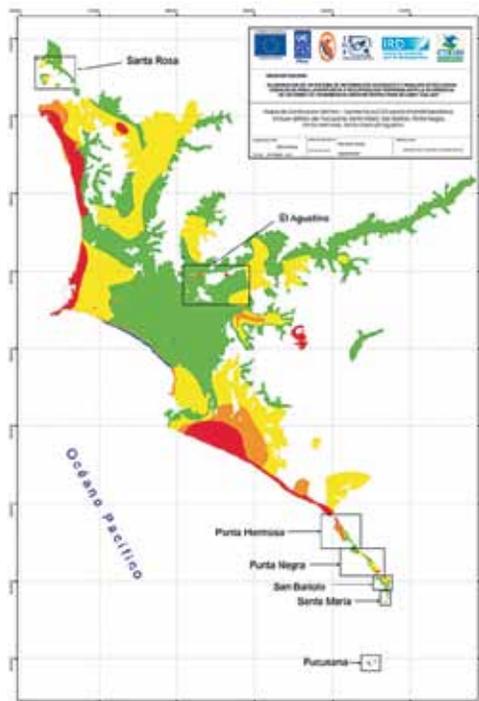
Para el monitoreo de los eventos sísmicos, el Instituto Geofísico del Perú cuenta con el Servicio Sismológico Nacional, a cargo del área de Sismología, la misma que permite estudiar la propagación de las ondas sísmicas por el interior de la tierra e investigar qué las origina. Para lo cual se debe contar con el soporte tecnológico correspondiente, por lo que la institución cuenta con dos redes:

La Red Sísmica Nacional (RSN), compuesta por 40 estaciones de registro, debidamente distribuidas en todo el país, y la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (REDSSAT), que cuenta con un moderno sistema de transmisión de datos sísmicos y procesamiento automático de la información.

Cabe indicar, que si bien esta ciencia no puede predecir con exactitud la ocurrencia de un sismo, sí puede determinar su posible ubicación y magnitud, información que es brindada a las autoridades pertinentes para beneficio de la sociedad.

*“UNA DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL ÁREA DE SISMOLOGÍA FUE LA ELABORACIÓN DEL MAPA SÍSMICO DEL PERÚ, EL CUAL PRESENTA LA FRECUENCIA DE LOS SISMOS DESDE 1960 A LA FECHA”.*

## LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011



La importancia de identificar los lugares más seguros y vulnerables ante un movimiento sísmico, según la calidad del terreno, conllevó a completar el Mapa de zonificación de suelos para Lima Metropolitana propuesto por el CISMID a través del APESEG. El complemento permitió realizar estos estudios en siete distritos: Pucusana, Santa María, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa Rosa y El Agustino. En este documento se puede identificar las referidas zonas, por lo que se constituye en una invaluable fuente de información para la búsqueda de reducir riesgos.

El mapa fue clasificado en cinco zonas, las tres primeras son consideradas como aptas para construir teniendo en cuenta las normas técnicas de construcción, mientras que en las dos últimas no es recomendable edificación alguna debido

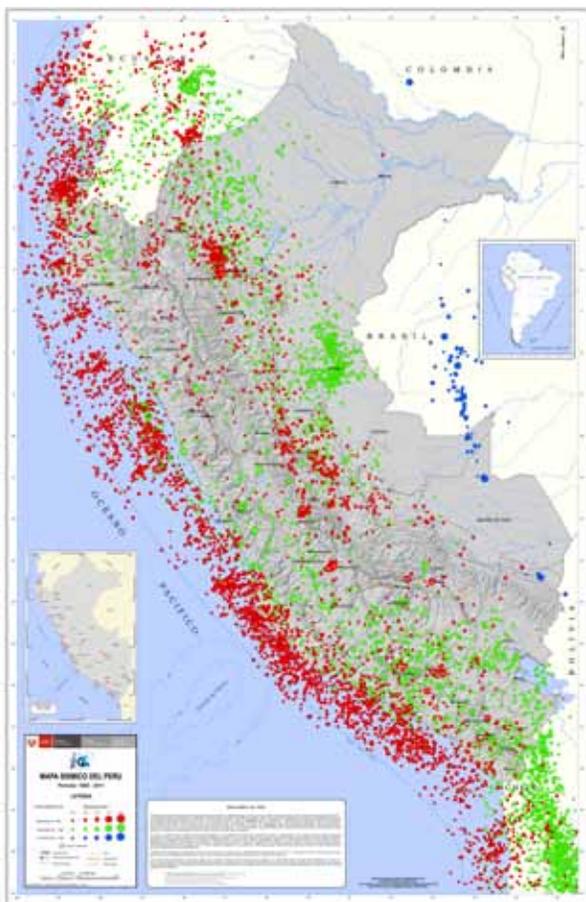
a la mala calidad del suelo.

Cabe indicar, a manera de estadística, que en lo que respecta a conocimiento sobre daño sísmico en asociación a la calidad de los suelos, el terremoto de Lima del 3 de octubre de 1974 marcó un hito en la historia de la sismología en el país debido a que proporcionó importante información sobre el tema.

No obstante, además de saber cuáles son las zonas más vulnerables en base a la calidad del suelo, también es importante conocer los lugares de Lima que en función al tipo de construcción presentan vulnerabilidad. Al respecto, se tiene la información que los distritos con edificaciones o casas más modernas y de material noble son considerados como de baja vulnerabilidad; es decir, serían menos afectadas en caso se produzca un terremoto.

**Mapa de zonificación de suelos para Lima Metropolitana. El aporte del IGP se centra en Pucusana, Santa María, Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo, Santa Rosa, y El Agustino.**

## ACTUALIZACIÓN DEL MAPA SÍSMICO DEL PERÚ 1960 - 2011 (MSP)



Mapa sísmico del Perú (1960-2011).

## PROYECTOS EN DESARROLLO

Una de las principales actividades realizadas por el área de Sismología del IGP fue la elaboración del Mapa Sísmico del Perú, el cual analiza la frecuencia de los sismos desde 1960. La distribución espacial de los sismos en el mapa muestra cuáles son las zonas de mayor frecuencia de sismos y sobre todo la ubicación de las principales fuentes sismogénicas que producen los sismos en el Perú. Asimismo, la sismicidad asociada a la convergencia de placas frente a la línea de costa producida por la deformación de la corteza continental, se debe a la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente y la sismicidad

profunda en la frontera de Brasil y Bolivia. Tras su presentación, el Mapa Sísmico del Perú 2011 fue entregado a las autoridades para que puedan adoptar medidas de prevención en las diferentes zonas sísmicas establecidas.

Se debe tener presente que el correcto conocimiento de las zonas sísmicas del país es solo el comienzo de la tarea de prevención. Debe considerarse que los terremotos no producen la muerte de las personas, sino las estructuras que colapsan por su mal diseño, el uso de material inadecuado o por estar situados en suelos geológicamente inestables.

*“EN COORDINACIÓN CON INSTITUCIONES TANTO PÚBLICAS COMO PRIVADAS, SE REALIZARON EXPOSICIONES, SEMINARIOS Y TALLERES A NIVEL NACIONAL, ESTAS ACTIVIDADES HAN PERMITIDO DIFUNDIR LOS DIVERSOS TEMAS DE SISMOLOGÍA Y DAR A CONOCER LOS PROYECTOS QUE DESARROLLA EL ÁREA”.*

Con el objetivo de identificar la profundidad del Moho, capa que separa la corteza terrestre del manto y la parte superior de la placa subducida por debajo del altiplano peruano y boliviano, se lleva a cabo el proyecto multidisciplinario Central Andean Uplift and the Geodynamics of High Topography (CAUGHT).

La importancia de esta investigación radica en que en la actualidad no se tiene conocimiento detallado sobre los procesos geodinámicos que fueron

responsables de la formación y evolución de esta zona de los Andes, la cual tiene gran influencia en el nivel climático y sísmico. Este proyecto se encuentra actualmente en la etapa de recolección de datos.

Asimismo, se pretende determinar las discontinuidades de primer orden usando eventos telesísmicos y de tomografía sísmica para establecer la geometría de la plaza de Nazca por debajo del continente. Por otro lado, el proyecto PULSE



**Instalación de la estación sísmica del proyecto PULSE en la localidad de La Oroya.**

## SERVICIO SISMOLÓGICO

denominado así por su nombre en inglés “Peru Lithosphere and Slab Experiment” se ejecuta en las regiones Centro y Sur del Perú con la participación del IGP y las Universidades Americanas de Arizona, UNC-Chapel Hill y Yale. El objetivo es investigar el origen y evolución de la placa de Nazca dentro del proceso de subducción sub-horizontal y normal presentes en las regiones centro y sur. En la actualidad, el proyecto se centra en la recolección de datos.

Finalmente, el proyecto PERUSE se desarrolla de manera colaborativa entre la Universidad de California, Los Ángeles,

el Instituto Geofísico del Perú y el IRD, con el objetivo de conocer los procesos geofísicos que permitieron la evolución de la cadena Orogénica Andina, así como investigar la naturaleza del cambio del ángulo de subducción en el sur del Perú.

Este proceso de investigación consiste en formar tres arreglos lineales de estaciones sísmicas de banda ancha conectados con un sistema inalámbrico 802.11b para recibir los datos —casi en tiempo real— y proveer información acerca del estado y operación de cada estación como parte de la red.

Este servicio tiene como fin monitorear de manera continua la actividad sísmica que ocurre en nuestro país haciendo uso de la información proveniente de la Red Sísmica Nacional (RSN) y la Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (REDSSAT).

De esta forma, cada vez que se produce un sismo se procede al análisis de las señales sísmicas registradas y al cálculo de los parámetros hipocentrales que caracterizan a estos movimientos (Fecha, Tiempo Origen, Coordenadas del epicentro, Profundidad del Foco, Magnitud e Intensidades sísmicas evaluadas).

Posteriormente, la información es enviada a la Dirección de Hidrografía de la Marina de Guerra del Perú (DHN) para las posibles alarmas —cuando la magnitud lo amerita— sobre la ocurrencia de tsunamis y al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) para los fines de mitigación del posible daño causado por los sismos.

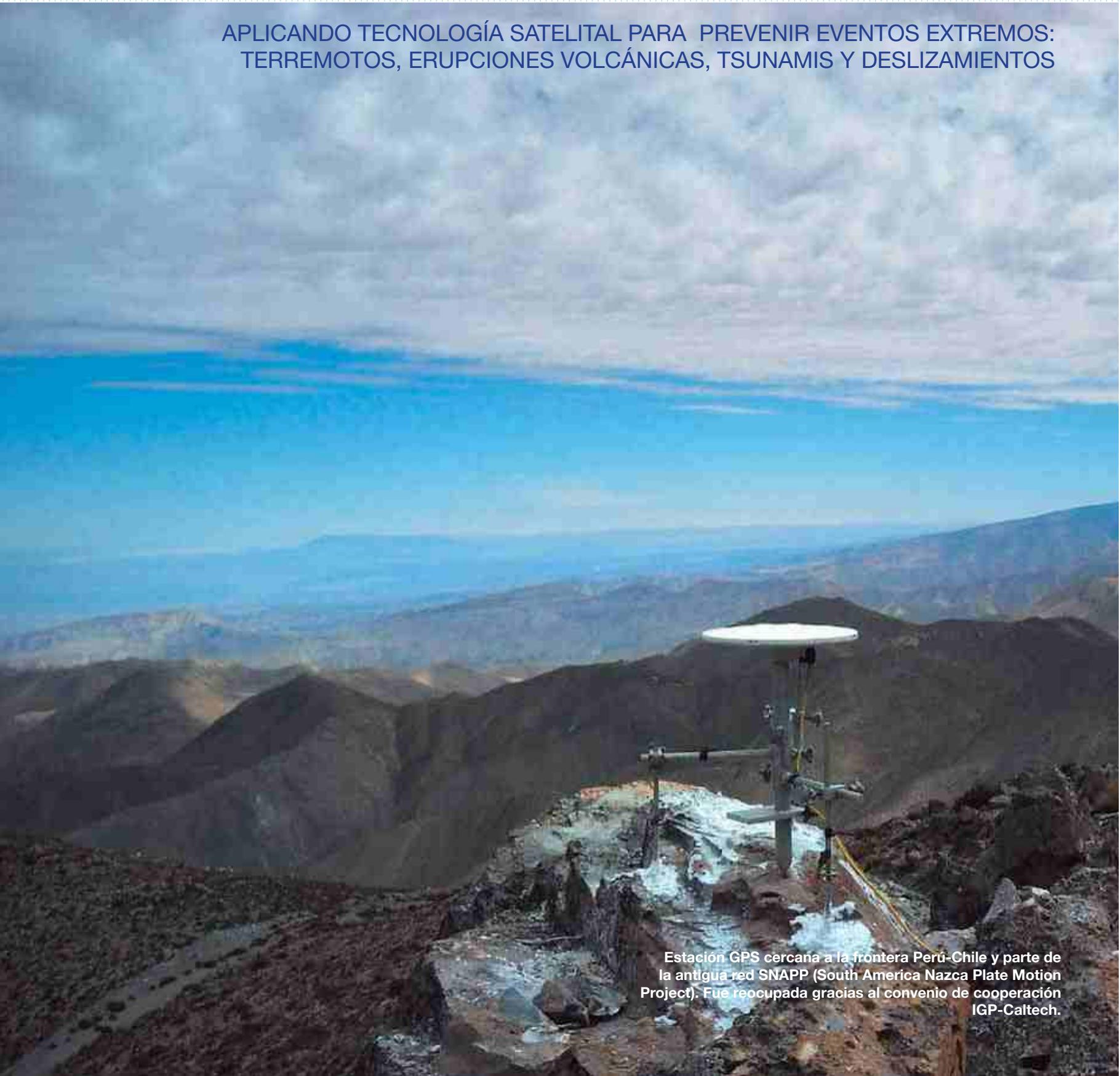
Asimismo, gracias al material informativo que se obtiene de este proceso es posible contar con una Base de Datos Digital y Banco Nacional de Datos Sísmicos, los cuales son parte de un servicio que se convierte en un gran apoyo para los investigadores e instituciones que los requieran.



**El Servicio Sismológico del IGP monitorea las 24 horas, de manera continua, la actividad sísmica del país.**

# GEODESIA ESPACIAL Y PELIGROS GEOFÍSICOS

APLICANDO TECNOLOGÍA SATELITAL PARA PREVENIR EVENTOS EXTREMOS:  
TERREMOTOS, ERUPCIONES VOLCÁNICAS, TSUNAMIS Y DESLIZAMIENTOS



Estación GPS cercana a la frontera Perú-Chile y parte de la antigua red SNAPP (South America Nazca Plate Motion Project). Fue reocupada gracias al convenio de cooperación IGP-Caltech.

Esta área de investigación científica tiene el propósito de documentar y ampliar el conocimiento que se tiene sobre el proceso de deformación asociado a la ocurrencia de eventos extremos como son: Terremotos, Erupciones Volcánicas, Deslizamientos y Tsunamis. También tiene a su cargo la aplicación de métodos geofísicos, tanto en búsqueda de activos económicos (mineros y/o hidrocarburos) como en la evaluación de riesgos en problemas antrópicos asociados a los mismos.

Cabe indicar, que en el desarrollo de estas investigaciones se hace uso del Sistema Global de Navegación Satelital (GNSS), de imágenes de satélites con el Interferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR) y actividad micro-sísmica. El objetivo principal es ampliar el conocimiento que se tiene sobre el ciclo de los terremotos (Ciclo Sísmico) en el Perú, en particular: la región Lima, la Falla del Huaytapallana (Junín), la Falla de la Cordillera Blanca (Ancash) y la región norte del Perú.

*“A TRAVÉS DE UN CONVENIO FIRMADO CON EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALIFORNIA, SE COMPLETÓ LA INSTALACIÓN DE UNA RED DE DIEZ ESTACIONES GPS DE REGISTRO PERMANENTE EN EL EJE MOQUEGUA – TACNA – AREQUIPA”.*

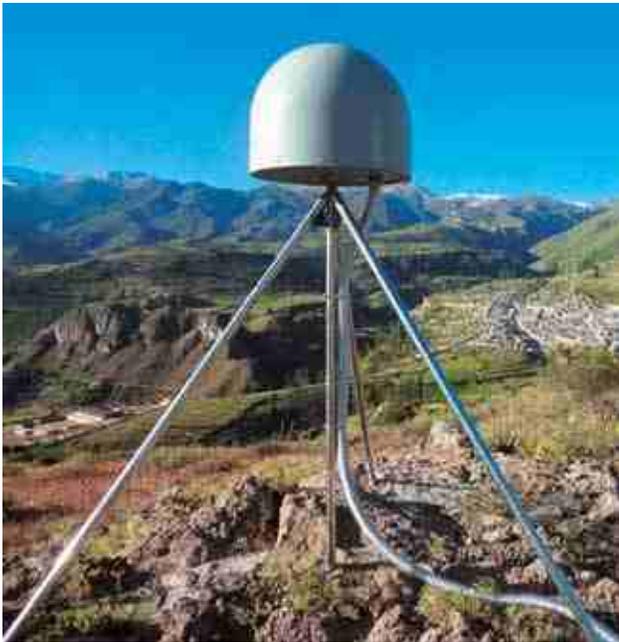
## **LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011**

Como parte del objetivo principal del área, se continuaron los estudios para documentar y analizar el ciclo sísmico en el Perú. Durante el 2011 se analizaron y procesaron aproximadamente cuatro mil eventos sísmicos con magnitudes (M) entre 1.0 y 4.0 ocurridos en la región Lima entre 2004 y 2009. Estos complementan las mediciones GNSS existentes y contribuirán a identificar las características del siguiente gran terremoto en esta parte del país, así como su probable ubicación en el tiempo.

Adicionalmente se llevaron a cabo mediciones GPS en diez monumentos geodésicos distribuidos alrededor de la Falla de la Cordillera Blanca en el departamento de Ancash, región que fue afectada por el último evento extremo en 1946 (Quiches). Con apoyo del proyecto IGP-MAREMEX, se instalaron los primeros diez monumentos de control geodésico

alrededor de la Falla de Huaytapallana (Junín). Es importante resaltar que esta falla geológica se ubica a 20 km de la ciudad de Huancayo y representa un alto riesgo para toda la región.

Con el fin de determinar la deformación de la corteza al sur del país y en el norte de Chile, donde no se ha producido un terremoto de gran magnitud desde hace 125 años, se viene desarrollando desde el 2007 una cooperación científica con el Laboratorio de Tectónica del Instituto Tecnológico de California (CALTECH). Gracias a esto se han recibido en donación diez sistemas de recepción GPS para operación permanente, habiéndose culminado con la instalación de las últimas tres estaciones, cuya red mide las deformaciones de la corteza dentro del ciclo sísmico que cubre dicha zona: eje Nazca-Arequipa-Moquegua-Tacna-Arica.



Asimismo, se ha iniciado con el Instituto de Ciencias de la Tierra de Grenoble y el IRD, un proyecto complementario que culminará en el 2012 con la instalación y operación de otras diez estaciones de registro GPS permanente.

Otra labor que se está realizando es la investigación de fenómenos electromagnéticos atmosféricos e ionosféricos que puedan anticiparse a la ocurrencia de terremotos. Para el desarrollo de este estudio se hace uso de señales ELF/VLF (“Extreme Low Frequency / “Very Low Frequency) de un sistema de adquisición de las referidas

señales instalado en el Observatorio de Huancayo. Este proyecto se realiza como parte de un convenio de cooperación con el Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Stanford y la estación ELF/VLF es parte de la red AWESOME.

Cabe resaltar que durante el 2011 se organizaron y realizaron dos cursos internacionales: “Procesamiento y Análisis de Datos GPS usando software GAMIT dictado por expertos del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) e “Inversión de Datos GPS usando el software PCAIM” dictado con la asistencia del IRD-Perú.

**Estación Tarata (Tacna), componente de las diez estaciones permanentes GPS donadas e instaladas por la cooperación científica con el Instituto Tecnológico de California (CALTECH) entre 2008-2011.**

*“EL PRINCIPAL OBJETIVO DE LA GEODESIA ESPECIAL ES AMPLIAR EL CONOCIMIENTO QUE SE TIENE SOBRE EL CICLO DE LOS GRANDES TERREMOTOS EN EL PERÚ, EN PARTICULAR LA REGIÓN LIMA, FALLA DEL HUAYTAPALLANA Y CORDILLERA BLANCA, Y REGIÓN NORTE DEL PERÚ”.*

## **IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE MONITOREO DE DEFORMACIÓN GEODÉSICA NACIONAL**

La ejecución de esta importante red de monitoreo consistió en el uso de, en un primer momento, del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS), por parte de expertos del Instituto Geofísico del Perú y del Instituto Tecnológico de California para el estudio de los desplazamientos de la corteza terrestre en el sur de Perú.

Posteriormente, se pasó a la tecnología GNSS, es decir, el Sistema de Navegación Global por Satélite, el cual permite realizar el monitoreo por más de una vía, al tener la posibilidad de “sintonizar” —además del norteamericano— el sistema europeo, chino y ruso.

La información que se recibe de estos sistemas sirve para poder determinar los desplazamientos de la superficie terrestre y la magnitud del posible evento extremo sísmico región: Terremoto u otros como erupciones volcánicas o desplazamientos.

Esta labor se ejecuta por intermedio de una red de diez estaciones geodésicas instaladas entre Nazca y Tacna, en las cuales se mide las variaciones en el desplazamiento continuo que sufre la Tierra por efecto del choque de las placas de Nazca y Sudamericana y que conducen al evento sísmico extremo: Terremoto.

## SERVICIO A LA SOCIEDAD

Asimismo, con los desplazamientos medidos en cada una de las estaciones es posible estudiar y documentar el ciclo sísmico, así como estimar la localización y extensión de asperezas, como también el grado de acoplamiento entre las placas, lo que finalmente permite tener una idea de en qué periodo se aproximaría un fenómeno similar y su probable magnitud.

Se realizaron estudios sobre la relación de vibraciones explosivas y los deslizamientos detectados en un sector del Santuario Histórico de Machu Picchu. Esta investigación fue realizada a solicitud de SERNANP – Cusco debido a la preocupación de esta institución sobre la posibilidad que las actividades explosivas efectuadas por la ampliación de la central hidroeléctrica de Machu Picchu fueran las causantes de los deslizamientos ocurridos en dos locaciones del Santuario.

Por otro lado, en el sector minero, se

En este punto, cabe resaltar que los ciclos sísmicos duran decenas y hasta centenas de años, y que actualmente se tienen como muestra de estudio la información registrada para las partes finales de los ciclos sísmicos asociados a los terremotos de Nazca en 1996, Arequipa en 2001 y Pisco en 2007.

realizó una investigación geológica – geotécnica a solicitud de la Compañía Minaspampa SAC, la misma consistió en la inspección geológica de las rajaduras que están afectando la infraestructura del proyecto minero.

Conjuntamente con el área de Sismología del IGP, se participó en la reunión técnica con funcionarios del Gobierno regional de Piura para coordinar actividades para la evaluación sismo-geológica de los deslizamientos en Huancabamba y Sondor, en la sierra de Piura.

**Ceremonia de clausura del Curso Internacional “Análisis de Datos GPS utilizando GAMIT/GLOBK” organizado por el IGP y UNAVCO con los auspicios de CERESIS e IRD.**



## EN BÚSQUEDA DEL EXPERTISE

Realizar cursos y talleres de nivel internacional con expositores expertos en el tema de Geodesia Espacial y peligros geofísicos, fue una de las actividades de gran importancia que se planteó esta área para beneficio de los investigadores y profesionales de la región.

En el marco de este objetivo, en el primer

semestre se desarrolló el taller internacional “Procesamiento de Señales GPS usando GAMIT/GLOBK” con expertos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) así como el curso PCAIM: Recuperando la historia de la evolución temporal de fuentes de deformación superficial”. Ambos se realizaron en Lima, en las instalaciones del Instituto Geofísico del Perú.

# VULCANOLOGÍA

NO PODEMOS DETENER LA FURIA DE UN VOLCÁN, PERO SÍ ADELANTARNOS A ELLA



La vulcanología es una ciencia poco conocida por la población en el Perú, sin embargo, el desarrollo de la misma a nivel científico ha sido importante, tanto que hoy en el país se pueden predecir erupciones con meses de anterioridad e incluso precisar las emisiones o flujos que corresponden a cada tipo de volcán.

Durante el año 2011, el área de Vulcanología del Instituto Geofísico del Perú, que desarrolla sus actividades en la sede regional IGP – Arequipa, ha continuado con este crecimiento gracias al desarrollo de trabajos de investigación y proyectos que han contribuido al monitoreo y vigilancia de la actividad sísmo volcánica en el país.

Cabe indicar, que la ubicación de su centro de operación en la “Ciudad Blanca” responde a una razón estratégica por ser el sur del Perú la zona con mayor número de volcanes a nivel nacional. De esta forma, se tiene al Misti, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca, Yucamane y Nevados Casiri, todos con una altitud superior a los cinco mil metros.

La principal actividad de esta sede está asociada a la aplicación de la sismología en la observación, vigilancia y estudio de la cadena volcánica del sur del Perú en general y de volcanes activos específicos. Actualmente, se operan dos redes sísmicas establecidas sobre dos volcanes: el Misti y el Ubinas. Estos volcanes, señalados como el más peligroso y el más activo del Perú, respectivamente, requieren un monitoreo permanente. Por lo que el objetivo principal del Observatorio Vulcanológico de Arequipa es el de observar las manifestaciones geofísicas, geoquímicas y geológicas de los volcanes para realizar una proyección de posibles erupciones en el futuro.

En el caso del Misti, el más emblemático, se trata de un estrato volcán joven, actualmente en estado activo, constituyendo una seria amenaza para la ciudad de Arequipa. Por ello, su actividad es monitoreada permanentemente por medio de una red sísmica telemétrica que envía la data al Observatorio Vulcanológico de Cayma, en Arequipa.

*“LA SISMICIDAD ES MONITOREADA Y ANALIZADA DIARIAMENTE, Y LA INFORMACIÓN OBTENIDA ES ENTREGADA A LA POBLACIÓN EN GENERAL POR INTERMEDIO DEL PORTAL INSTITUCIONAL DEL IGP”.*



Vista del volcán Misti.



Estación repetidora PIC de la Red Sísmica Telemétrica.

## LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011

En el marco de la labor de actualizar la fuente informativa de la actividad volcánica en el país, se realizó la “Confección completa del catálogo sísmico del volcán Misti para el periodo 2005-2010” el cual es una lista de sismos con los datos individuales de cada movimiento, tales como tiempo de inicio, de fin, energía, tipología, duración, etc. Tras su finalización, la misma está disponible para ser usada como herramienta de apoyo para emprender nuevos estudios. Cabe indicar, que el catálogo del volcán Ubinas también ha sido completado hasta ser actualizado.

En este punto, cabe citar algunos ejemplos de estudios que se han realizado mediante el uso de catálogos, como el “Pronóstico a corto plazo de explosiones del volcán Ubinas mediante estadística de los sismos LPS observados”, trabajo que permitió poner en evidencia que en volcanes como el citado es posible llegar a pronosticar explosiones con hasta tres horas de anticipación. Este estudio fue

publicado en noviembre del 2011 con el título “Short term forecasting of explosions at Ubinas volcano, Peru”.

Otro trabajo realizado bajo esta modalidad es el “Análisis de la evolución de la sismicidad VT (Volcánico tectónico) y LP (Periodo largo) del volcán Misti durante el periodo 2005-2008”, el cual muestra que entre estos años la actividad sísmica del volcán Misti se ha elevado muy ligeramente, y aporta un modelo de funcionamiento actual del volcán. Este estudio se realizó dentro del marco de la tesis del Ingeniero Geofísico Riky Centeno, el cual lleva el título “Análisis de la actividad sísmica del volcán Misti entre octubre 2005 y diciembre 2008 y su dinámica actual”.

Por otro lado, también se realizó la instalación de la “Red de estaciones sísmicas portátiles” sobre el volcán Misti, con el fin de obtener imágenes tomográficas, llegándose a instalar en el 2011 un total de diez estaciones.

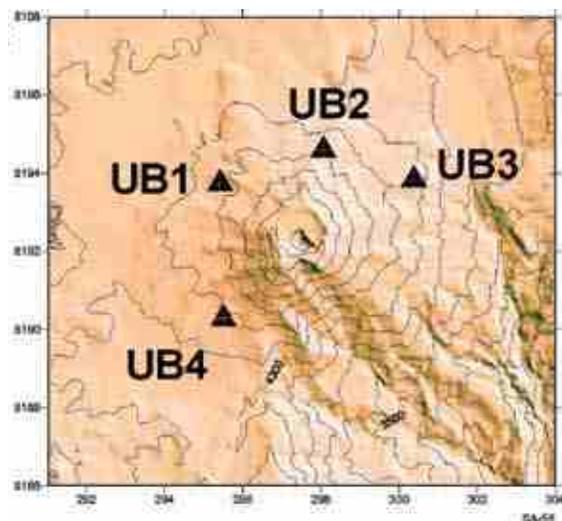
*“EL ÁREA DE VULCANOLOGÍA DEL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ, QUE TRABAJA EN LA SEDE REGIONAL IGP – AREQUIPA, CONTRIBUYE AL MONITOREO Y VIGILANCIA DE LA ACTIVIDAD SISMO VOLCÁNICA EN EL PERÚ”.*

## SISMO VULCANISMO EN EL SUR DEL PERÚ

Este importante proyecto se enfoca en tres puntos que están relacionados entre sí: Mejorar el entendimiento de las correlaciones que ya se han encontrado entre sismicidad tectónica y vulcanismo, investigar la estructura bajo la cadena volcánica a diferentes escalas, y estudiar la dinámica eruptiva, en especial la del volcán Ubinas.

Para lograr estos cometidos, se planteó el desarrollo de actividades como la obtención de imágenes de tomografía sísmica, tanto a nivel de la región, como a nivel de conos volcánicos activos, así como realizar el análisis y clasificación de los eventos sísmicos registrados y obtener catálogos sísmicos.

## PROYECTOS EN CURSO



Mapa de las estaciones del volcán Ubinas.

Dentro del proyecto “Monitoreo sismovolcánico del Misti” la sismicidad ha sido monitoreada y analizada diariamente, y la información obtenida fue entregada a Defensa Civil y a la población en general por intermedio del portal institucional del IGP. El seguimiento realizado al Misti permitió determinar que sus niveles de energía sismovolcánica continúan bajos.

Como parte de este monitoreo se ha evidenciado también un leve decaimiento de la actividad volcánica. De esta forma, a finales del 2011 la actividad ha vuelto casi a los niveles bajos

del 2006.

Asimismo, para la vigilancia sísmica del volcán Ubinas, considerado como el más activo del Perú en el último siglo y que tuvo un promedio de una erupción moderada por cada 10 años, el IGP cuenta en la actualidad con cuatro estaciones que permite el seguimiento y análisis diario de este volcán.

Al igual que el Misti, en este caso también se ha registrado niveles bajos de actividad. Los estudios que se han realizado han permitido además realizar el “Catálogo sísmico del volcán Ubinas”.

## SERVICIO VULCANOLÓGICO

Esta labor del área de Vulcanología del IGP estuvo orientada a brindar, por intermedio de su Observatorio Vulcanológico, el servicio de difundir en la página web de la institución la información analizada de los datos sísmicos obtenidos (Redes Sísmicas en volcanes).

En este punto, se tuvo como tarea el análisis y clasificación diaria de la actividad sísmica asociada a los volcanes activos Misti y Ubinas, así como la publicación periódica del estado de la actividad sísmica de los citados volcanes.

**Trabajador del IGP instalando equipo para el monitoreo de la actividad sismovolcánica en Arequipa.**



Ciencias de la  
**Atmósfera y**  
Océano



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

# VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

CONOCIENDO EL PLANETA PARA MEJORAR NUESTRA ADAPTABILIDAD



Inundación de la ciudad de Iquitos.

El clima y su variabilidad es un factor crítico en el Perú, somos uno de los países más fuertemente impactados por el fenómeno El Niño y que experimenta —visiblemente— las consecuencias del cambio climático con hechos como el aumento de las temperaturas y el deshielo de los glaciares, etc. Ambas condiciones obligan al país a desarrollar investigaciones especializadas en las materias, labor desarrollada por el Instituto Geofísico del Perú.

De esta forma, el área de Variabilidad y cambio climático se encarga de estudios científicos como: El fenómeno El Niño y el clima en la costa, Variabilidad y cambio climático en los Andes Peruanos y en la Amazonía, e Interacción Océano Atmósfera en el Mar Peruano. Así como el análisis de los riesgos de origen climático y adaptación al cambio climático.

En el marco de estas investigaciones se ha contado con el apoyo de fuentes externas para poder desarrollar proyectos como “Manejo de Riesgos de Desastres ante Eventos Meteorológicos Extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro - MAREMEX Mantaro”, AndesPlus Perú (en el marco de “Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales PRAA”) e “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”.

*“EL IGP HA PROPUESTO DOS DISTINTOS ÍNDICES PARA LA DESCRIPCIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE EL NIÑO. ESTO HA APOYADO LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA DEFINICIÓN OPERACIONAL DE ESTE FENÓMENO Y DE LA NIÑA EN EL PERÚ.”*

## **LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011**

### **El Niño y la costa del Perú**

Un tema que preocupa a todo el Perú especialmente a las zonas costeras es, sin duda, el Fenómeno El Niño, principal fuente de variabilidad climática en el Perú. El Niño se muestra como un calentamiento del mar peruano con impactos locales fuertes como lluvias intensas en la costa norte y disrupciones severas de los ecosistemas marinos, pero también como calentamiento en el Pacífico central ecuatorial, que pueden producir sequías en la sierra centro y sur a través de teleconexiones atmosféricas.

En el IGP, se realiza investigación científica en este tema utilizando una combinación de teoría, observaciones y modelos, en colaboración con expertos de nivel internacional. Un estudio liderado por el IGP y publicado en Geophysical Research Letters (GRL), en el que se identificó dos patrones de variabilidad asociados a El Niño y se definieron los índices correspondientes, fue considerado como notable por el American Geophysical Union.

Además, el Instituto participa como parte del Comité Técnico para el “Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN)” donde contribuye con su experiencia, particularmente en relación a modelos de pronóstico climático. Cabe destacar que, para este comité, el IGP además colabora con el pronóstico de las variaciones del nivel del mar en el Pacífico Ecuatorial usando modelos de desarrollo propio.

Se destaca, además, que durante gran parte del 2011, el IGP estuvo a cargo de la Coordinación Técnica del ENFEN y fue responsable de promover e implementar una serie de reuniones científicas del Comité Técnico en las que se desarrolló una propuesta de un índice y una definición operacional de El Niño y La Niña para la costa del Perú, una labor que no había tenido éxito desde la creación del ENFEN. Es importante notar que el estudio publicado en GRL por el IGP fue clave para brindar sustento científico a esta propuesta.

## Interacción Océano-Atmósfera

El cambio climático en la costa y el mar peruano dependerá de forma esencial en la interacción de la atmósfera y el océano. Con esta idea en mente, el IGP está estudiando los procesos físicos detrás de esta interacción. Durante el experimento ParaSEX II (agosto- setiembre 2011), liderado por el IGP y en colaboración con IMARPE, IRD y otros, se hicieron mediciones detalladas de las tormentas de polvo llamadas paracas y se ha hecho

modelado de muy alta resolución de estas.

Además, en colaboración con el IRD se ha implementado, por primera vez en el Perú, un modelo acoplado océano-atmósfera regional de alta resolución, el cual será una herramienta clave para el entendimiento de este acoplamiento y, eventualmente, para la estimación de posibles escenarios de cambio climático en el mar y en la costa del Perú.

## El clima en los Andes



Estación meteorológica del Observatorio de Huancayo.

La existencia de la serie de datos meteorológicos del Observatorio de Huancayo del IGP iniciada en 1921, probablemente la más larga del Perú, ha permitido que el IGP desarrolle en el valle del Mantaro estudios a profundidad sobre la variabilidad y cambio climático. En particular, se viene desarrollando la evaluación de las tendencias de largo plazo de parámetros climáticos como temperaturas y precipitación, así como índices de eventos extremos.

El proyecto MAREMEX Mantaro promovió el desarrollo de temas de investigación a cargo de estudiantes. Uno de ellos fue el modelado de la física de las heladas, que demostró la importancia de la ausencia de cobertura nubosa para la ocurrencia de estas. Otro estudio utilizó información de un radar meteorológico satelital para describir el comportamiento de las

lluvias intensas en la región, resaltando la importancia de eventos de lluvia extrema a la hidrología. Por otro lado, un estudio mostró la importancia de los vientos del oeste sobre los Andes en controlar la ocurrencia de veranillos y otros eventos.

El área de Variabilidad y Cambio Climático del IGP ha sido pionero en trabajos multidisciplinarios, desarrollando estudios de temas como riesgos a la salud y a la agricultura asociado a heladas, veranillos y lluvias intensas, susceptibilidad a deslizamientos, evaluaciones de vulnerabilidad física de poblados, y otros en el marco de MAREMEX Mantaro; mientras que Andes Plus Perú se ha focalizado en el establecimiento de metodologías para la adaptación al cambio climático, sintetizando las experiencias del IGP y otras instituciones en el valle del Mantaro.

## La Amazonía y sus ríos

La región amazónica es altamente dependiente de las condiciones hidrológicas de los grandes ríos que constituyen el principal medio de comunicación e intercambio de mercaderías.

En los últimos años diferentes eventos extremos han sido reportados en la cuenca amazónica, entre los que destaca la sequía de 2010 que produjo, en septiembre de ese año, el nivel más bajo del río Amazonas.

Uno de los objetivos principales del proyecto de investigación de la Amazonía del IGP, consiste en analizar la variabilidad hidrológica de los ríos amazónicos y de sus eventos extremos como sequías e inundaciones. Esto es posible mediante el uso de datos observados en estaciones hidrológicas y meteorológicas, así como información de satélites, el reanálisis y otras informaciones disponibles en la red y grupos científicos.

Bajo este contexto, un trabajo de investigación documentó por primera

## PROYECTOS MULTIDISCIPLINARIOS EN CURSO



Santuario Nacional Manglares de Tumbes.

vez las principales sequías ocurridas en el río Amazonas y los mecanismos climáticos que las originan. Estos eventos, ocurridos en 1995, 1998, 2005 y 2010, están principalmente asociados a un calentamiento del Océano Atlántico tropical norte durante el otoño e invierno, mientras que la aparición del fenómeno El Niño durante el verano precedente puede intensificar la magnitud de las sequías. Este trabajo fue desarrollado en colaboración con el IRD de Francia y el SENAMHI de Perú.

Los estudios que el área de Variabilidad y Cambio Climático realiza, a nivel nacional, permite establecer las pautas para el manejo de riesgos de origen meteorológico y afines. Para este fin, se debe considerar primero que el riesgo es el resultado de dos factores: amenaza (factor físico) y vulnerabilidad (factor social).

En el marco del desarrollo de esta visión, en el 2011 se inició oficialmente el estudio denominado “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el ecosistema de Manglares de Tumbes”, el cual es un ecosistema muy particular, ubicado en la desembocadura de los ríos al mar y que es el único lugar en nuestro país donde se encuentran especies como la apreciada concha negra y el cangrejo de Tumbes. Esta región es fuertemente impactada por el fenómeno El Niño, pero cuenta con muy poca información científica en relación al clima y los manglares, lo cual será el principal objetivo de este proyecto, que cuenta con el financiamiento del IDRC de Canadá. Entre sus características principales se tiene la naturaleza interdisciplinaria y multi-institucional de la investigación (participan SERNANP, IMARPE, Universidad Nacional de Tumbes, Universidad de Piura, Universidad Nacional Mayor de San

Entre otros estudios desarrollados, se destaca la evaluación de datos satelitales de precipitación para el modelado hidrológico de grandes ríos. Mientras que una investigación sobre la física y dinámica de las incursiones de aires fríos del sur, conocidos como “frijas”, está en desarrollo mediante la colaboración con entidades nacionales e internacionales como el SENAMHI de Perú y Bolivia, la Universidad de Buenos Aires y el IRD de Francia.

Marcos, Universidad Peruana Cayetano Heredia, y varios otros) y el énfasis en subvencionar a estudiantes de pre y post grado de universidades nacionales en el desarrollo de sus estudios.

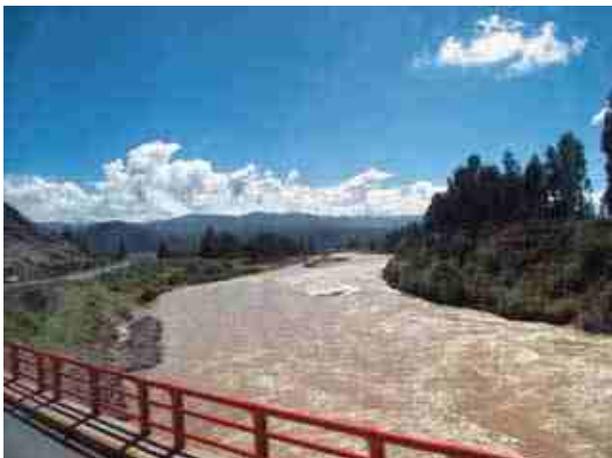
Asimismo, con la finalidad de generar información sobre la ocurrencia de eventos extremos como sequías, heladas y lluvias intensas, desde el 2009 se desarrolló el proyecto de “Manejo de Riesgos de Desastres ante Eventos Meteorológicos Extremos en el valle del Mantaro” – el cual tuvo su último año de vida durante todo el 2011. Este trabajo desarrollado en el valle del Mantaro contó con el apoyo financiero del IDRC.

En la ejecución del proyecto se plantearon lineamientos que permitieron ir desarrollando cada tema de investigación en la búsqueda de las conclusiones y resultados que finalmente fueron entregados a los beneficiarios de este trabajo: Las poblaciones asentadas en la zona de estudio: ámbitos rurales y urbanos de los ríos Shullcas, Cunas y Achamayo.

Los puntos específicos que se siguieron fueron: Identificación de los actores claves involucrados y la evaluación de las actuales capacidades en el manejo

*“EN LOS ÚLTIMOS AÑOS DIFERENTES EVENTOS EXTREMOS HAN SIDO REPORTADOS EN LA CUENCA AMAZÓNICA, ENTRE LOS QUE DESTACA LA SEQUÍA DE 2010 QUE PRODUJO EL NIVEL MÁS BAJO DEL RÍO AMAZONAS”.*

**El desborde del río Amazonas provoca la inundación de las ciudades aledañas.**



**Vista panorámica del río Mantaro.**

del riesgo de desastres, fortalecimiento y profundización de los estudios sobre los procesos físicos que rigen la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en la región, evaluación de la vulnerabilidad actual, así como el fortalecimiento de las instituciones locales y sensibilización de la población.

Cabe indicar, que las investigaciones de este proyecto además de cubrir el campo de acción correspondiente a eventos meteorológicos también se enfocaron en el inicio de la vigilancia de los desplazamientos horizontales de la Falla de Huaytapallana. Para cumplir con este fin se contó con el apoyo de las áreas de Sismología y Geodesia Espacial del IGP.

Uno de los estudios desarrollados en MAREMEX fue el relacionado a la vulnerabilidad física de las poblaciones, que es una condición que se está acrecentando en los centros poblados debido a que muchas viviendas han sido

colocadas en las laderas de los cerros y cerca a los cauces de los ríos, y a que existen edificaciones que se encuentran en pésimo estado de conservación.

El IGP inició en agosto del 2011 el subproyecto Andesplus - Perú, esto en el marco del proyecto “Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA”, a cargo de la Comunidad Andina de Naciones.

Este trabajo permitirá sistematizar la experiencia obtenida en los últimos años en trabajos de investigación y en la ejecución de iniciativas sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del río Mantaro.

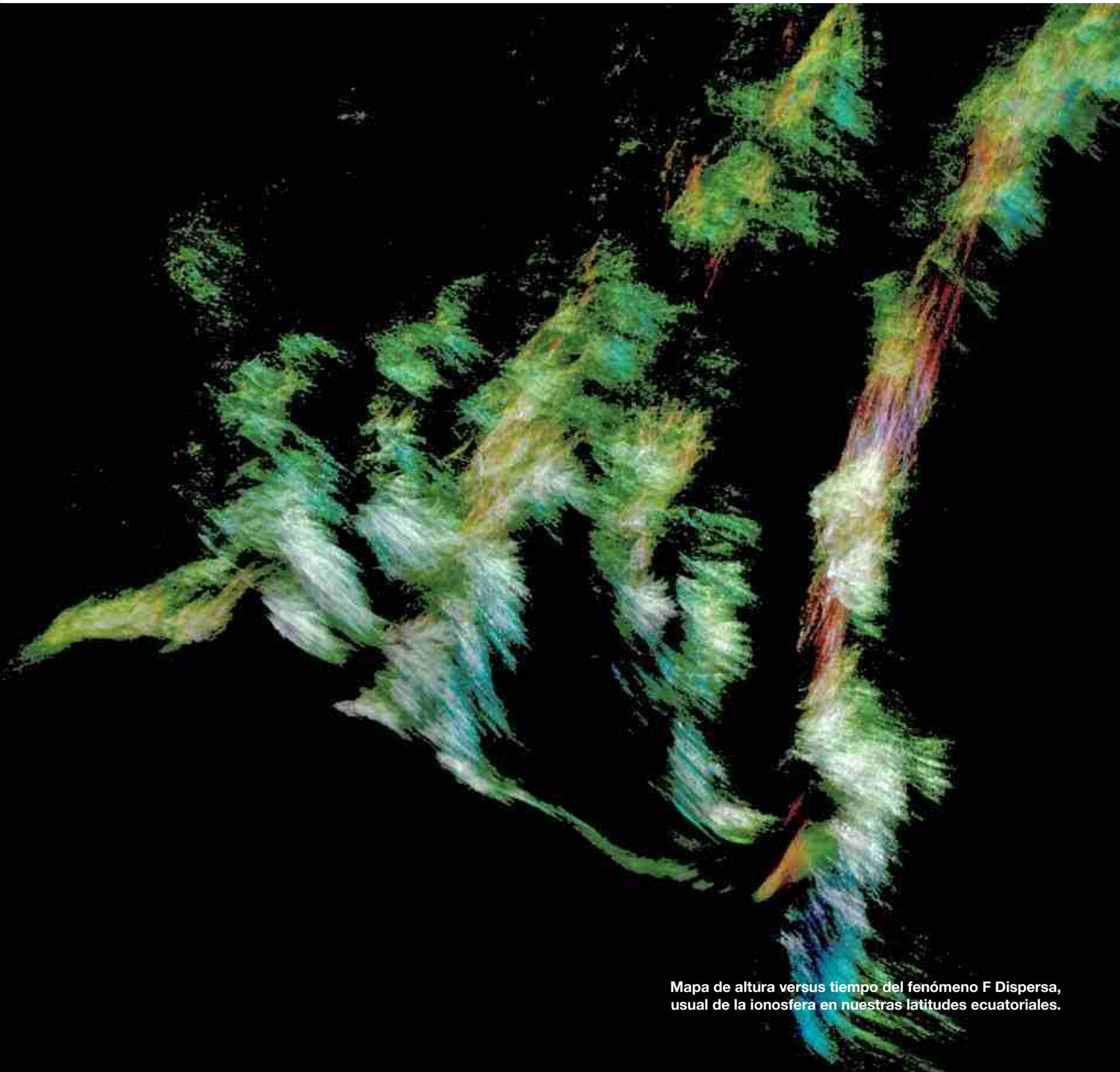
Los resultados contribuirán al desarrollo de una guía metodológica para formular las bases científicas que puedan servir de fuente para el diseño y ejecución de medidas de adaptación sostenibles en zonas de montaña.

Geoespacio  
**Astronomía y**  
Astrofísica



# AERONOMÍA

GENERANDO CONOCIMIENTO DE LA IONOSFERA ECUATORIAL



Mapa de altura versus tiempo del fenómeno F Dispersa, usual de la ionosfera en nuestras latitudes ecuatoriales.

Se conoce como Aeronomía a la rama de la física que se encarga de estudiar los fenómenos de la alta atmósfera terrestre, región en la cual los procesos de ionización y disociación de los gases cobran importancia. También es conocida como física de la ionosfera y magnetósfera o física de plasmas. Las investigaciones en este campo han permitido el desarrollo de múltiples aplicaciones de radio propagación, desde las comunicaciones transoceánicas vía la ionosfera hasta las comunicaciones modernas vía satélite y el desarrollo del sistema de posicionamiento global (GPS).

Para su estudio, el Instituto Geofísico del Perú cuenta con el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) como “entidad emblema”. Mediante el uso de técnicas de sensoramiento remoto, el observatorio monitorea los diferentes fenómenos que ocurren en la ionosfera y alta atmósfera ecuatorial. Dentro de la diversidad de instrumentos geofísicos en operación, el observatorio cuenta con el radar ionosférico (o de dispersión incoherente) más potente y grande del mundo. Condición que es motivo de orgullo para el país, pero que también conlleva a una gran responsabilidad para con la comunidad científica mundial. Los diferentes datos medidos en Jicamarca son utilizados en todo el hemisferio para el estudio de la ionosfera ecuatorial, por lo cual el mantener la buena calidad de los datos es de principal importancia en el observatorio.

*“LAS ACCIONES EJECUTADAS EN EL 2011 NO SOLO SE LIMITARON A VELAR POR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL ROJ EN SU CONJUNTO PARA GARANTIZAR LA REALIZACIÓN Y CONTINUIDAD DE INVESTIGACIONES, SINO QUE TAMBIÉN SE DESARROLLARON PROYECTOS PARA AMPLIAR LA GAMA DE APORTES DEL OBSERVATORIO A LA INVESTIGACIÓN”.*

## 50 AÑOS A LA VANGUARDIA DEL CONOCIMIENTO DEL GEOESPACIO ECUATORIAL



El 2011 es para el Radio Observatorio de Jicamarca el inicio de la conmemoración de su 50 aniversario, es decir, el cumplimiento de cinco décadas de aportes a la investigación en Aeronomía, con hitos que marcaron el desarrollo de la ciencia como las observaciones de dispersión incoherente (las primeras se realizaron en 1961), el desarrollo de radares atmosféricos MST (1072-74), la instalación del primer radar MST en la Antártida (1993), las observaciones de meteoros con radares HPLA (1990), entre otros.

El ROJ, ubicado debajo del ecuador magnético de la Tierra, a 25 km del centro del Lima, basa su importancia en la capacidad con la que cuenta para observar fenómenos exclusivos de la ionosfera ecuatorial. Es así que, en esta sede científica, se realizan estudios e investigaciones relacionadas a la ionosfera y alta atmósfera ecuatorial siendo tópicos de estudio las irregularidades en el plasma

ionosférico, la dinámica de la atmósfera ecuatorial neutra, la física de meteoros, y otros.

La información con la que cuenta el mundo acerca de la ionosfera ecuatorial se debe en gran parte a los aportes del ROJ, el cual tiene como instrumento principal el radar de dispersión incoherente, utilizado para estudiar la física de la ionosfera ecuatorial y la atmósfera neutra. Es importante mencionar que la instrumentación necesaria para la operación del radar, así como los programas de procesamiento utilizados en el análisis de los datos han sido desarrollados por ingenieros del observatorio y son continuamente actualizados de acuerdo a los avances de la tecnología. Así Jicamarca contribuye al Perú, no solo con la generación de conocimiento científico, sino también con la formación de jóvenes ingenieros que luego aplican sus conocimientos en beneficio del país.

## LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011



**Sistema de Adquisición JARS (Jicamarca Acquisition Radar System).**

Teniendo como instrumento guía al radar principal del Radio Observatorio de Jicamarca, entre mayo y octubre del 2011, se realizaron las primeras observaciones conjuntas de meteoros usando técnicas de radio y óptica, las mismas que permitirán realizar estudios comparativos entre ambos tipos de mediciones, para de esta forma poder estudiar el origen y características de los meteoros. Por otro lado, la limitación de escoger entre dos modos de operación dependiendo de si se quiere estudiar los vientos del plasma o la densidad de electrones y su temperatura, quedó en el pasado desde el mes de julio gracias a que se estableció un nuevo modo de operación que permite realizar ambas observaciones simultáneamente.

Asimismo, en el campo del desarrollo instrumental se terminó con la implementación y puesta en operación de un sistema de adquisición de ocho canales, diseñado y construido por personal del ROJ. Este sistema, denominado JARS (Jicamarca Acquisition Radar System), operó para el modo de radar llamado "Imágenes", el cual es una técnica desarrollada por el personal científico del ROJ.

Mediante el uso también del radar principal operado en el modo de dispersión incoherente se realizaron campañas de medición de los diferentes parámetros físicos de la ionósfera ecuatorial como densidad, temperatura y composición del plasma en esta región. El análisis de estas mediciones ha permitido verificar que las colisiones de Coulomb entre partículas cargadas (electrones e iones) que conforman el plasma ionosférico tienen un efecto en las señales medidas en este modo de operación. Para estudiar estos

efectos se desarrolló un simulador de trayectoria de partículas en un plasma, el cual permite la elaboración de un modelo más exacto para las observaciones de dispersión incoherente.

Por otro lado, el ROJ cuenta con otros instrumentos para sus investigaciones como el radar bi-estático Jicamarca - Paracas, cuya estación de recepción fue trasladada e instalada en la Estación Solar de Ica (ESI), empezando a operar en el último trimestre del 2011 con el objetivo principal de estudiar la densidad de electrones en alturas menores a 200 km. Cabe precisar, que este radar es operado continuamente y forma parte del modo de operación JULIA (Jicamarca Unattended Long-term Investigations of the Ionosphere and Atmosphere).

Otro de los principales temas de investigación que se están desarrollando en el ROJ es el estudio de eventos de calentamiento estratosférico súbito (Sudden Stratospheric Warming). Este fenómeno, caracterizado por un incremento en la temperatura de la estratósfera polar ártica en varias decenas de Kelvin, ha demostrado tener un efecto en la ionosfera ecuatorial. Gracias a las observaciones realizadas en Jicamarca, se ha podido determinar que el calentamiento estratosférico polar afecta las derivas verticales del plasma, el contenido total de electrones y la densidad de partículas neutras y cargadas de la alta atmósfera ecuatorial. Además, las condiciones de mínima actividad solar de los últimos años, han permitido observar esta interacción entre la baja atmósfera y la ionosfera, interacción que no se había podido identificar anteriormente.

## PROYECTOS EN CURSO

Con el propósito de pasar del manejo manual al automático del cambio de apunte de la antena principal de Jicamarca, se está desarrollando el proyecto del Sistema ABS, el cual posibilitará que esta

modificación se realice en un tiempo menor a medio segundo mediante el uso de una PC, lo cual abre la posibilidad de realizar una serie de nuevos experimentos y observaciones de la atmósfera. El proyecto



Vista frontal de la Municipalidad del valle las Trancas-Ica, donde está ubicada la Estación Móvil FPI.

está dividido en tres subproyectos: Radiofrecuencia (RF), Control y Monitoreo y su aplicación abarcará los cuatro cuadrantes de la antena principal de Jicamarca (denominados de acuerdo a los puntos cardinales). En el 2011 se puso en operación el Cuarto Sur<sup>2</sup> (que incluye tanto los módulos de RF como los de control) y se inició la construcción de los equipos para el cuarto Norte.

Asimismo, se dio inicio al proyecto “Signal Chain”, el cual busca integrar en una sola herramienta de software los diferentes programas de procesamiento con los que cuenta el radar de Jicamarca. Además, este software permitirá visualizar, procesar y analizar los datos obtenidos por el radar

en los diferentes modos de operación. Para cumplir con este objetivo se creó dentro del observatorio un grupo de software integrado por jóvenes ingenieros que fortalecerán sus capacidades mediante el uso de herramientas actuales para el desarrollo de programas y manejo de proyectos.

Por otro lado, con el objetivo de construir la cuarta unidad de transmisores de alta de potencia del radar de Jicamarca y así recuperar la capacidad original de transmisión del radar la cual era de 6 MW, se inició el proyecto Transmisor TX4, cuya construcción de la etapa de salida se terminó con éxito en el 2011.

*“EN EL 2011 EL ROJ CUMPLIÓ CON EL COMPROMISO INTERNACIONAL DE OPERAR CERCA DE 1000 HORAS EN EL MODO DE RADAR DE DISPERSION INCOHERENTE, LA MAYORÍA DE ELLAS DURANTE LOS “DÍAS GEOFÍSICOS” EN COLABORACIÓN CON OTROS INSTRUMENTOS A NIVEL GLOBAL, Y CERCA DE 4000 HORAS EN EL MODO JULIA”.*

## JICAMARCA, CENTRO DE INFORMACIONES IONOSFÉRICAS

El Radio Observatorio de Jicamarca es también una importante base de informaciones ionosféricas debido a que no solo realiza investigaciones y observaciones sobre el tema, sino que recibe adicionalmente datos de diversos puntos del país y del continente. Un ejemplo de este último punto es el soporte a la red LISN (Low Latitude Ionospheric Sensor Network), la cual es una red de instrumentos geofísicos (receptores GPS, magnetómetros y ionosondas) distribuidos a lo largo de Sudamérica que monitorean el comportamiento de la ionósfera en las regiones ecuatorial y de bajas latitudes. Los datos adquiridos por estos instrumentos son enviados diariamente a Jicamarca para su almacenamiento, procesamiento y control de calidad. En el 2011, se continuó la labor de soporte a esta red, la cual está

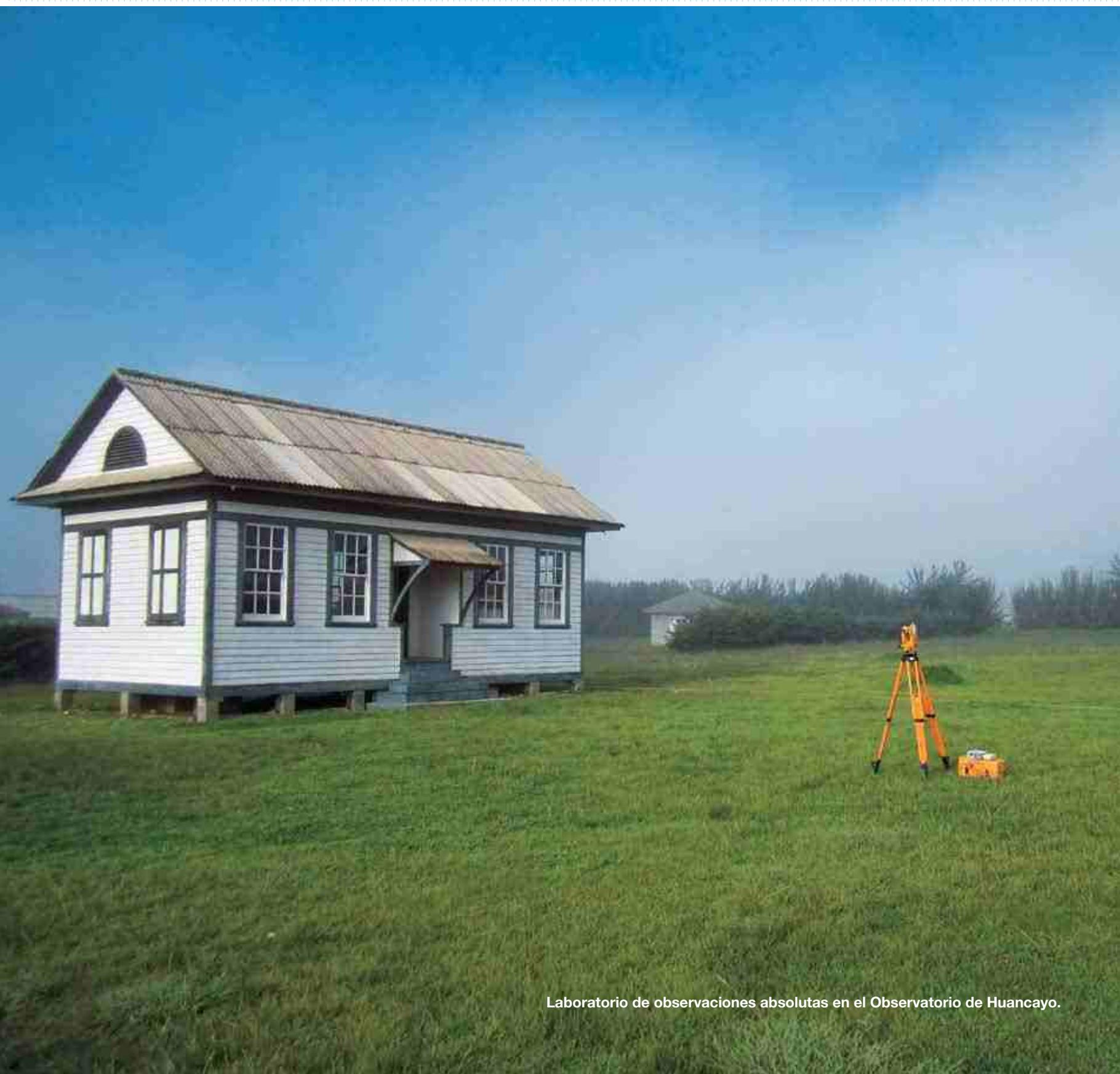
compuesta por más de 30 estaciones distribuidas en siete países de la región.

Asimismo, el ROJ cuenta con el área CIELO (Cluster of Instruments for Equatorial and Low Latitude Observations), la cual tiene a su cargo una serie de instrumentos instalados en diferentes estaciones de observación en el país. En este caso, las labores que se realizan incluyen la instalación, operación, mantenimiento y reparación de estos equipos. En el 2011, se trabajó en el desarrollo de un magnetómetro digital, instrumento que gracias a su buena performance ha sido comercializado y vendido a otros centros de investigación internacionales. En total, en ese año se llegó a vender una decena de estos instrumentos y los ingresos se invirtieron en el desarrollo de nuevo instrumental.

<sup>2</sup> La antena está dividida en cuatro partes, a las cuales se les ha denominado cuartos.

# GEOMAGNETISMO

CONOCIENDO EL CAMPO MAGNÉTICO DEL PLANETA



Laboratorio de observaciones absolutas en el Observatorio de Huancayo.

**D**e todas las ciencias de la Tierra, el Geomagnetismo es una de las disciplinas con mayor trayectoria, esto debido a la curiosidad que suscitó en la antigüedad la habilidad del mineral “Calamita” para apuntar al norte, así como por la importancia histórica que ha tenido para la navegación, la exploración del interior de la Tierra y la relación de ésta con la actividad solar.

En el desarrollo de su estudio, esta ciencia distingue entre campo interno y externo. En el primer caso, intenta buscar una explicación para la generación y mantenimiento de un campo magnético propio y para las variaciones espaciales y temporales detectadas en la superficie terrestre. Mientras que en el segundo, estudia el efecto del campo magnético interno y del campo magnético solar sobre la ionosfera.

Ambas premisas, así como los detalles de esta ciencia, son desarrolladas en el país por el área de Geomagnetismo del Instituto Geofísico del Perú, el cual dispone del Observatorio de Huancayo (conocido mundialmente como el Observatorio Geomagnético de Huancayo) y con estaciones magnéticas como las de Ancón, Jicamarca, Piura, Puerto Maldonado y Leticia, sumándose recientemente el de Arequipa.

Cabe precisar, en este punto, que el Observatorio de Huancayo está ubicado en un lugar estratégico, a tan sólo 8 kilómetros del ecuador magnético, convirtiéndolo así en el único observatorio geomagnético más próximo a esta línea curva. Y debido a que este viene desplazándose de sur a norte, a mediados del año 2013, el ecuador magnético estará sobre el observatorio.

Asimismo, el Observatorio cuenta con una infraestructura adecuada para la realización del trabajo del área de Geomagnetismo, debido a que está compuesto por una sala de observaciones absolutas, una sala de variógrafos, una de laboratorio y un centro de cómputo.

Entre las actividades que desarrolla esta área del IGP, se tiene el estudio de la actividad geomagnética, la variación secular, las tormentas geomagnéticas, la prospección geomagnética y los modelamientos del campo geomagnético.

**“EL OBSERVATORIO DE HUANCAYO ES LA CUNA DEL IGP Y UNO DE LOS OBSERVATORIOS MÁS ANTIGUOS DEL HEMISFERIO. LA OBSERVACIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO Y SU REGISTRO EN PAPEL FOTOGRÁFICO SE INICIÓ EN MARZO DE 1922, Y SE HA MANTENIDO DURANTE MÁS DE 90 AÑOS”.**

## **LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011**

Una de las principales actividades realizadas por esta área fue la recuperación para el estudio del geomagnetismo del Observatorio de Arequipa, sede que estaba paralizada desde el 2007 y que ahora cuenta con un instrumento digital: El magnetómetro XYZ. Asimismo, se realizó la instalación de un magnetómetro digital en la Estación Óptica de Jicamarca, cuyo estudio de factibilidad y establecimiento de las condiciones apropiadas se desarrolló durante el 2010.

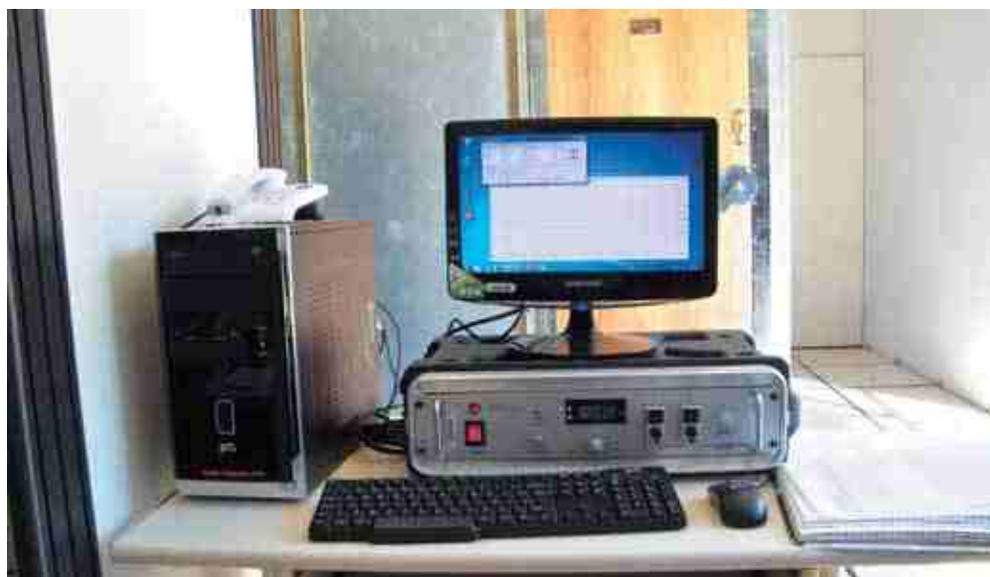
Como parte del proceso de modernización de la información, se inició la digitalización de magnetogramas, tarea que consistió en el escaneo de los registros obtenidos desde 1948 hasta el 2009, así como el procesamiento de imágenes para la

obtención de datos digitales.

Además, en el Observatorio de Huancayo se elaboró el modelo de referencia de la “Carta magnética”, la misma que es utilizada para conocer como está distribuido el campo magnético en el Perú, gracias a las actividades de operación y obtención de datos geomagnéticos, labor rutinaria de esta área.

Cabe indicar, que a lo antedicho se suman actividades como la operación y obtención de datos geomagnéticos, las cuales son una constante cada año al ser la labor principal de esta área. Estos datos están disponibles en tiempo real en los servidores de Jicamarca, y la red INTERMAGNET de Edinburgo y Polonia.

Unidad de control y sistema de adquisición de datos del magnetómetro LISN instalado en Cuiba, Brasil.



## **PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO LISN**

En el marco de este proyecto (ver página 48), en el 2011 se contribuyó con la instalación de dos estaciones magnéticas ubicadas en Mato Grosso – Brasil, así como con la operación y mantenimiento de estaciones instaladas en Colombia y

Argentina. Asimismo, se tiene previsto una nueva instalación en el citado país sureño con la participación principal del Instituto Geofísico del Perú, así como en Bolivia, pero en este caso de una ionosonda digital.

## **PROYECTOS EN CURSO**

Entre las actividades más destacadas que se ejecutaron durante el 2011 está la ampliación y actualización de la Estación Magnética de Ica, en el Observatorio Solar de dicha ciudad, en convenio con la Universidad Kyusho de Japón en el marco del proyecto MAGDAS. Asimismo, se tiene previsto la instalación de un magnetómetro en la localidad de Yauca, ubicada entre Lima y Arequipa, así como también en Tacna.

Por otro lado, se realizó la implementación de GPSs para magnetómetros, esto con el propósito de darle mayor precisión y sincronización de tiempo a estos instrumentos para la obtención de datos geomagnéticos.

Cabe señalar, que se ha terminado con el desarrollo tanto de hardware como de software para incorporar receptores GPS en los magnetómetros. Sin embargo, este proyecto se encuentra actualmente en fase de prueba operando en tres magnetómetros.

Asimismo, se inició la creación de la base de datos geomagnéticos, el cual centrará la información en un servidor de la sede del Instituto Geofísico del Perú en Lima. En este punto, debido a que la conexión a Internet era deficiente, se buscó la mejora de la misma para retomar el proceso de instalación en coordinación con los administradores de SPIDR – Boulder. Al superar este tema se continuará con el avance de este proyecto.

# ASTRONOMÍA

DESPERTANDO EL INTERÉS POR LA CIENCIA



Representación de la constelación Pegaso en el Planetario Nacional Peruano - Japonés Mutsumi Ishitsuka.

El área de Astronomía tiene el compromiso de aportar a la investigación con actividades como observaciones con telescopios y proyectos como la Estación Solar de Ica y el Radio Observatorio Astronómico de Sicaya. Así como de difundir a la sociedad los conocimientos existentes, despertando de esta manera en niños y jóvenes el interés por las ciencias.

Dentro del cumplimiento de este rol, esta área de investigación cuenta con tres componentes principales: La Física Solar, la Radio Astronomía y la Astronomía Educativa. Cabe precisar, que en este último punto, el IGP tiene como baluarte al Planetario Nacional Peruano Japonés “Mutsumi Ishitsuka”, y está desarrollando el Observatorio Astronómico Educativo de Jahuay, en Ica.

*“LA ESTACIÓN SOLAR DE ICA ES UN CENTRO CONJUNTO ENTRE EL ÁREA DE ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA DEL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ Y LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA”.*

## **LO QUE DESARROLLAMOS DURANTE EL 2011**

La colaboración interinstitucional es un tema que destaca en el área de Astronomía. Una muestra de ello es la Estación Solar de Ica, proyecto que se desarrolla de manera conjunta con la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga, ubicada en la citada ciudad. Gracias a este apoyo se continúa realizando observaciones con el telescopio Flare Monitoring Telescope (FMT) donado por el Observatorio de Hida de la Universidad de Kyoto con el fin de monitorear los fenómenos solares

en forma ininterrumpida. Este telescopio es parte del proyecto internacional CHAIN (Continuous H-Alpha Imaging Network).

Estas actividades han permitido recopilar información que ahora sirve de fuente a los investigadores y además han sido una forma de iniciar a los estudiantes de la citada casa de estudios en las observaciones solares, en el tratamiento de imágenes y el análisis de los datos obtenidos.

## **RADIO OBSERVATORIO DE SICAYA**



**Radio Observatorio de Sicaya.**

Tras la donación de una antena parabólica de 32 metros de diámetro por parte de Telefónica al IGP (en una gestión que duró cerca de seis años) el área de Astronomía logró la implementación de un nuevo Radio Telescopio con la finalidad de realizar observaciones de las regiones de formación de estrellas y permitir el acceso a la comunidad universitaria de un instrumento para la investigación científica, principalmente en la Astrofísica. Para tal fin, una de sus primeras tareas fue desarrollar un receptor y una interfase que permitan el control de movimiento del radio telescopio, lo que se realizó gracias a la ayuda del Observatorio Astronómico Nacional del Japón y del Centro Tecnológico Espacial de Kashima en el Japón.

Luego de varios esfuerzos y venciendo algunos obstáculos, en el 2011 se recibió la primera señal de onda de radio desde el espacio exterior y como parte de la evolución de las actividades que se empezaron a desarrollar. Asimismo, la primera señal de una estrella en formación mostró en el analizador de espectros la emisión de línea de los máser de metanol, con esto se comprobó el funcionamiento del receptor de 6.7 GHz, así como del conversor de frecuencias.

La adecuación de las facilidades de este Radio Observatorio continuó durante el año 2011, y se espera que esté completamente operativo en breve.

## PROYECTOS EN CURSO

El Observatorio Astronómico Educativo del Cerro Jahuay es un proyecto que se inició con el fin de estimular a la juventud a que se interese sobre temas de Astronomía y por ende en la ciencia en general, para de esta manera formar a los futuros científicos e ingenieros del país.

Para la implementación de esta sede se recibió el apoyo del gobierno Japonés con la donación de un telescopio de 60 cm de diámetro, el cual fue instalado provisionalmente en la Estación Solar de Ica.

Este instrumento estará en esta sede hasta que se termine la construcción de este Observatorio Educativo que tiene como objetivos los siguientes puntos: Educar

en Astronomía a escolares, profesores y universitarios, estudiar la variación estelar de estrellas en formación, estrellas envejecidas, GRB - Gamma Ray Burst (explosiones que ocurren en galaxias muy lejanas a la tierra) y NEO - Near earth Objects (planetas parecidos a la tierra), así como dar a estudiantes y profesores un lugar para reforzar el aprendizaje de la Astronomía y las ciencias.

Cabe indicar, que el perfil SNIP de este proyecto ya se ha terminado y que se encuentra en fase de revisión para su posterior envío a la Presidencia del Consejo de Ministros, el cual de aprobarlo destinará un financiamiento que bordea los diez millones de soles.

## ACERCANDO LA ASTRONOMÍA A LA SOCIEDAD

En el ámbito del servicio del área de investigación para con la sociedad, se realizaron innovaciones en búsqueda de una mejora en el mismo, obteniéndose resultados positivos.

Un ejemplo claro es lo sucedido con el Planetario Nacional Peruano – Japonés “Mutsumi Ishitsuka”, donde el cambio de horario y la política de difusión emprendida posibilitaron el incremento del número de visitantes.

Asimismo, la llegada de una voluntaria de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, fue importante en la producción de programas y en la organización de las actividades del área de Astronomía.

Cabe indicar, que la labor de acercar a la sociedad al conocimiento de la Astronomía continuó con actividades como las visitas guiadas a los Observatorios de Huancayo y Sicaya, donde se pudo observar la vocación de muchos jóvenes por el estudio de esta materia.



Participación del personal científico del IGP en el Día Internacional de la Astronomía.

Optimizando  
**las Tecnologías**  
e Infraestructuras



# REDES, INSTRUMENTACIÓN GEOFÍSICA Y CNDG

LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA CIENCIA



Estación acelerométrica en la cordillera Blanca,  
alrededor de 5000 msnm.



GPS instalado en el volcán Ubinas como parte de la red de monitoreo de volcanes

## REDSSAT SISTEMA SATELITAL ALERTA TEMPRANA DE TSUNAMIS

La tecnología es uno de los grandes soportes que usa el hombre para consolidar su desarrollo, la misma es utilizada desde la acción cotidiana de prender el microondas hasta la trascendental elevación de una nave hacia el espacio, englobando así todas las actividades del quehacer humano.

Bajo esta premisa, es elemental que los estudios y trabajos de nivel científico tengan a la tecnología como una de sus más fieles e irremplazables aliadas. Condición que está presente tanto en las áreas de investigación del Instituto Geofísico del Perú como en sus actividades de soporte.

De esta forma, Redes Geofísicas del IGP son el conjunto de instrumentos utilizados para recolectar la información geofísica. Entre estos soportes tecnológicos se tiene a la Red Sísmica Nacional (RSN), la cual consta de 14 estaciones de banda ancha

Este moderno sistema desarrollado durante todo el 2011, considerado como el último gran esfuerzo del IGP para cumplir con sus funciones de monitoreo, se concibió luego del terremoto de Pisco —cuatro años antes— debido a que en este evento sísmico quedó demostrada la vulnerabilidad de la Red Sísmica Nacional, la cual depende del uso del Internet para la transmisión de datos.

Por ello, el uso de un sistema que utilice las comunicaciones satelitales para dar a conocer la posibilidad o no de un tsunami luego de producido un sismo de gran magnitud, se volvió una prioridad. De esta forma, en el 2008 se aprobó el proyecto presentado al Sistema Nacional de Inversión Pública – SNIP y dos años después se recibiría el dinero presupuestado para su ejecución.

En el 2011, los trabajos de instalación

y 12 acelerógrafos y se complementa con las redes geodésicas que utilizan el Posicionamiento Global por Satélite (GPS) para estimar los desplazamientos de la corteza terrestre.

Asimismo, el IGP posee otras redes importantes, tales como la red de monitoreo de los volcanes Misti, Ubinas y Ticsani; la red sudamericana de estaciones geofísicas para el estudio de la alta atmósfera del Proyecto LISN (liderado por el Boston College de los Estados Unidos y donde el IGP ha sido escogido como nodo central de la red); y la novel Red Satelital de Alerta de Tsunamis.

En el 2011, se adquirieron equipos de cómputo y servidores con el fin de contar con material de reemplazo. Asimismo, las estaciones de Huaylas, Piura, Cusco e Ica, fueron potenciados con transmisión satelital.

completarían un total de once estaciones remotas y dos centrales: la principal ubicada en Mayorazgo – Lima, así como la de respaldo en Huancayo, en caso la primera quede imposibilitada de funcionar ante algún evento natural o provocado fortuitamente; lo que se logró gracias a que se amplió el presupuesto.

Cabe indicar, que este mismo año, dos sismos fuertes –uno en Ica y otro en Pucallpa– por encima de los seis grados, permitieron conocer la real eficacia de la REDSSAT, debido a que permitió recibir y enviar la información correspondiente sin problema alguno.

Las ciudades que cuentan con estaciones de la REDSSAT son Iquitos, Pucallpa, Puerto Maldonado, Piura, Chiclayo, Huaylas, Huancayo, Ica, Yauca, Cusco y Toquepala.

## CENTRO NACIONAL DE DATOS GEOFÍSICOS – CNDG

El Instituto Geofísico del Perú, por medio de las áreas de investigación, genera información geofísica clasificada proveniente de las estaciones instaladas a nivel nacional a través de Redes Geofísicas, de proyectos especiales con otras instituciones públicas, privadas nacionales e internacionales así como de convenios con universidades e institutos de investigación local y del extranjero.

Dentro de esta labor el CNDG es la unidad de soporte tecnológico que administra, gestiona y brinda seguridad a toda la información que generan las áreas usuarias de investigación y administración del IGP, tomando en cuenta las normas técnicas establecidas de acuerdo a Ley. Asimismo, evalúa y analiza permanentemente los equipos y aplicaciones a nivel de software con que cuenta la institución; presentando alternativas para la inversión de los equipos y desarrollo de aplicaciones más adecuadas —de última tecnología— para

que las áreas usuarias puedan desarrollar sus actividades de manera eficaz y eficiente.

Asimismo, se han desarrollado diferentes herramientas y aplicativos web, que permiten a través de módulos atender servicios administrativos y técnicos, permitiendo registrar y almacenar información en bases de datos, facilitando así la labor de manera inmediata a través de reportes y consultas.

Además, se ha creado una Base de Datos Geofísicos que permite poner a disposición la información a las áreas usuarias de investigación del IGP, así como del público externo que se encuentre interesado en la materia, cumpliéndose así con el objetivo de ofrecer una herramienta de información centralizada y estandarizada que funcione como una fuente segura, consistente y sin redundancia.

Base de datos geofísicos.

# CONVENIOS PARA EL DESARROLLO



**Estación meteorológica WINDA en el desierto de Paracas. Seis anemómetros registraron la velocidad del viento en el preciso instante en el que se desarrolló la tormenta de polvo y arena (VIENTO PARACAS) a diferentes alturas del suelo, sujetos a un mástil de fierro de cuatro metros de altura.**

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

De esta forma, el área de Variabilidad y Cambio Climático en convenio con el IDRC (International Development Research Centre) inició en noviembre del año pasado el proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, el cual es un estudio que se realiza por primera vez en el país. Asimismo, con el financiamiento de esta misma entidad finalizó luego de tres años el proyecto MAREMEX-Mantaro. Además, con el apoyo del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) e IMARPE ejecutó la campaña de mediciones de los vientos Paracas, trabajo que fue financiado con fondos a través del LMI DISCOH, LMI Paleotracas y el proyecto PROSUR.

Por otro lado, se contó con el apoyo del IRD (Institut de Recherche pour le Développement) de Francia para realizar la campaña de mediciones de los vientos Paracas, trabajo que fue financiado a través del LMI DISCOH (Laboratorio Mixto Internacional

- Dinámicas del Sistema de la Corriente de Humboldt), LMI Paleotracas (Laboratorio Mixto Internacional - Paléoclimatologie tropicale, traceurs et variabilités) y el proyecto PROSUR (Proxy records of ventilation and upwelling strength in the tropical South eastern pacific: calibration and preservation processes).

Otro proyecto iniciado en el 2011, en el mes de agosto y en convenio con la Comunidad Andina de Naciones, fue el denominado Andesplus Perú, el cual se está desarrollando en la subcuenca del río Shullcas, en el marco del proyecto “Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA”.

Por su parte, el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ) continuó recibiendo el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias de los EE.UU a través del acuerdo cooperativo que ostenta con la Universidad de Cornell. Convenio que data desde 1979 y mediante el cual el ROJ realiza investigaciones tanto en Aeronomía como Geomagnetismo y asume la responsabilidad de permitir a la citada casa de estudios obtener datos de radar de dispersión incoherente a una tasa aproximada de 1000 (mil) horas/año durante el período acordado.

Desde el 2006 se lleva a cabo un convenio con el Boston College de EE.UU. para la operación del proyecto internacional Low-Latitude Ionospheric Sensor Network (LISN) cuya finalidad es estudiar y pronosticar los fenómenos ionosféricos. LISN



**Mapa de estudio del Valle del Mantaro.**



**Radio Observatorio de Jicamarca.**

consiste en un sistema capaz de monitorear la baja, media y alta atmósfera a través de modernos instrumentos geofísicos instalados en diversos países de América del Sur, funcionando como un “Observatorio Distribuido”.

Mientras que, desde el 2007, el área de Geodesia Espacial y Peligros Geofísicos mantiene un convenio de cooperación con el Laboratorio de Tectónica de CALTECH (Instituto Tecnológico de California) a través del cual se ha recibido en donación diez sistemas de recepción satelital GPS/GNSS, equipos de comunicaciones asociados para estudiar los procesos de deformación y mecánica de los grandes terremotos en el sur del Perú.

Además, el ROJ tiene sendos convenios con el Laboratorio del Gobierno Federal de los Estados Unidos del Departamento de la Marina (NRL – Naval Research Laboratory) y con el Atmospheric & Space Technology Research Associates LLC (ASTRAD-IGP), con los cuales el Instituto realiza la instalación, mantenimiento y toma de datos de cuatro receptores marca NWRA y se ejecuta el proyecto de investigación denominado “Radar Doppler de alta frecuencia (HF) para estudios en bajas latitudes” (financiado por la Fundación Nacional de Ciencia de los Estados Unidos), respectivamente.

En lo que respecta al área de Sismología, se continuó recibiendo

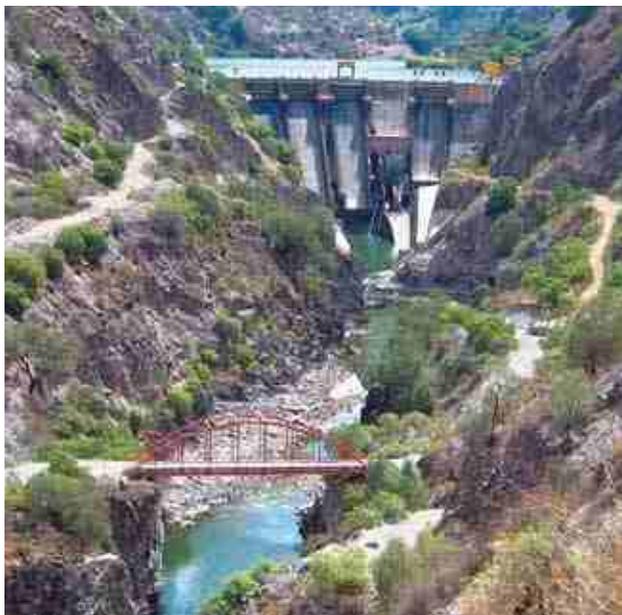
el apoyo del instituto CALTECH de EEUU, el cual cede en calidad de préstamo 15 estaciones sísmicas de banda ancha, las cuales junto con las del IGP formaron una red de 20 estaciones. Y dentro del convenio IRD-IGP se realizó la medición sísmica de colegios, hospitales y otras edificaciones con el fin de aportar a las normas de construcciones sismorresistentes. Asimismo, se mantuvieron los convenios con las universidades de California-Los Ángeles y Arizona.

Por su parte, el Observatorio Vulcanológico de Arequipa ha continuado recibiendo el apoyo del IRD de Francia a través del convenio de cooperación, con el préstamo de 10 estaciones sísmicas de periodo corto y banda ancha para estudio de la sismicidad próxima al volcán Misti, y la visita de dos científicos vulcanólogos por dos meses. Asimismo, en materia de formación el IRD ha continuado con la asignación de beca para los estudios de un doctorado en Francia.

En el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre el Institut de Recherche pour le Développement (IRD)<sup>3</sup> de Francia y el IGP, investigadores franceses destacados vienen desarrollando actividades de investigación conjunta con el personal científico y técnico del IGP en nuestro país. Estas estadías permiten la colaboración estrecha con los investigadores de nuestra institución en temas como sismología, geodesia, clima, etc.

<sup>3</sup> El IRD es un organismo de investigación francés que junto con sus socios del hemisferio sur, hacen frente a los retos de desarrollo a nivel internacional, y está bajo la tutela conjunta de los Ministerios encargados de la Investigación y de Asuntos Exteriores.

# SERVICIOS CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS



Central Hidroeléctrica del Mantaro.



Magnetómetro desarrollado por Jicamarca para su exportación.

Las áreas de investigación del Instituto Geofísico del Perú generan conocimiento que contribuye al desarrollo de actividades de diversas empresas e instituciones como: minería, empresas eléctricas, telecomunicaciones, etc. En esa dirección, durante el 2011 se continuaron ejecutando convenios en beneficio del desarrollo del país.

Un claro ejemplo de esta labor es lo desarrollado por el Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ), sede del IGP que continuó durante el 2011 tres proyectos y concluyó uno. De esta forma, en convenio con la Marina de Guerra del Perú se siguió operando el “Radar de vigilancia costera”, el cual permite detectar barcos a 50 kilómetros de distancia. En contraparte, con esta misma institución se finalizó el “Proyecto Chasqui”, el cual consistió en el aprovechamiento del “Electrochorro ecuatorial” (corriente horizontal de electrones que fluye a lo largo del ecuador magnético, el cual atraviesa el territorio central del Perú y otros pocos países) para la comunicación tanto de voz como de datos. Las pruebas realizadas en Lima y Carapongo fueron eficaces, pero ante la imposibilidad de la Marina de adquirir equipos para realizar estas actividades en la zona del VRAE, lo que era el objetivo final del proyecto, se dejó de operar.

Asimismo, el ROJ continuó con la venta de magnetómetros a Brasil en un número de cuatro unidades para el Instituto Nacional de Pesquisas (INPE), del Proyecto de Clima Espacial, y tres para la Universidad Privada – UNIVAP, en Sao Paulo. Además, por décimo año consecutivo, se mantuvo el convenio con Sedapal para el servicio del Sistema de Alerta Temprana de Huaycos, el cual le permite cerrar sus compuertas con una hora de anterioridad cuando se produce

un huayco de gran magnitud.

Por su parte, las Redes Geofísicas de la institución también desarrollaron actividades en este ámbito debido a los convenios suscritos con ElectroPerú y Milpo. Los cuales se ejecutaron –en el primer caso– mediante el servicio de monitoreo de la actividad sísmica en la Hidroeléctrica del Mantaro para detectar o descartar posibles daños en su infraestructura, para lo cual se hace uso de siete estaciones sísmicas y tres acelerómetros. Mientras que en el trabajo con la minera se mantiene operativo desde el 2008 un acelerómetro ubicado en el nevado de Chaupijanca, esto con el fin de determinar si los movimientos originados con las exploraciones que se están realizando podrían provocar deslizamientos en el glaciar.

En el caso del convenio con ElectroPerú, también el área de Sismología es parte de las actividades que se realizan, debido a que tiene a su cargo el análisis y evolución de los reportes técnicos, mientras que Redes Geofísicas se encarga de la parte de instalación, operación y mantenimiento de los equipos. Como resultado anual, en el 2011 no se presentaron peligros, pero se mantuvo la estadística propia de una zona con sismicidad local importante por sus fallas activas cercanas.

Por último, es importante resaltar, que el IGP –en cumplimiento del Estado peruano con la Organización del Tratado de Prohibición completa de Ensayos Nucleares (CTBTO)– mantiene en operación continua las estaciones sísmicas de Atahualpa (en el norte del Perú) y Ñaña (Lima), las que también forman parte de la Red Sísmica Nacional (RSN).

# Fortaleciendo Capacidades

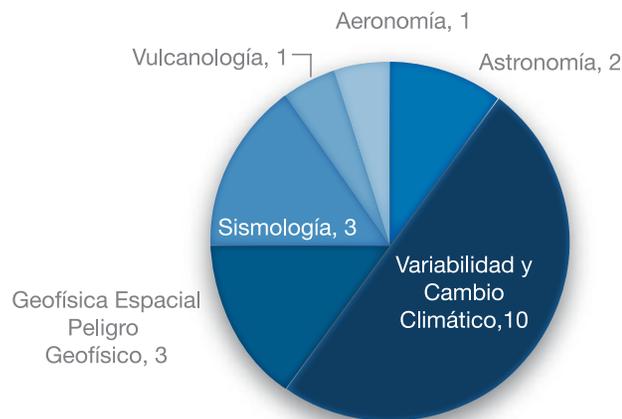


# ASUNTOS ACADÉMICOS

EL FUTURO ES AHORA

El área de Asuntos Académicos (DAA) del Instituto Geofísico del Perú, cumple con la importante labor de organizar y desarrollar programas de capacitación del más alto nivel, con el fin de formar a los futuros científicos del Perú en el campo de la Geofísica. La DAA coordina el Programa de Becas del IGP, el cual consiste en subvencionar a los egresados de universidades nacionales el desarrollo de sus tesis, facilita datos, el uso de equipos de cómputo de última generación, y sobre todo la asesoría permanente por parte de los investigadores del IGP. Las subvenciones se dan por periodo de hasta 15 meses.

## LABOR DE LOS TESISTAS



**Tesis desarrolladas en el año 2011 por seis áreas científicas del IGP. En total se elaboraron 20.**

Cabe resaltar que el área de Variabilidad y Cambio climático contó con 10 tesis, algunos de ellos continuaban del año anterior y otros ingresaron en el 2011. Cinco tesis de esta área fueron financiados por el proyecto MAREMEX-Mantaro, cuatro por Recursos Ordinarios (RO), mientras que uno participó ad honorem. En estos estudios destacó la investigación en eventos meteorológicos extremos, así como el análisis de procesos físicos relacionados a sequías, heladas y lluvias intensas.

Por su parte, en el área de Geodesia Espacial y Peligro Geofísico participaron tres tesis, dos de ellos financiados por el proyecto MAREMEX-Mantaro y uno por RO. Asimismo, Sismología y Astronomía tuvieron tres y dos tesis, respectivamente; mientras que Vulcanología y Aeronomía un tesis por área.

En el 2011 se sustentaron siete tesis de grado. Tres fueron desarrolladas por el área de Sismología bajo la asesoría del Dr. Hernando Tavera; una por el área de Geodesia Espacial y Peligro Geofísico con la asesoría del M.Sc. Juan Carlos Gómez; tres por el área de Variabilidad y Cambio Climático, dos con la Dra. Yamina Silva como asesora y una asesorada por el Dr. Ken Takahashi.

Asimismo, el área de Asuntos Académicos del IGP —siguiendo su política de reconocer y difundir la labor de sus jóvenes tesis— publicó el volumen 12 del libro “Compendio de Trabajos de Investigación Realizados por Estudiantes durante el año 2010”, el cual es una publicación que contiene una selección de 15 artículos escritos por tesis y que se distribuye en universidades e institutos de investigación de todo el país.



Tesis del IGP durante el 2011

## **DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y ACTIVIDAD ACADÉMICA**

El 2011 fue un año donde se continuó la realización de conferencias científicas en la sede central del IGP, con la finalidad de difundir las investigaciones de las diversas áreas de la institución y otros temas de trascendencia para la comunidad científica y el público interesado en la materia.

De esta forma, expertos de diversas instituciones internacionales (Estados Unidos, Alemania, Francia, México, Chile, Brasil, entre otros países) participaron junto con los investigadores del IGP en estas charlas que se desarrollaron mayoritariamente los días viernes.

Una de las actividades más importantes del año fue la co-organización del XVIII Encuentro Científico Internacional (ECI) de Verano, donde la institución desarrolló, al igual que en el año anterior, la sesión sobre “Ciencias de la Tierra, la Atmósfera

y el Espacio”. Este evento se llevó a cabo en la sede de la Comisión Nacional de Investigación Aeroespacial (CONIDA) en enero del 2011.

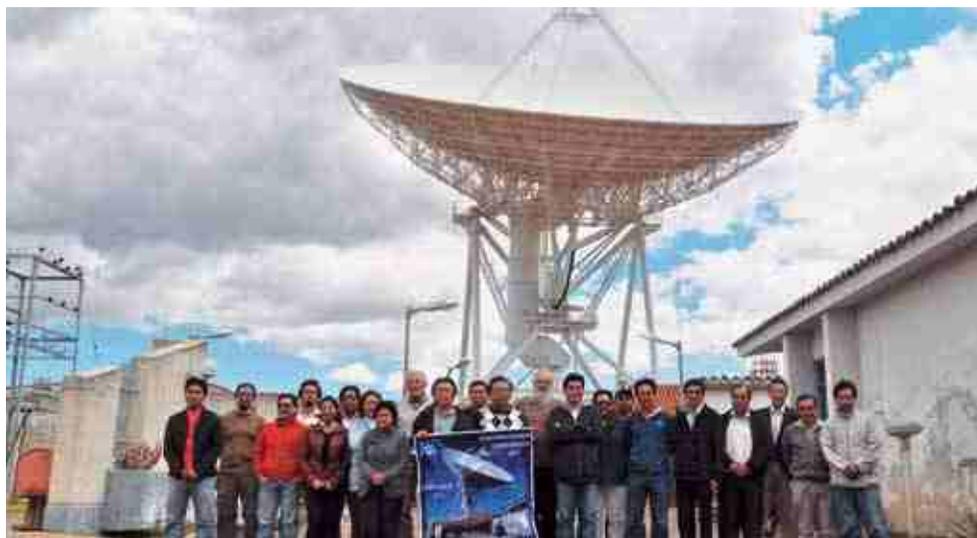
En julio, con motivo del 64° aniversario del IGP, se organizó el ciclo de conferencias “Fenómenos Geofísicos y Gestión de Desastres”, con la participación en calidad de ponentes de la Ing. Sandra Santa Cruz y el Dr. Jorge Heraud, ambos de la PUCP, así como el Dr. Carlos Zavala, del CISMID-FIC-UNI.

Asimismo, en diciembre se realizó el Seminario de Tesistas, el cual se organiza cada año para que los becarios presenten en público los avances de sus investigaciones y compartan experiencias. En esta oportunidad se presentaron 22 tesistas de cinco áreas de investigación.

### **PRIMER WORKSHOP: “CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS DEL IGP - 2011”**

Un evento importante para el IGP, se desarrolló entre el 16 al 18 de noviembre, el Workshop sobre “Contribuciones Científicas del IGP – 2011”, desarrollado en el observatorio de Sicaya, en Huancayo. El objetivo de este evento fue presentar los trabajos más resaltantes de cada área de investigación del IGP, fomentar el intercambio y discusiones

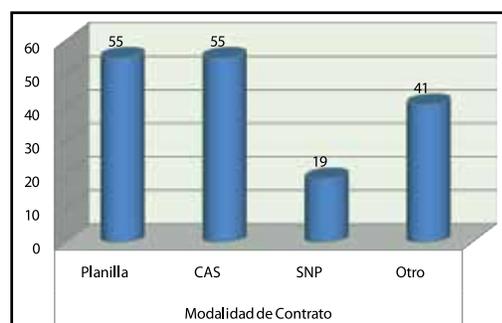
científicas de alto nivel e identificar los aportes de investigaciones del IGP en las diferentes regiones del territorio peruano. Participaron de él todos los investigadores del IGP e invitados de instituciones que colaboran estrechamente con la institución, como es el caso del IRD de Francia.



# POTENCIAL HUMANO

El soporte de toda organización e institución es su capital humano. El Instituto Geofísico del Perú no es la excepción. El IGP tiene la responsabilidad —dentro de su competencia— de hacer ciencia y su campo de acción son los fenómenos y procesos naturales que afectan a la Tierra. Para cumplir esa tarea a cabalidad cuenta con profesionales de alto nivel lo que le permite investigar y obtener información confiable, que se convertirá luego en insumo para hacer la ciencia que el país tanto necesita.

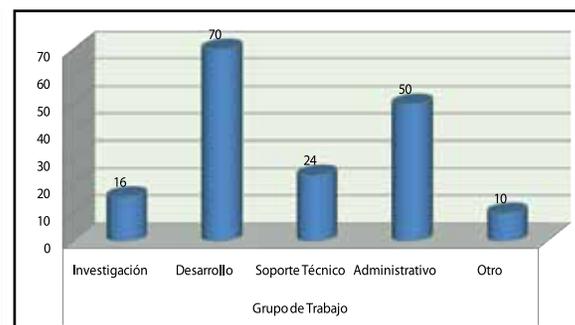
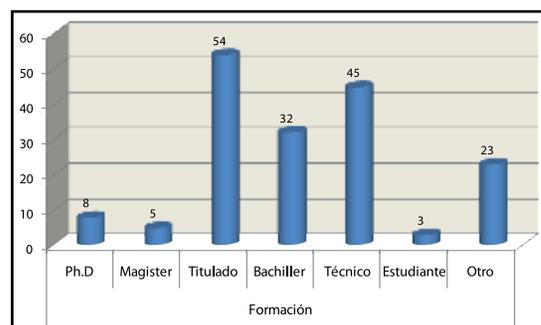
Al 31 de diciembre del 2011, el IGP mantuvo una fuerza laboral de 170 personas, bajo la modalidad de contratación: 55 planillas, 55 Contrato Administrativo de Servicios (CAS), 19 por servicios no personales y 41 por otra modalidad de contratación. Asimismo, como resultado del convenio con la Autoridad Nacional del Servicio Civil (SERVIR) la institución continuó con la colaboración de tres gerentes públicos cuya labor se centró en mejorar la eficiencia del gasto y la gestión administrativa del IGP.



Asimismo, cabe resaltar que a pesar de sus limitados recursos económicos, el IGP cuenta con una plana de investigadores altamente calificados que le permite ser fuente de información científica. (Ver sección 11). Cada área está bajo la responsabilidad de un investigador con grado de Doctor: El área de Aeronomía está dirigida por Jorge Chau Chong Shing; Astronomía y Astrofísica, por José Ishitsuka Iba; Geodesia espacial y peligros geofísicos, por Edmundo Norabuena Ortiz; Sismología, a cargo

de Hernando Tavera Huarache; Variabilidad y Cambio Climático, por Ken Takahashi Guevara; y Vulcanología por Orlando Macedo Sánchez.

Ellos tienen a su cargo equipos de trabajo integrados por investigadores asociados, asistente de investigación, técnicos, ingenieros, tesis y colaboradores, quienes contribuyen durante el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

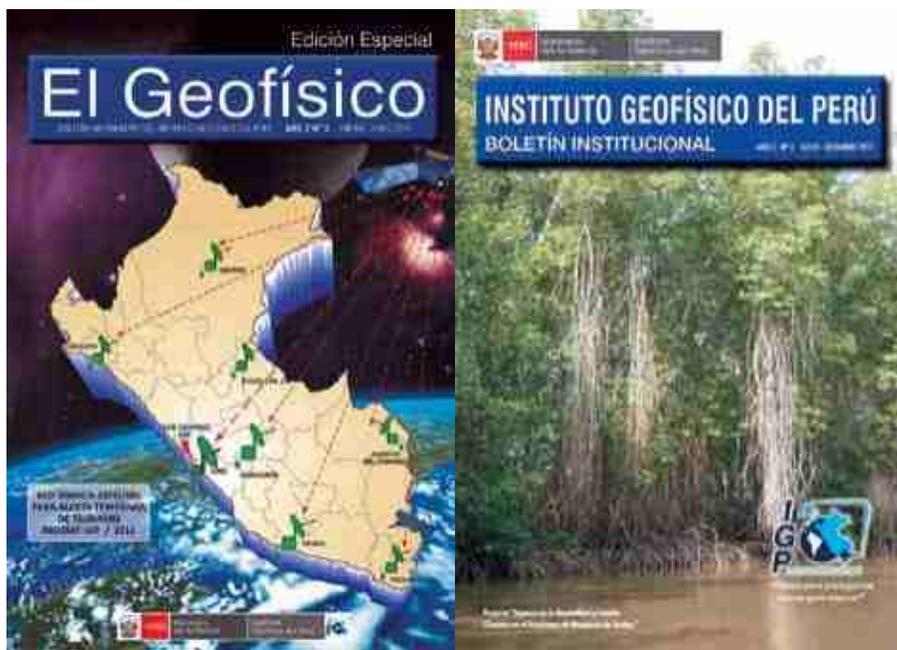


# Personal del Instituto Geofísico del Perú 2011





# IGP Y SOCIEDAD



Dentro de la labor del IGP de difundir y comunicar a la comunidad tanto sus actividades como investigaciones, se realizaron durante el 2011 una serie de publicaciones y eventos que buscaron fortalecer los lazos de integración por parte del personal para con sus públicos objetivos.

Es así que, en los meses de junio y diciembre, se presentaron las dos ediciones semestrales del Boletín institucional, correspondientes a los números 3 y 4, donde en sus portadas fueron protagonistas los siguientes temas: La Red Sísmica Satelital para la Alerta Temprana de Tsunamis (RED-SSAT) y el proyecto “Impacto de la Variabilidad y Cambio Climático en el Ecosistema de Manglares de Tumbes”, respectivamente.



Por otro lado, los eventos más destacados fueron el “Aniversario N° 64 del IGP” y el “Taller de Integración 2011”. El primero llevado a cabo en el Hotel Los Delfines y donde se realizó la presentación de la REDSSAT y el lanzamiento del sello postal en conmemoración de los 50 años del Radio Observatorio de Jicamarca (ROJ). Mientras que el segundo se desarrolló en diciembre para el personal del IGP precisamente en la sede de Jicamarca.

Asimismo, en esta actividad, se presentó la “Memoria Institucional 2010”, publicación que muestra un balance de lo realizado por las áreas de investigación, las oficinas administrativas, soporte tecnológico y académicas, así como el estado de cuenta anual de la institución en aras del profesionalismo y transparencia.

# MEJORANDO LA GESTIÓN INSTITUCIONAL

## FINANCIAMIENTO E INGRESOS

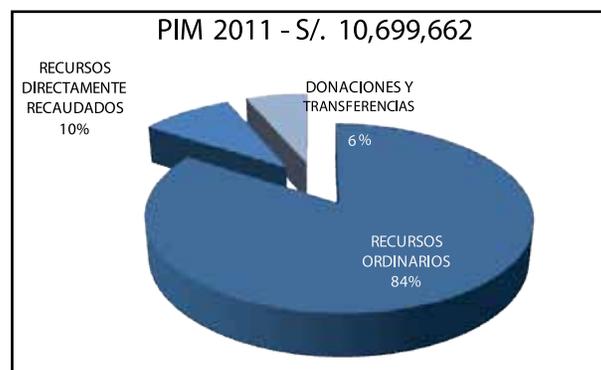
El Presupuesto Institucional de Apertura (PIA) para el Pliego N° 112 Instituto Geofísico del Perú (IGP), aprobado mediante Ley N° 29626 “Ley del Presupuesto del Sector Público para el periodo Fiscal 2011”, ascendió por toda fuente de financiamiento a S/. 8,686,714.00 nuevos soles. Siendo financiado el 92% con Recursos Ordinarios del Tesoro Público, el 6% con recursos provenientes de Donaciones y Transferencias y un 2% con Recursos Directamente Recaudados.

Al finalizar el periodo fiscal 2011, el IGP logró alcanzar un Presupuesto Institucional Modificado (PIM) por toda fuente de financiamiento de S/. 10,699,662.00 nuevos soles, significando un incremento en promedio de 23% respecto al (PIA). El mayor incremento se dio en la fuente de financiamiento de Recursos Directamente Recaudados el mismo que alcanzó un incremento del 464% principalmente como consecuencia del saldo de balance correspondiente al periodo 2010.

La fuente de financiamiento Recursos Ordinarios experimentó un incremento del 13%, como consecuencia de la transferencia de S/. 1 millón de nuevos soles por parte del Ministerio de Economía – MEF, para financiar estudios en zonas altamente vulnerables a eventos sísmicos y adquisición de equipos especializados con la finalidad de realizar acciones de prevención de desastres naturales (sismos).



Presupuesto Institucional de Apertura (PIA).



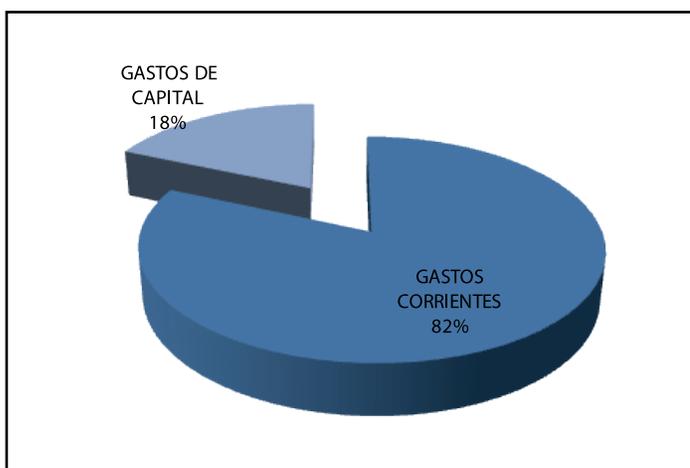
Presupuesto Institucional Modificado (PIM).

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE INGRESOS 2011				
FUENTE DE FINANCIAMIENTO	PIA	PIM	INCREMENTO	%
<b>RECURSOS ORDINARIOS</b>	<b>7,976,568</b>	<b>8,998,768</b>	<b>1,022,200</b>	<b>13%</b>
Presupuesto Inicial (Ley N° 29465)	7,976,568	7,976,568		
Créditos Suplementarios				
Transferencias de Partidas		1,022,200	1,022,200	
<b>RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS</b>	<b>180,000</b>	<b>1,014,301</b>	<b>834,301</b>	<b>464%</b>
Presupuesto Inicial (Ley N° 29465)	180,000	180,000		
Créditos Suplementarios		834,301	834,301	
Transferencias de Partidas				
<b>DONACIONES Y TRANSFERENCIAS</b>	<b>530,146</b>	<b>686,593</b>	<b>156,447</b>	<b>30%</b>
Presupuesto Inicial (Ley N° 29465)	530,146	530,146		
Créditos Suplementarios		156,447	156,447	
Transferencias de Partidas				
<b>TOTAL</b>	<b>8,686,714</b>	<b>10,699,662</b>	<b>2,012,948</b>	<b>23%</b>
Presupuesto Inicial (Ley N° 29465)	8,686,714	8,686,714		
Créditos Suplementarios		990,748	990,748	
Transferencias de Partidas		1,022,200	1,022,200	

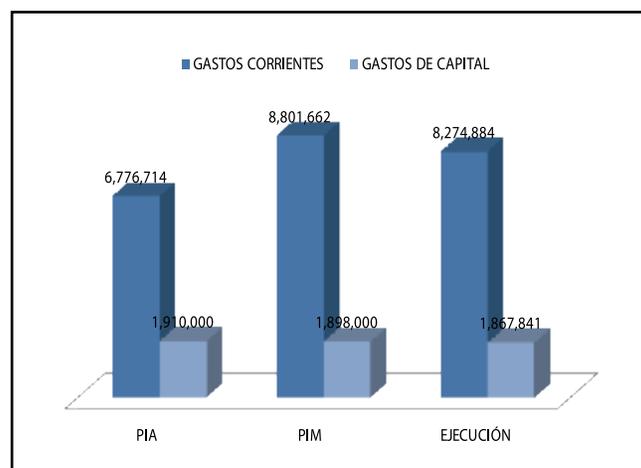
## COMPORTAMIENTO DE LOS GASTOS

Para el periodo fiscal 2011, el IGP logró ejecutar por toda fuente de financiamiento S/. 10,142,000.00 nuevos soles significando el 95% respecto al PIM; este porcentaje se distribuyó en Gastos Corrientes 82% y Gastos de Capital 18%.

**Ejecución Presupuestaria 2011**  
S/. 10,699,662

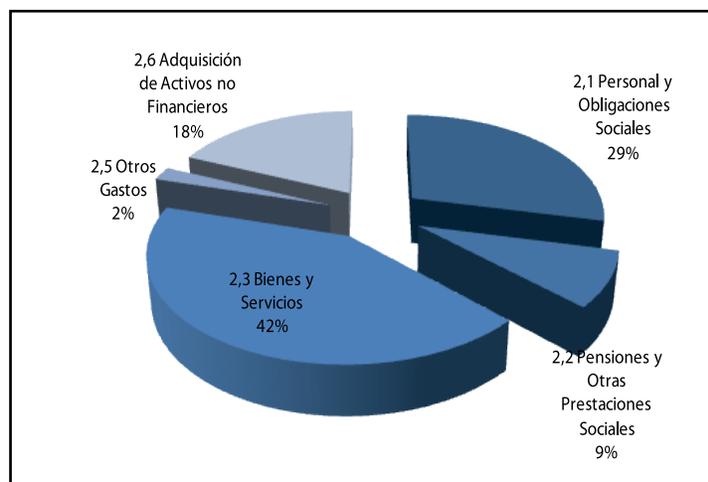


**Ejecución Presupuestaria 2011**



Analizando la composición del gasto ejecutado, el 29% corresponde a la genérica 2.1 Personal y Obligaciones Sociales, el 42% a la genérica 2.3 Bienes y Servicios y un 18% a la genérica 2.6 Adquisición de Activos no Financieros.

**Ejecución Genérica de Gasto 2011**  
Toda Fuente

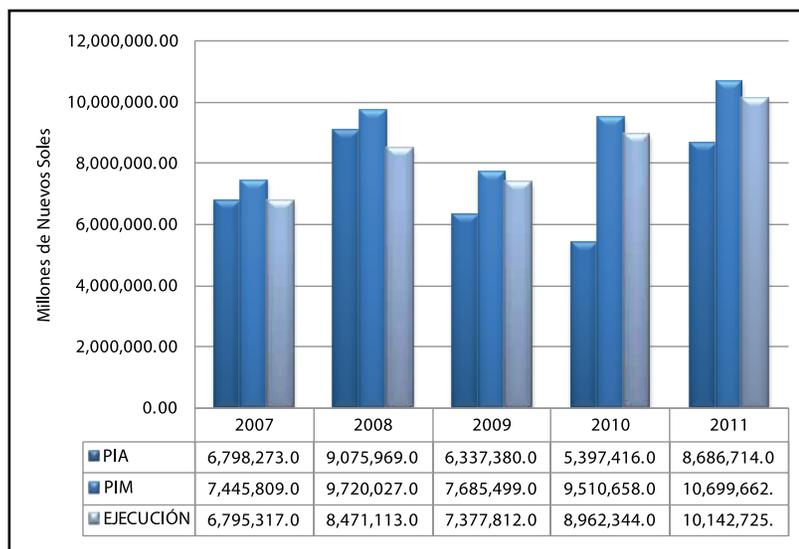


## Resumen del Comportamiento de los Gastos

PRESUPUESTO INSTITUCIONAL DE GASTO 2011				
TIPO Y GENERICA DE GASTO	PIA	PIM	EJECUCIÓN	EJE/PIM
<b>RECURSOS ORDINARIOS</b>	<b>7,976,568</b>	<b>8,998,768</b>	<b>8,723,892.86</b>	
<b>GASTOS CORRIENTES</b>	<b>6,066,568</b>	<b>7,100,768</b>	<b>6,856,051.73</b>	<b>97%</b>
2,1 Personal y Obligaciones Sociales	2,995,000	2,909,307	2,801,049.29	96%
2,2 Pensiones y Otras Prestaciones Sociales	832,000	929,845	868,482.23	93%
2,3 Bienes y Servicios	2,108,568	3,044,923	2,971,476.89	98%
2,5 Otros Gastos	131,000	216,693	215,043.32	99%
<b>GASTOS DE CAPITAL</b>	<b>1,910,000</b>	<b>1,898,000</b>	<b>1,867,841.13</b>	<b>98%</b>
2,6 Adquisición de Activos no Financieros	1,910,000	1,898,000	1,867,841.13	98%
<b>RECURSOS DIRECTAMENTE RECAUDADOS</b>	<b>180,000</b>	<b>1,014,301</b>	<b>837,810.53</b>	
<b>GASTOS CORRIENTES</b>	<b>180,000</b>	<b>1,014,301</b>	<b>837,810.53</b>	<b>83%</b>
2,3 Bienes y Servicios	180,000	1,014,301	837,810.53	83%
<b>GASTOS DE CAPITAL</b>		<b>0</b>	<b>0.00</b>	<b>0%</b>
2,6 Adquisición de Activos no Financieros		0	0.00	0%
<b>DONACIONES Y TRANSFERENCIAS</b>	<b>530,146</b>	<b>686,593</b>	<b>581,021.87</b>	
<b>GASTOS CORRIENTES</b>	<b>530,146</b>	<b>686,593</b>	<b>581,021.87</b>	<b>85%</b>
2,1 Personal y Obligaciones Sociales	107,620	107,620	103,689.67	96%
2,3 Bienes y Servicios	422,526	578,973	477,332.20	82%
<b>GASTOS DE CAPITAL</b>				
2,6 Adquisición de Activos no Financieros				
<b>TOTAL</b>	<b>8,686,714</b>	<b>10,699,662</b>	<b>10,142,725.26</b>	<b>95%</b>

Fuente: Conciliación del Presupuesto 2011.

### Comportamiento Histórico del Presupuesto del IGP - Toda Fuente

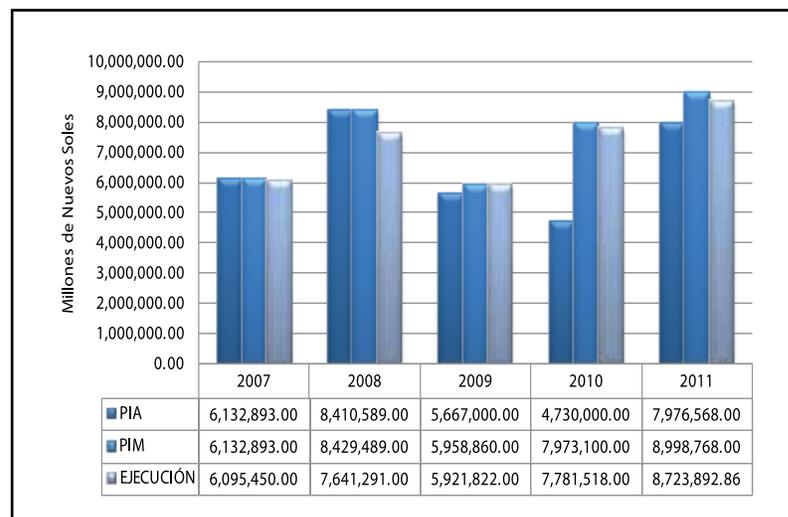


### COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL PRESUPUESTO DEL IGP

Para el periodo fiscal 2011 y tomando como base el año 2007 el presupuesto del IGP por toda fuente, muestra un comportamiento ascendente respecto a los tres momentos presupuestarios: El PIA tuvo un incremento de 28% debido a una mayor asignación presupuestal, el PIM se incremento en 44% teniendo como consecuencia principal las transferencias realizadas por el MEF, y a nivel de ejecución esta significa un incremento del 49%, teniendo como componente principal la ejecución del proyecto SNIP "Alerta Temprana de Tsunami".

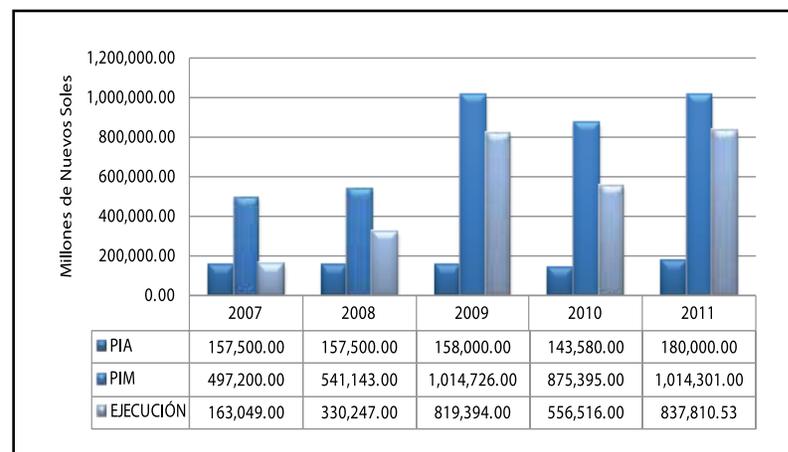
Verificando el comportamiento histórico por fuente de financiamiento, observamos que a nivel de Recursos Ordinarios (RO) este tuvo un incremento significativo a partir del año 2010.

### Comportamiento Histórico RO



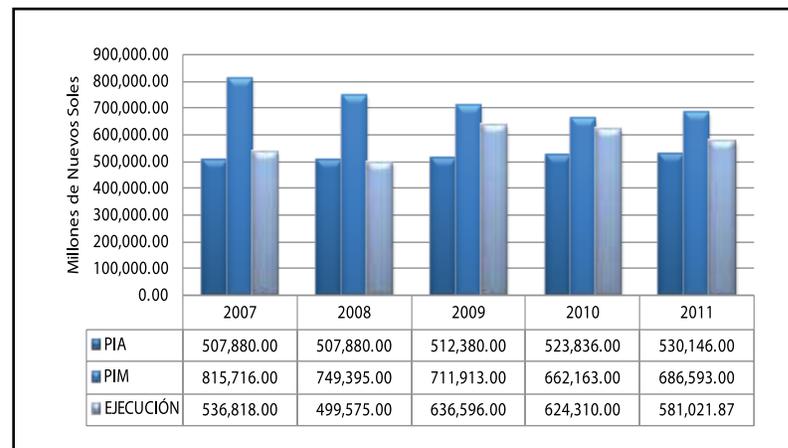
La fuente Recursos Directamente Recaudados (RDR), a nivel de PIM y Ejecución muestra un comportamiento ascendente en relación al 2010.

### Comportamiento Histórico RDR



La fuente Donaciones y Transferencias (DyT), muestra un comportamiento homogéneo a partir del 2010, como consecuencia de un mismo nivel de compromiso por parte de la fuente cooperante.

### Comportamiento Histórico DyT



**Proyecto SNIP: Implementación de una red satelital para alerta de tsunamis en la costa peruana.**

<b>FICHA RESUMEN DEL PROYECTO</b>	
Código SNIP	9072
Objetivo del proyecto:	El proyecto permite fortalecer la capacidad técnica y operativa para el registro y la detección de la actividad sísmica posibilitando realizar pronóstico temprano de la ocurrencia de tsunamis. De ésta manera es posible suministrar información oportuna a los organismos encargados de llevar a cabo medidas de prevención y mitigación de desastres.
Principales detalles técnicos del proyecto:	Ante la ocurrencia de un sismo mayor capaz de producir un tsunami, los sistemas de comunicaciones telefónicos colapsan en igual forma como lo hicieron durante el sismo del 15 de agosto del 2007. Esto no le permite al IGP dar una alarma temprana, como lo permiten las técnicas modernas vía satélite poniendo a salvo a gran parte de la población de los puertos, pueblos y ciudades costeras del país. La carencia de una alarma temprana significa la muerte de miles y posiblemente decenas de miles de pobladores.
Objetivo específico:	Instalación de 8 estaciones satelitales a nivel nacional.
Beneficiarios directos:	1,578,313 habitantes de ciudades de la costa.
Beneficiarios indirectos:	DHN y Defensa Civil
Costo total del proyecto	2,982,000.00

AÑO	PIM	EJECUTADO	SALDO	NIVEL EJECUCIÓN %
2010	2,186,000.00	2,101,811.11	84,188.89	96.15%
2011	796,000.00	796,256.20	26,743.80	96.64%

\*2010 Girado, 2011 Devengado

**BALANCE GENERAL**  
**Al 31 de Diciembre de 2011 y 2010**  
**(EN NUEVOS SOLES)**

<b>ACTIVO</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>PASIVO Y PATRIMONIO</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>
<b>ACTIVO CORRIENTE</b>			<b>PASIVO CORRIENTE</b>		
Efectivo y Equivalente de Efectivo	423,523	681,717	Obligaciones Tesoro Público	148,424	328,950
Cuentas por cobrar	58,677	255,978	Cuentas Por Pagar	378,461	157,551
Otras cuentas por cobrar	79,401	70,798	Otras Cuentas del Pasivo	720	-
Existencias (Neto)	96,567	18,125	<b>TOTAL PASIVO CORRIENTE</b>	<b>527,605</b>	<b>486,501</b>
Gastos pagados por anticipado	5,148	701			
<b>TOTAL ACTIVO CORRIENTE</b>	<b>663,316</b>	<b>1,027,318</b>	<b>PASIVO NO CORRIENTE</b>		
			Beneficios Sociales y Oblig. Prev.	4,003,990	3,498,427
<b>ACTIVO NO CORRIENTE</b>			<b>TOTAL PASIVO NO CORRIENTE</b>	<b>4,003,990</b>	<b>3,498,427</b>
Edificios y Estructuras y Act. no Prod. (Neto)	29,306,954	28,943,135			
Vehículos, Maquinarias y Otros (Neto)	17,618,805	19,311,391	<b>TOTAL PASIVO</b>	<b>4,531,595</b>	<b>3,984,929</b>
Otras cuentas del Activo (Neto)	870,328	661,510	<b>PATRIMONIO</b>		
			Hacienda Nacional	169,703,457	169,704,072
<b>TOTAL ACTIVO NO CORRIENTE</b>	<b>47,796,087</b>	<b>48,916,037</b>	Hacienda Nacional Adicional	-	615
<b>TOTAL ACTIVO</b>	<b>48,459,403</b>	<b>49,943,355</b>	Resultados acumulados	- 125,775,242	- 123,745,031
Cuentas de Orden	20,813,980	20,540,402	<b>TOTAL PATRIMONIO</b>	<b>43,927,808</b>	<b>45,958,426</b>
			<b>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</b>	<b>48,459,403</b>	<b>49,943,355</b>
			Cuentas de Orden	20,813,980	20,540,402

**ESTADO DE GESTIÓN**  
**Por los años terminados el 31 de diciembre de 2011 y 2010**  
**(EN NUEVOS SOLES)**

	2011	2010
<b>INGRESOS</b>		
Ingresos No Tributarios	334,760	756,046
Traspasos y Remesas Recibidas	8,358,581	7,943,879
Donaciones y Transferencias Recibidas	960,903	2,648,998
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>9,654,244</b>	<b>11,348,924</b>
<b>COSTOS Y GASTOS</b>		
Gastos en Bienes y Servicios	-4,390,522	-2,830,217
Gastos de Personal	-3,378,756	-2,870,888
Gastos por Pens. Prest. y Asistencia Social	-149,358	-78,810
Estimaciones y Provisiones del Ejercicio	-4,527,929	-6,042,474
<b>TOTAL COSTOS Y GASTOS</b>	<b>-12,446,564</b>	<b>-11,822,390</b>
<b>RESULTADO DE OPERACIÓN</b>	<b>-2,792,320</b>	<b>-473,466</b>
<b>OTROS INGRESOS Y GASTOS</b>		
Ingresos Financieros	0	56,589
Otros Ingresos	1,014,817	3,789,816
Otros Gastos	-252,707	-5,419,251
<b>TOTAL OTROS INGRESOS Y GASTOS</b>	<b>762,110</b>	<b>-1,572,847</b>
<b>RESULTADO DEL EJERCICIO SUPERÁVIT (DÉFICIT)</b>	<b>-2,030,211</b>	<b>-2,046,313</b>



**Editado por:**  
**Geofísica & Sociedad**

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

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

**Impreso en Lima en el mes de junio del 2012**

**Tiraje:**  
**1000 ejemplares**

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

**Impreso por:**  
**Editorial Súper Gráfica EIRL**  
**Jr. Ica 344-346**  
**Cercado de Lima**  
**Teléfono:**  
**4266470 - 7150315**  
**Correo electrónico: [edsupergrafica@gmail.com](mailto:edsupergrafica@gmail.com)**



# MEMORIA INSTITUCIONAL 2011

© Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 216, Urb. Mayorazgo IV Etapa, Ate, Lima, Perú  
Central Telefónica: (511) 317 2300  
<http://www.igp.gob.pe>