

EL GEOGRAFO

REVISTA TÉCNICO - CIENTÍFICA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

Diciembre 2021

N° 20



Elaborando la Carta Nacional

a partir del encargo del Presidente de la República Augusto B. Leguía mediante Decreto Supremo del 10 de mayo de 1921.





DIRECTOR

Gral Brig Fernando Portillo Romero

Jefe del IGN

SUB DIRECTOR

CrI EP Miguel Angel Delgado Márquez

Gerente General del IGN

COORDINACIÓN GENERAL

My EP Cherrysh Figueredo Vela

Jefa de la Oficina de Relaciones Públicas

Jesús Meléndez Velásquez

Diseño de la carátula

Lic. Lady Escalante Sifuentes

Diagramación y Diseño

Lic. Lady Escalante Sifuentes

Gestión de Marketing

Impresión

K&R Editores e Impresores S.A.C.

Tlf. 652-6688 / 981 084 582

Hecho el Depósito Legal

en la Biblioteca Nacional

del Perú 2007 - 08194

EDICIÓN XX DICIEMBRE 2021



Índice



07

Editorial.

08

100 años: elaborando la Carta Nacional.

14

Uso de la Geotecnología para la evaluación espacio-temporal de la vulnerabilidad del distrito de Magdalena del Mar (Costa Verde).



18

La Importancia de la Cartografía Histórica en los procesos de ordenamiento territorial.

22

Monitoreo del glaciar Znosko a través de la generación de modelos digitales de elevación empleando RPA.

26

Proyecto de inversión: "Mejoramiento y Ampliación de la Cobertura Geodésica Horizontal para el Desarrollo Nacional y Gestión de Riesgo de Desastres".

30

Imágenes obtenidas por cámaras digitales convencionales para la evaluación cartográfica.



34

Marco Integrado de Información Geoespacial (IGIF).

38

Tecnología Lidar y aplicaciones de Inteligencia Artificial para nuevas perspectivas en el sitio monumental de Kuélap.

44

Análisis de desplazamientos debido al sismo del 26 de mayo 2019 en las lagunas data GNSS de la REGPMOC.

50

Institucionales.



MISIÓN

Este Rector de la Cartografía Nacional tiene por misión elaborar y actualizar la Cartografía Básica Oficial del Perú, proporcionando a las entidades públicas y privadas la cartografía que requieran para los fines de Desarrollo y la Defensa Nacional.

VISIÓN

Ser una entidad estratégica rectora y líder en la generación, administración y validación de datos geospaciales de calidad, con tecnología de última generación, que satisfaga la demanda de la información geoespacial confiable para la sociedad de usuarios en el ámbito nacional.



Editorial

El Instituto Geográfico Nacional (IGN), entrega a su público una nueva edición de la Revista Técnico Científica El Geógrafo, continuando con su compromiso de difusión a la comunidad académica y científica sobre las actividades, investigaciones y proyectos que el IGN realiza en las áreas específicas de las Ciencias de la Tierra.

Esta vigésima edición, trae consigo un especial significado, pues el IGN celebra el centenario aniversario de la encargatura de la elaboración e a Carta Nacional, es así que el 10 mayo de 1921, el presidente de la República Augusto B. Leguía expide un Decreto Supremo y encarga al Servicio Geográfico del Ejército, la ejecución de la Carta Nacional. Han transcurrido 100 años, desde esa encargatura, y actualmente, como Instituto Geográfico Nacional, continua con esa ardua y sacrificada labor de dibujar el rostro del Perú en favor del desarrollo nacional. Es por ello, que podrán encontrar un artículo sobre la Historia del IGN, a través de este centenario.

Ya hace varios años, el IGN viene participando de las expediciones científicas a la Antártida, el Personal técnico de la institución participó de la campaña ANTAR XX; en esta nueva edición se presenta el trabajo de

Monitoreo del Glaciar Znosko a través de la generación de modelos digitales de elevación empleando Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), realizado durante los meses de estadía en el continente blanco. Asimismo, podrán revisar interesantes artículos, sobre tecnología LIDAR y aplicaciones de Inteligencia Artificial, temas de ordenamiento territorial y análisis de desplazamientos debido a sismos con data GNSS de la REGPMOC, entre otros.

Gral Brig.
Fernando Portillo Romero.
Jefe del IGN.



Fernando Portillo Romero
 Gral Brig
 Jefe del
 Instituto Geográfico Nacional



Elaborando la Carta Nacional

a partir del encargo del Presidente de la República Augusto B. Leguía mediante Decreto Supremo del 10 de mayo de 1921.

100 años: elaborando la Carta Nacional

RESUMEN

El presente artículo describe de manera sintética, la historia del Instituto Geográfico Nacional, teniendo como embrión organizacional de creación para realizar las actividades topográficas, geodésicas y cartográficas con la finalidad de levantar y elaborar la Carta Nacional en el Estado Mayor del Ejército de Perú, su transformación y organización en el tiempo hasta llegar a convertirse en el Instituto Geográfico Nacional, Ente Rector de la Cartografía Básica Oficial del Perú.

ABSTRACT

This article describes in a synthetic way, the history of the National Geographic Institute, having as an organizational embryo of creation to carry out topographic, geodetic and cartographic activities in order to survey and elaborate the National Chart in the General Staff of the Army of Peru and its organization transformation over time until it became the National Geographic Institute, the Government Entity of the Official Basic Cartography of Peru.

INTRODUCCIÓN

La llegada de la Misión Militar Francesa a nuestro país para reorganizar el Ejército a fines de 1896, marca el inicio de una nueva era en la evolución del Ejército de Perú, pues se daría inicio a la profesionalización y tecnificación de los Oficiales con lo que propiamente se inicia su verdadera institucionalización. Una de sus primeras tareas fue reorganizar el Estado Mayor del Ejército para lo cual consideró los estudios topográficos y geografía dentro de las funciones del Estado Mayor. Gran número de los Oficiales que integraron las diversas Misiones Francesas, habían seguido estudios en estas importantes materias, en vista que, para la doctrina militar francesa, la geografía, el conocimiento del terreno, revestía vital importancia en las operaciones militares.

HISTORIA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL Y LOS 100 AÑOS ELABORANDO LA CARTA NACIONAL

En 1901, se inicia la reorganización del Estado Mayor General del Ejército (EMGE) creándose la 3ª Sección de Estudios Técnicos encargada de los asuntos de material de guerra y de armamento, así como de los trabajos de defensa (fortificación), topografía y cartografía, en la cual, el Cuarto Negociado de Topografía y Cartografía era el encargado de las actividades de geodesia,



topografía, ejecución de itinerarios, mapas y planos necesarios para el Ejército, siendo esta organización el antecedente más antiguo de realizar actividades topográficas, geodésicas y cartográficas que darían origen en el tiempo al Instituto Geográfico Nacional.

En ese sentido, el Ejército ante la necesidad de disponer de cuadros profesionales para el desarrollo de las actividades topográficas, implementa la Sección de Topografía en la Escuela Militar de Chorrillos en el año 1904.

En el año 1906, se crea el Servicio Topográfico del Estado Mayor del Ejército para satisfacer las necesidades de información cartográfica del *territorio*



nacional, siendo una de sus primeras publicaciones las cartas a colores de las ciudades de Lima a escala 1:10,000 y Callao a escala 1:20,000 en 1908. Posteriormente, en el año 1913, en base al Servicio Topográfico del Estado Mayor del Ejército se creó el Servicio Geográfico del Ejército (SGE), con la misión de levantar la Carta Topográfica del Perú, misión que hasta esa fecha cumplía tanto la Sociedad Geográfica de Lima y el Archivo de Límites del Ministerio de Relaciones Exteriores. En el año 1916, la misión del SGE fue ratificado por Decreto Supremo, publicando este mismo año el primer ejemplar de este mapa.

En 1921, llegó al Perú el Coronel Georges Thomas, geodesta y topógrafo, integrante de la sexta Misión Francesa enviado por el Servicio Geográfico Francés para asesorar al Ejército de Perú en lo referente a la elaboración de la Carta Nacional. Oficial experimentado que estudió en la Escuela Politécnica de París y en la Escuela de Artillería e Ingeniería de Fontainebleau donde se graduó como ingeniero militar. Realizó trabajos de geodesia y topografía en los Alpes, Argelia, Túnez y África ecuatorial.

Fue designado Inspector y luego Director del Servicio Geográfico del Ejército, dedicándose a estudiar el problema cartográfico del país, ante lo cual formula y presenta varios proyectos para establecer las bases para la futura Carta Nacional.

Como resultado de sus estudios y gestiones el 10 de mayo de 1921, el presidente de la República Augusto B. Leguía expide un Decreto Supremo y encarga al Servicio Geográfico del Ejército, la ejecución de la

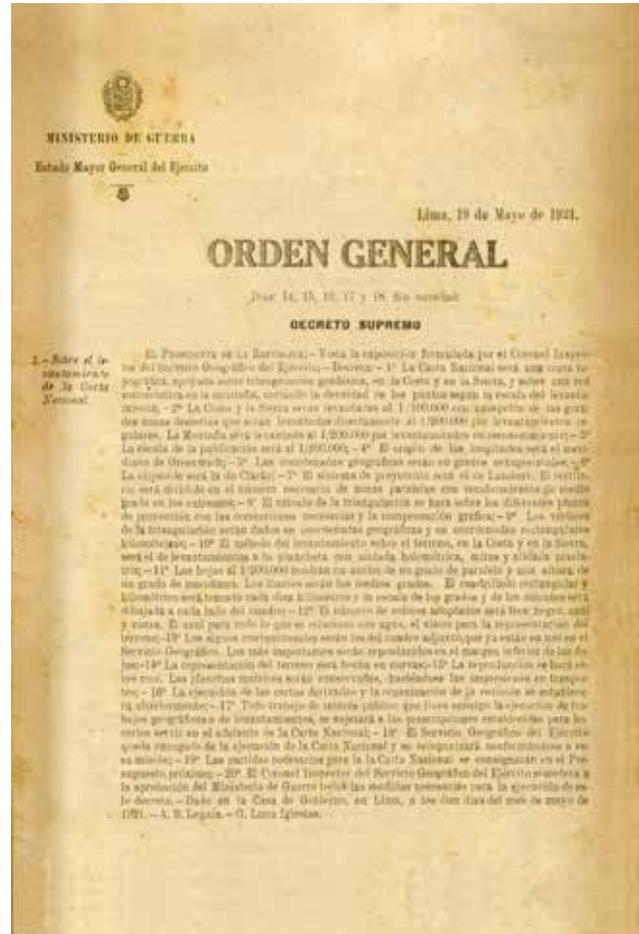
Carta Nacional disponiendo estableciendo las normas técnicas básicas para la elaboración de la Carta Nacional y la reorganización del SGE para el cumplimiento de esta misión.

En el año 1944, el Servicio Geográfico del Ejército mediante Resolución Suprema N° 075 IGE/b cambia su denominación por el de Instituto Geográfico Militar (IGM) manteniendo sus objetivos fundamentales orientados a atender su misión militar, sin embargo, le dio a su función un carácter de investigación científica. A finales de este año, llega al Perú la primera Misión Militar Americana dando origen a una nueva etapa en la vida institucional del Ejército e influyendo decisivamente en su evolución y desarrollo del nuevo Instituto Geográfico Militar. Es así que, en febrero de 1948 los gobiernos del Perú y de los Estados Unidos de Norteamérica firmaron un convenio, por intermedio del Instituto Geográfico Militar y el Interamerican Geodetic Survey, sobre cartografía aérea y levantamientos geodésicos y topográficos, iniciado así una nueva etapa tecnológica en la larga y fructífera vida del IGM, cuyos beneficios serían apreciados en los años posteriores. En el año 1952 el IGM publica el Mapa del Perú a la escala 1: 1'000,000.

Mediante Decreto Supremo del 10 de octubre de 1957, se autoriza al Instituto Geográfico Militar a realizar trabajos de aerofotogrametría y estéreo fotogrametría para levantamiento de la carta nacional. Producto de estos trabajos, en mayo de 1960 el IGM publicó las primeras hojas de la Carta Nacional, al 1:100,000, empleando procedimientos aerofotogramétricos.

A partir de abril de 1976, el IGM inició una nueva era con el empleo de técnicas de percepción remota por satélite mediante el empleo de imágenes del satélite LANDSAT en los procesos de actualización cartográfica. Asimismo se utiliza el sistema satelital TRANSIT, para la determinar la posición tridimensional con precisión geodésica uniforme de todos los puntos de la superficie terrestre.

En el año 1981, mediante Decreto Legislativo N° 130, el IGM cambio de nombre por el de Instituto Geográfico Nacional (IGN), con la misión de confeccionar y actualizar la Carta Nacional y proporcionar apoyo cartográfico al Ejército, a otros componentes de las Fuerzas Armadas y Policía Nacional y a otras entidades que lo requieran, con fines de defensa y desarrollo nacional.



Decreto Supremo y encarga al Servicio Geográfico del Ejército la ejecución de la Carta Nacional (1921).

En el año 1998, se inicia con la producción de la Cartografía Digital de la Carta Nacional a escala 1/100,000, logrando obtener la aprobación de los estándares de calidad y fidelidad de la información de la cartografía digital por la National Imagery and Mapping Agency (NIMA) de EEUU, siendo el primer Instituto Geográfico en América del Sur en conseguir el cambio tecnológico de la cartografía analógica a la digital. En el año 1999 el IGN termina de realizar el recubrimiento cartográfico de Perú en la escala 1: 100,000 empleando imágenes de radar de RADARSAT en áreas de nubosidad permanente donde no permitía la tomas de fotografías aéreas.

El IGN, ha realizado trabajos en apoyo técnico a lo largo de sus años de creación al Ministerio de Relaciones Exteriores en la instalación, reposición y mantenimiento de hitos de la Línea de Frontera conformando las comisiones binacionales; como los realizados en los trabajos en la culminación



de la demarcación de la línea de frontera peruano-ecuatoriana en el año 1999; asimismo, contribuye a la investigación científica en la Antártida participando en proyectos en las Campañas Científicas ANTAR, habiendo realizado desde el levantamiento topográfico de la zona donde se ubica la Estación Científica Machu Picchu, situada en la isla Rey Jorge en 1989, hasta la Generación de volumetría Glaciar empleando Aeronaves Remotamente Pilotada (RPA), sobre el glaciar Znosko en el año 2020, contribuyendo con la Política Nacional Antártica y los estudios científicos en el continente blanco.

En el año 2000, se promulga la Ley N° 27292, Ley del Instituto Geográfico Nacional, que señala que el IGN es un organismo público del Sector Defensa que tiene la finalidad de elaborar y actualizar la cartografía básica oficial del Perú, poniéndola a disposición de las entidades públicas y privadas que la requieran para los fines del desarrollo y la defensa nacional.

Actualmente, la información geoespacial producida por el IGN es puesta a disposición de la ciudadanía a través del Geoportal de la Infraestructura de

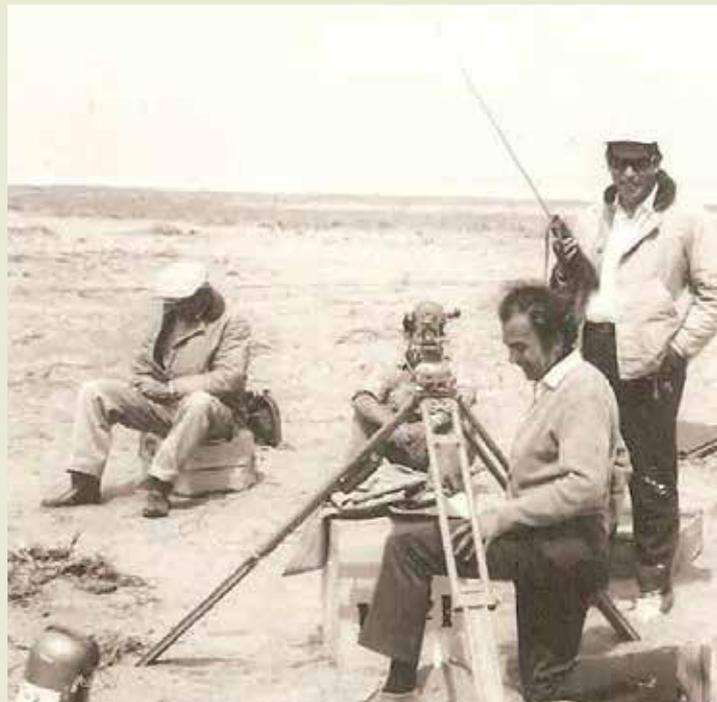
Datos Espaciales (IDE) (<https://www.idep.gob.pe>), que permite el acceso y la gestión de datos que se encuentran disponibles en Internet.

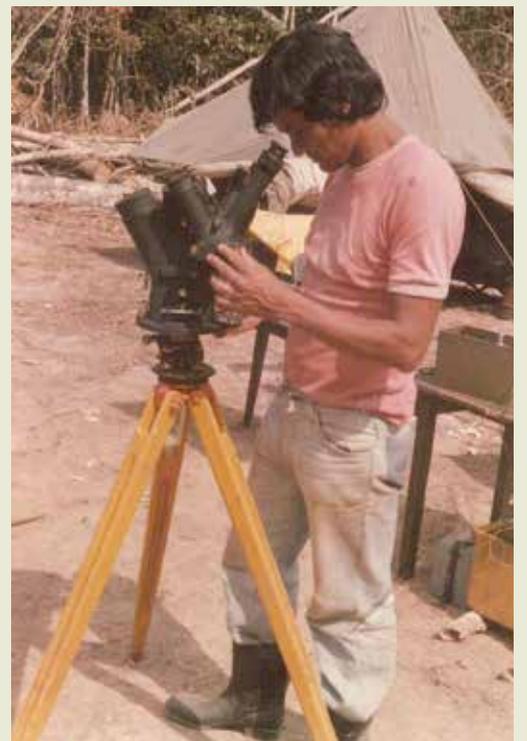
CONCLUSIONES

Los trabajos de levantamiento cartográfico realizados por el IGN condensa y sintetiza el esfuerzo sostenido durante estos 100 años de labor desde el encargo del Presidente Augusto B. Leguía, para dotar al país, de manera científica y sistemática de un instrumento imprescindible para el Desarrollo y la Defensa Nacional, como es la Carta Nacional. El proceso cartográfico para realizar la Carta Nacional ha pasado del uso de la plancheta, la determinación de coordenadas *por procedimientos astronómicos al empleo* equipos geodésicos GNSS (Sistemas Satelitales de Navegación Global) y estaciones fotogramétricas digitales logrando con ellos productos de mejor calidad y precisión. La importancia de sus trabajos va más allá del desarrollo de la cartografía, siendo testigo y actor protagónico del conocimiento de la realidad geográfica del territorio nacional.

En la actualidad el IGN, es una moderna institución científica, que cuenta con la tecnología de punta en todos sus procesos para generar la cartografía, empleando estaciones fotogramétricas digitales, equipos geodésicos rastreadores GNSS (Sistemas de Satélites de Navegación Global, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), así como el empleo de imágenes satelitales que han optimizado sus capacidades para la elaboración de cartografía básica oficial, y densificación de la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo conformada por 70 Estaciones de Rastreo Permanente distribuidas estratégicamente en el territorio nacional, que materializan el Sistema Geodésico Oficial, que se constituye como principal infraestructura geodésica nacional para impulsar el objetivo de recubrir cartográficamente el país a escala 1:25,000 que permite detalles que servirán a los gobiernos regionales a realizar la Zonificación Económica y Ecológica (ZEE), planificación de proyectos de desarrollo, Gestión de Riesgos de Desastres, entre otros.

Las actividades geográfico-cartográficas que realiza el IGN constituyen el soporte imprescindible para el desarrollo del país, debido a que la cartografía es un insumo que expresa las características y fenómenos de un espacio físico determinado del territorio nacional con precisión geodésica y constituye para los organismos públicos y privados un valioso instrumento para la planificación de tareas específicas, evaluación y generación de proyectos y toma de decisiones, asimismo, es un instrumento para el ordenamiento territorial permitiendo que espacios de nuestro territorio se incorporen al desarrollo social, económico y ambiental del país.







**Percy
Guillermo Baldeón**

Tte Crl EP

Director de la Escuela Nacional de Geomática



Uso de la Geotecnología de precisión para la evaluación espacio- temporal de la vulnerabilidad del distrito de Magdalena del Mar, (Costa Verde)

RESUMEN

Uno de los principales problemas que se observa en el Distrito Magdalena del Mar - Sector Costa Verde, son los deslizamientos, este fenómeno de geodinámica externa representa un peligro geológico latente que ha provocado daños en un sector de la población que hace uso de la red vial del circuito de playas. Ante esta problemática, se tiene como objetivo generar conocimiento de esta fenomenología, a través de la detección de cambios espacio - temporal, utilizando por primera vez tecnología geodésica de precisión: GNSS y NIVEL DIGITAL, que permitirá el establecimiento de Puntos de Control Terrestre Horizontal y Puntos de Control Terrestre Vertical respectivamente, con la finalidad de medir, analizar y monitorear periódicamente la posición de estos puntos para la obtención de indicadores en apoyo al análisis del riesgo por deslizamientos.

Palabras Claves: Peligro geológico, deslizamiento, acantilados, tecnología geodésica de precisión, detección de cambios espacio - temporal.

ABSTRACT

One of the main problems observed in the Distrito Magdalena del Mar - Sector Costa Verde are landslides, this external geodynamic phenomenon represents a latent geological danger that has caused damage to a sector of the population that makes use of the road network of the circuit of Beaches. Faced with this problem, the objective is to generate knowledge of this phenomenology, through the detection of space-temporal changes, using for the first time precision geodetic technology: GNSS and DIGITAL LEVEL, which will allow the establishment of Horizontal Terrestrial Control Points and Vertical Land Control Points respectively, in order to measure, analyze and periodically monitor the position of these points to obtain indicators to support the analysis of landslide risk.

Key Words: Geological hazard, landslide, cliffs, precision geodetic technology, space-time change detection.

INTRODUCCIÓN

Los acantilados del Distrito Magdalena del Mar - Sector Costa Verde, forman parte de la franja litoral costera de Lima Metropolitana y el Callao, se caracterizan principalmente por presentar fuertes pendientes y zonas inestables en sus laderas naturales, características físicas que vienen originando los continuos deslizamientos originados por los factores condicionantes como: la geomorfología (pendientes escarpadas) y la geología (suelos de composición de arena, grava y relleno sanitario), sumando además a estos factores, las condiciones meteorológicas, la erosión eólica de la zona y la escasa cobertura vegetal. De igual manera, por los factores desencadenantes como: los movimientos sísmicos y la precipitación, sumando a ello, las actividades antrópicas como: las construcciones próximas a los acantilados, que producen el aceleramiento de este fenómeno geológico. Esta situación representa, sin lugar a dudas, un peligro latente para un sector importante de la población (conductores, ciclistas, turistas y transeúntes en general) que transitan por estos circuitos de la Costa Verde para desarrollar estas actividades, entre otras (Figura 1).

Tras el reporte de numerosos casos de deslizamientos producidos a lo largo de la Costa Verde, principalmente en el sector ubicado en el distrito de Magdalena del Mar, se plantea el presente estudio de investigación, con el objetivo de generar conocimientos sobre el comportamiento de este fenómeno, a través de la detección de cambios espacio – temporal, utilizando por primera vez tecnología geoespacial de precisión: GNSS y NIVEL DIGITAL, equipos que permitirán el establecimiento de Puntos de Control Terrestre Horizontal y Vertical, con la finalidad de medir, analizar y monitorear periódicamente la posición horizontal y vertical en estos puntos para la obtención de indicadores que permitan estimar el nivel del riesgo de desastre por deslizamientos en esta zona de interés. Por tal razón, los objetivos específicos que planteamos en el estudio apuntan a:

- Evaluar el nivel de desplazamiento horizontal del área de estudio mediante la medición, análisis y monitoreo de Puntos de Control Terrestre Horizontal.
- Evaluar el nivel desplazamiento vertical del área de estudio mediante la medición, análisis y monitoreo de Puntos de Control Terrestre Vertical.



Figura 1: Localización de Área de Interés de la Costa Verde – Distrito Magdalena del Mar.



Figura 2: Establecimiento del Punto de Control Terrestre Horizontal.

Para tal efecto, se establecieron tres (03) Puntos de Control Terrestre Horizontal de Orden “C” aplicando el Método Diferencial Estático (Figura 2) y tres (03) Puntos de Control Terrestre Vertical (Figura 3) aplicando trabajos de nivelación desde un punto BM conocido. Los trabajos de monumentación se realizaron de acuerdo a las Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores del Sistema Satelital de Navegación Global formulada por el IGN, a fin de garantizar la estabilidad y resistencia en el tiempo de los discos de bronce colocados, los cuales están identificados con sus respectivos códigos establecidos por el IGN.

Los equipos geodésicos utilizados para este trabajo de campo fueron el equipo Receptor Satelital Geodésico GNSS R7 (medición horizontal) y el equipo de Nivelación Digital Electrónica DNA 03 (medición vertical).



Figura 3: Establecimiento del Punto de Control Terrestre Vertical.

En la etapa de post procesamiento de la data obtenida en campo, se tomó como referencia a la Estación de Rastreo Permanente de Lima - LI01 de Orden “0”, perteneciente a la Red Geodésica Geocéntrica Nacional del IGN, de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones Técnicas para Posicionamiento Geodésico Estático Relativo con Receptores GNSS. Por otro lado, se obtuvieron los valores de altitud de los tres (03) Puntos de Control Terrestre Vertical, obtenidos mediante los trabajos de nivelación a partir de un punto BM conocido.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: (Tablas 1, 2 y 3) y (Figuras 4, 5 y 6).

PCTHV N°1

N° COD	RECEPTOR GNSS				NIVEL DIGITAL
	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ELEVACIÓN MSNM
	NORTE	ESTE	LATITUD S	LATITUD W	
LIM011419	8661929.246 m	274229.665 m	12°05'47.06153"	77°04'27.45320"	57.311

Tabla 1: Datos resultantes del Punto de Control Terrestre Vertical - Horizontal N°1.



Figura 4: Punto de Control Terrestre Horizontal - Vertical N°1.

PCTHV N°2

N° COD	RECEPTOR GNSS				NIVEL DIGITAL
	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ELEVACIÓN MSNM
	NORTE	ESTE	LATITUD S	LATITUD W	
LIM011420	8661947.082 m	274165.334 m	12°05'46.46538"	77°04'29.57553"	56.7622

Tabla 2: Datos resultantes del Punto de Control Terrestre Vertical - Horizontal N°2.



Figura 5: Punto de Control Terrestre Horizontal - Vertical N°2.

PCTHV N°3

N° COD	RECEPTOR GNSS				NIVEL DIGITAL
	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ELEVACIÓN MSNM
	NORTE	ESTE	LATITUD S	LATITUD W	
LIM011421	8661969.003m	274105.030m	12°05'45.73729"	77°04'31.56402"	56.4991

Tabla 3: Datos resultantes del Punto de Control Terrestre Vertical - Horizontal N°3.



Figura 6: Punto de Control Terrestre Horizontal - Vertical N°3.

CONCLUSIONES

Esta infraestructura geodésica implementada por el IGN y los datos iniciales de posicionamiento geodésico obtenidos, representan la materialización de una Línea Base donde a partir de la cual, se ejecutarán las futuras mediciones, el análisis y monitoreo de los Puntos de Control Terrestre Horizontal y Vertical (PCTHV) a mediano y largo plazo. Con ello, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) logra poner a disposición una infraestructura para el monitoreo y control de detección de cambios espacio - temporal a niveles milimétricos del terreno, aplicando por primera vez tecnología geodésica de precisión, que permitirá determinar y registrar periódicamente la posición geodésica de estos PCTHV, a fin de determinar científicamente el comportamiento de este fenómeno geológico que se viene produciendo en los acantilados del Distrito de Magdalena del Mar - Sector Costa Verde, a través de la generación de indicadores que podrían ser utilizados como parte de los recursos de información de un sistema de alerta temprana ante posibles desastres por deslizamientos.



Sergio Galindo Quicaño

Tte Crl EP
Jefe de la Oficina de
Comercialización



**“Los mapas son los ojos de la historia”
(Cartógrafo Gerardus Mercator).**

La importancia de la Cartografía Histórica en los procesos de ordeamiento territorial

RESUMEN

El uso y la recuperación de información geoespacial contenida en los mapas de carácter histórico, son de gran importancia en aspectos de ordenamiento territorial; ya que nos precisa tener un conocimiento básico para la reconstrucción del pasado, la representación del presente y el modelamiento del futuro. En estos tiempos en que las tecnologías de información geográfica están muy desarrolladas y sumadas a la interacción que hace el medio ambiente sobre sus elementos naturales incluyendo al hombre. El estudio y la estrategia de extracción de información de estos mapas históricos, contribuyen a tener esa experiencia de vida desarrollada por nuestros ancestros, lo que nos habilita a tener mejores criterios que permitan realizar con éxito la gestión de los procesos de toma de decisiones a todo nivel.

Desde siempre, el ser humano ha tenido la necesidad de conocer el lugar donde habita y por donde se desplaza y ha visto por conveniente representar su realidad, teniendo como producto un mapa que refleje la idiosincrasia de su entorno, produciéndose de esta manera información geoespacial valiosa que debe ser aprovechada como instrumento de enseñanza que deja la historia a la humanidad.

ABSTRACT

The use and retrieval of geospatial information contained in historical maps are of great importance in terms of land use planning; since we need to have a basic knowledge for the reconstruction of the past, the representation of the present and the modeling of the future. In these times when geographic information technologies are highly developed and added to the interaction that the environment makes on its natural elements, including man. The study and the strategy to get information of these historical maps contribute to having that life experience developed by our ancestors, which enables us to have better criteria that allow us to successfully manage the decision-making processes at all level.

Human beings have always had the need to know the place where they live and where they move and have seen it convenient to represent their reality, having as a product a map that reflects the idiosyncrasy of their environment, thus producing valuable geospatial information. It must be used as a teaching instrument that history leaves to humanity.

INTRODUCCIÓN

En nuestro milenario país, las políticas de ordenamiento territorial se ven reflejadas desde la antigüedad, resaltando el apogeo del Imperio del Tahuantinsuyo antes de la llegada de los españoles, espacio que ocupó territorios de los que hoy actualmente son los países de Ecuador, Bolivia, Chile y Argentina, teniendo al Cusco como centro de control de la administración territorial. Estas unidades territoriales conquistadas, fueron denominadas como las regiones de Chinchaysuyo, Antisuyo, Collasuyo y Contisuyo al mando del gobernante Inca; teniendo como parte de esta organización del territorio la red de caminos y puentes (Capacñam o Qhapaqnan) y los sistemas de tambos (mayores y menores) que completó la estrategia de control y la administración del territorio incaico.

El declive del Imperio Inca comenzó con los sucesos de la caída de Atahualpa en 1532 por parte de los conquistadores españoles, que dio inicio a la colonización teniendo como elemento unificador el catolicismo, la lengua española y el reconocimiento de la corona española; para lo cual se crearon gobernaciones para la administración del territorio conquistado, los cuales posteriormente pasaron a denominarse virreinos, audiencias, corregimientos y cabildos, creando de esta manera una nueva forma de administración y orden territorial. Las jurisdicciones creadas hasta 1542 fueron las ciudades de Piura (1532), Jauja (posible capital del país - 1533), Cusco (1534), Lima (1535), Trujillo (1535), Chachapoyas (1538), Huamanga (1539), Huánuco (1939) y Arequipa (1540), determinándose de esta manera la nueva estructura política administrativa de ordenamiento territorial que siguió nuestra nación.

Actualmente la organización política y administrativa de nuestro Perú contemporáneo, está determinado de acuerdo a factores de orden político, económico, demográfico, social, territorial, étnico, geográfico e histórico; aspectos muy importantes que contribuyeron a formalizar un ordenamiento territorial que en la actualidad está en desarrollo, debido a políticas de integración y de sostenibilidad. A la fecha tenemos una división política administrativa del país compuesto de 24

Mapa histórico elaborado por el IGM con método de plancheta (1967). Zona Trébol de la Av. Javier Prado.



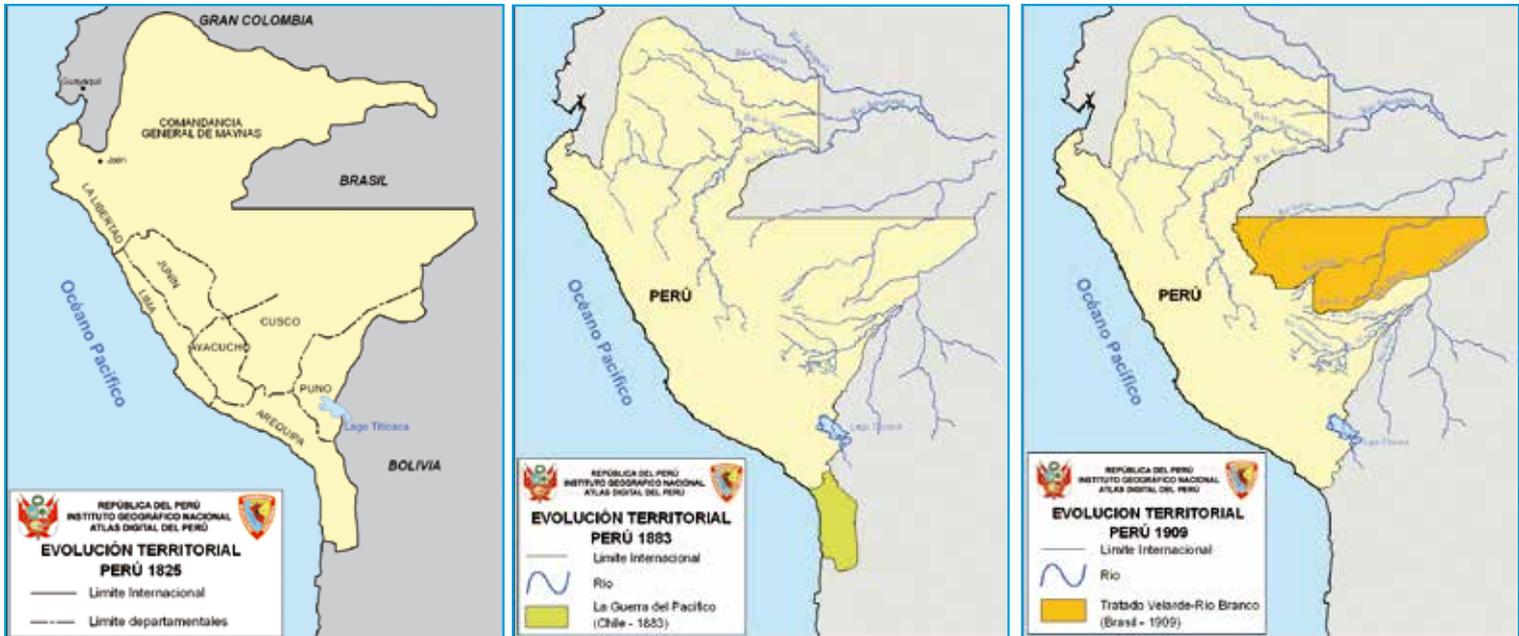
Mapa histórico elaborado por el IGN-JICA con método de fotografías aéreas (1992). Zona Trébol de la Av. Javier Prado.



Mapa topográfico elaborado por el IGN con método aerofotogramétrico digital (2002). Zona Trébol de la Av. Javier Prado.



Evolución del territorio nacional con



departamentos, 196 provincias y 1874 distritos. Todas estas características espaciales de nuestro territorio, contenidas en el transcurrir del tiempo, se ven plasmadas en gráficos que representan la historia idealizada en mapas, teniendo de esta manera la comprensión de los procesos de demarcación y organización del territorio, que tuvo nuestra nación hasta la actualidad.

METODOLOGÍA

El ordenamiento territorial en el país, está definido como un proceso técnico, administrativo y político de toma de decisiones concertadas con los actores sociales, económicos, políticos y técnicos para la ocupación ordenada y uso sostenible del territorio. En tal sentido para poder realizar toda esta gestión integrada, es importante obtener información histórica confiable, que sumada a los sistemas de información geográfica actuales y a las técnicas de obtención de información geoespacial (radar, lidar, fotografías aéreas, imágenes de satélite, UAV, etc), complementan un adecuado estudio referente a la temática de ocupación del territorio.

El Instituto Geográfico Nacional, viene empleando la información contenida en los mapas históricos de carácter oficial, generalmente en estudios de cartointerpretación de límites político administrativo, toda vez que los límites jurisdiccionales a nivel nacional obedecen a una normatividad, la cual toma como base la representación cartográfica complementada por los nombres geográficos, generando de esta manera una fuente de información muy esencial para los procesos de saneamiento de límites a nivel nacional. Otras aplicaciones que se pueden dar a la cartografía histórica está relacionada con los estudios temáticos como: la Zonificación Económica y Ecológica, la Gestión de Riesgos y Desastres, la Planificación Urbana, el uso racional de los recursos naturales, la gestión de áreas protegidas, el manejo del agua, entre otras aplicaciones.

RESULTADOS

Por la metodología empleada en la elaboración de estos mapas antiguos, se puede determinar que en su gran mayoría no cuentan con un sistema de georreferenciación de precisión, ya que fueron graficados en base a métodos de captura de

datos históricos: Atlas Digital del IGN



información con respecto a técnicas astronómicas, de triangulación de puntos y otros a mano alzada; siendo por conveniente, tener que realizar post procesos de georreferenciación espacial antes de ser empleadas. Esta técnica permite posicionar de manera referencial los mapas históricos en su dimensión planimétrica y ser comparadas con cartografía de distintos años (análisis temporal), lo que permite al usuario tener una percepción del espacio en el contexto del tiempo de los procesos de ocupación del suelo, obteniendo de esta manera un enfoque integral del desarrollo espacial, generando información la cual deberá ser analizada en los estudios de ordenamiento territorial y su implicancia con otras temáticas.

CONCLUSIÓN

Por consiguiente, la “Cartografía Histórica”, está catalogada como una fuente de información valiosa y única y que su tratamiento, estudio y aplicación son la base fundamental para comprender los procesos de ordenamiento territorial en cualquier parte del mundo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Landeo Omar (2011). Organización Territorial del Perú – Reformas Contemporáneas. Lima- Perú : Publicado por la Sociedad Geográfica de Lima.

Sociedad Geográfica de Lima (2015). Memorias del VIII Congreso Internacional de Ordenamiento Territorial y Ecológico 2014 : Imprenta IBEGRAF.

Ministerio del Ambiente (2015). Guía metodológica para la elaboración de los instrumentos técnicos sustentatorios para el Ordenamiento Territorial: Impreso por Mercedes Group SAC.



**Fabian
Brondi Rueda**
Tte CrI EP
Sub Director de Cartografía Especial



Monitoreo del glaciar Znosko a través de la generación de modelos digitales de elevación, empleando RPA

RESUMEN

Durante la campaña XXVII, el Instituto Geográfico Nacional, desarrolló el proyecto de Monitoreo del glaciar Znosko a través de la generación de Modelos Digitales de Elevación empleando de tecnología RPA, que apoyado con ajuste geodésico, se pudo generar productos geoespaciales de alta resolución y precisión.

ABSTRACT

During the XXVII campaign, the National Geographic Institute developed the Znosko Glacier Monitoring project through the generation of Digital Elevation Models using RPA technology, which, supported by geodetic adjustment, could generate high resolution and precision geospatial products.

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de Modelos Digitales de Elevación (MDE) de los glaciares ubicados en la bahía Almirantazgo, constituye uno de los pilares fundamentales para el monitoreo y la evaluación del balance de masa glaciar. En la actualidad se puede obtener un MDE utilizando imágenes satelitales, sin embargo, de acuerdo a la configuración climática de la zona de estudio, muchos de estos modelos pueden contar con perturbaciones que afectan el análisis de estos.

Por lo tanto, esa dificultad representa la oportunidad para el empleo de otras geotecnologías como es el caso de las aeronaves remotamente pilotadas (RPA por sus siglas en inglés), estas vienen experimentando diversificaciones en cuanto a su estructura, funcionamiento y empleo, entre ellos, la investigación científica.

El proyecto desarrollado durante la campaña XXVII, permitió el empleo de tecnología RPA apoyado con ajuste geodésico, de esta manera se pudo contar con productos geoespaciales de alta resolución y precisión. Para la generación del MDE y ortofoto del glaciar

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

MDE y Ortofotos

Para la generación de MDE y Ortofotos se aplicó la técnica de fotogrametría aérea empleando tecnología RPA. Se diseñaron planes de vuelo poligonales de manera que exista una correlación entre cada plan de vuelo. Esto con la finalidad de llevar a cabo vuelos en

seguridad y optimizar al máximo las características de las herramientas con las que se contó. La distribución espacial de los planes de vuelo son las que a continuación se aprecian (Figuras 1 y 2):

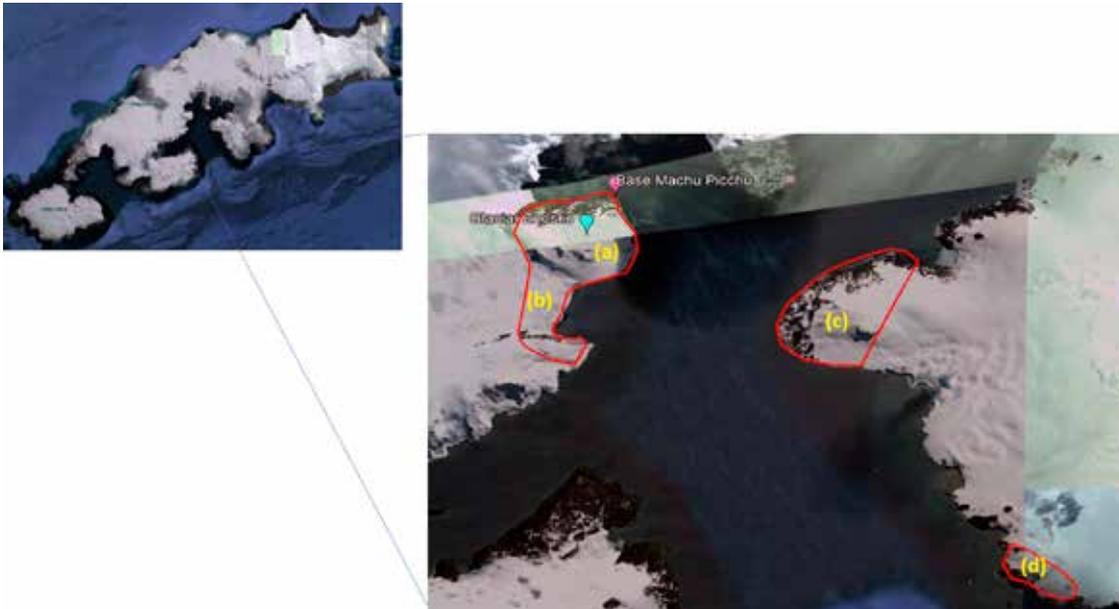


Figura 1: Distribución espacial de planes de vuelo poligonales, en los sectores denominados: (a) Znosko, (b) Lange (c) Wiracocha y (d) Petrel Gigante.

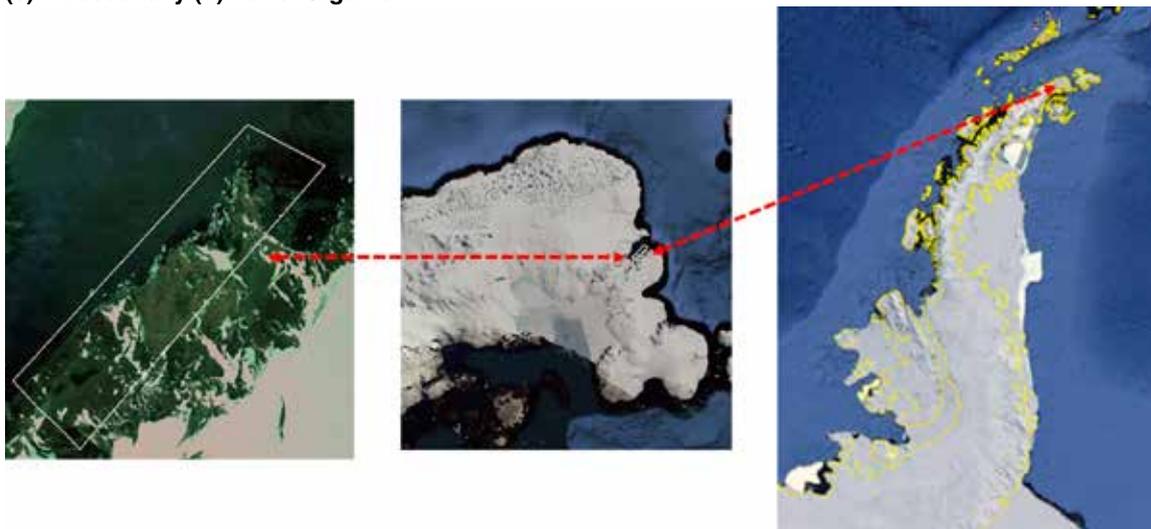


Figura 2: Distribución espacial y plan de vuelo poligonal en el sector denominado Monte Flora.

Para la generación del MDE y ortofoto del glaciar Znosko se distribuyeron puntos de foto control en donde su ubicación fue accesible, únicamente para los sectores Znosko y Lange se pudieron colocar marcas en el terreno identificables y medibles geodésicamente (Figura 3).



Figura 3: Identificación de grietas peligrosas, cruce de vados y sorteo de obstáculos durante el marcado de puntos de foto control horizontal.

Znosko se distribuyeron puntos de foto control en donde su ubicación fue accesible, únicamente para los sectores Znosko y Lange se pudieron colocar marcas en el terreno identificables y medibles geodésicamente (Figura 3).

Una vez definidas las áreas de vuelo poligonales (Figuras 1 y 2), se generaron los planes de vuelo de acuerdo a la naturaleza y configuración del terreno.

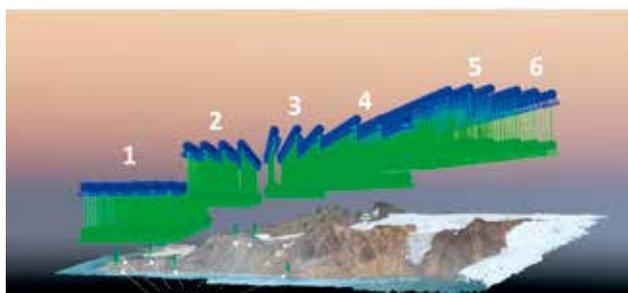


Figura 4: Vista de perfil de procesamiento de imágenes del sector denominado Znosko, la agrupación de colores verdes representa las fotografías tomadas en diferentes alturas con la finalidad de mantener un tamaño de pixel regular, en la parte inferior se señala la distribución de los puntos de foto control horizontal (PFCH/GCP).

Ejecutados los planes de vuelo, las fotografías fueron procesadas en las instalaciones del campamento, empleando el programa Pix 4d (Figura 4). Se tuvo que re volar la zona correspondiente al Glaciar Znosko porque las condiciones del tiempo cambiaron repentinamente, por lo tanto, se canceló la misión de vuelo inicial, esta fue reprogramada y cumplida sin inconvenientes.

Los MDE y ortofotos obtenidos durante las campañas XXVI y XXVII se encuentran en evaluación a cargo Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), como parte de una alianza institucional. Es evidente la pérdida de cobertura glaciar en el transcurso de un año (Figura 5).

Re observación de los 09 hitos de la red geodésica pasiva monumentada en la campaña ANTAR XXVI

Para el trabajo de re observación de la red geodésica pasiva monumentada durante la campaña ANTAR XXVI, se utilizó como base la estación IGN, el cual fue correlacionado con la estación de rastreo permanente UYBA, perteneciente al sistema de referencia geodésico SIRGAS – ROU 98 (época 1995.4) del sistema de referencia geodésico oficial de la República Oriental del Uruguay.

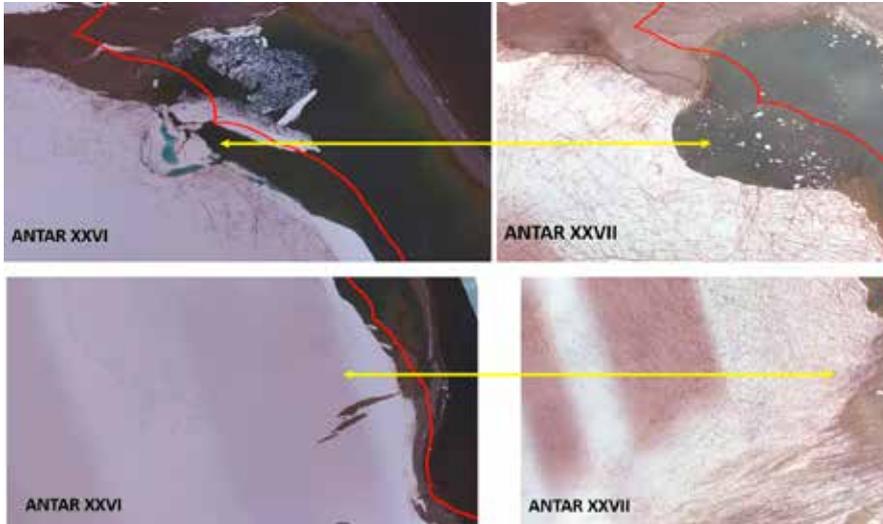


Figura 5: Se puede apreciar la pérdida de cobertura del glaciar Znosko entre las campañas XXVI y XXVII.

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

La metodología aplicada permitió el cumplimiento de los objetivos planteados durante el desarrollo de la campaña Antar XXVII, por lo cual permite afirmar lo siguiente:

- El método fotogramétrico con RPA es objetivo, ya que permite repetirse manteniendo los mismos parámetros cada vez que se realice el ejercicio de captura de datos, dándole sostenibilidad a la investigación.
- Reduce la exposición al peligro, ya que no es necesario desplazarse por suelo glaciar inestable. Mitiga el impacto que genera el equipo de investigación durante su desplazamiento en superficie glaciar.
- Es económicamente rentable comparado con la adquisición de imágenes satelitales de alta resolución. Un RPA tiene la posibilidad de cambiar diferentes sensores tales como: Multiespectrales, hiperespectrales, térmicos, LIDAR, entre otros. Lo cual permite contar con mayor cantidad de productos geospaciales de la misma área de estudio.



Vista de distribución de red geodésica pasiva del IGN en la Antártida.



Homar
Segura Mejía
Tte CrI EP
SINGE



Proyecto de inversión: “Mejoramiento y Ampliación de la Cobertura Geodésica Horizontal para el Desarrollo Nacional y Gestión de Riesgo de Desastres”

RESUMEN

Los problemas derivados del limitado conocimiento del territorio nacional, por parte de las autoridades y de sus habitantes, respecto a sus potencialidades, constituye una grave limitante para lograr el desarrollo socio-económico y estudios técnicos científicos en nuestro país.

Basándonos en la gestión de riesgo de desastres, la dimensión de vulnerabilidad y la estimación del nivel del riesgo ante desastres es significativa, según estudios recientes el Perú está identificado como uno de los países con mayor vulnerabilidad frente a múltiples amenazas naturales, debido a la variabilidad climática y la compleja geomorfología, a esto se suma las causas de origen humano como la ocupación no planificada del espacio geográfico.

Mediante la Resolución Jefatural N° 079-2006-IGN-OAJ-DGC, el Instituto Geográfico Nacional, administra el Sistema Geodésico Oficial conformado por la Red Geodésica Horizontal y Vertical, los cuales constituyen el sistema de referencia único a nivel nacional y

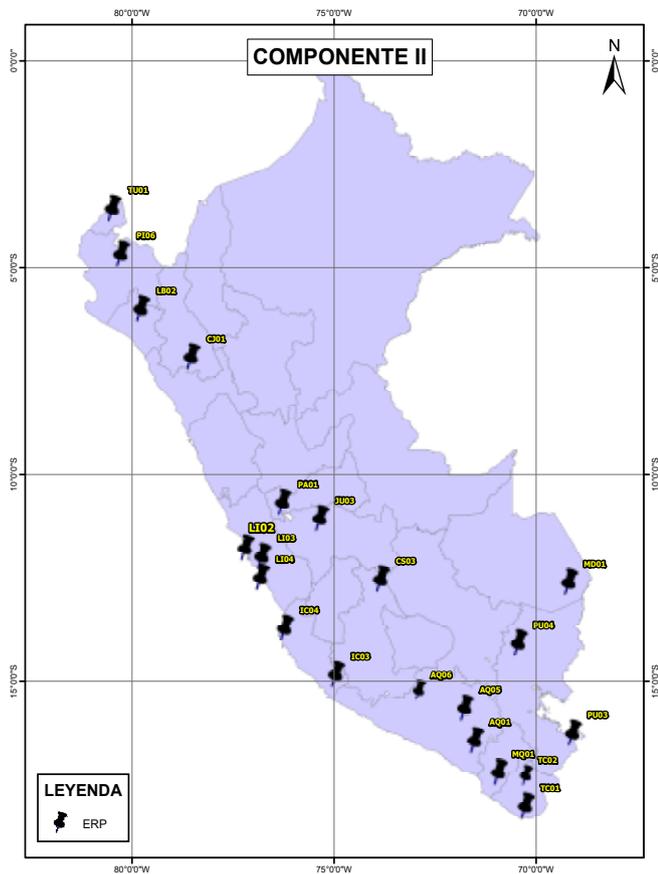
se encuentra integrado al Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas (SIRGAS).

En este contexto actualmente la RED Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC), está conformada por sesenta y siete (67) Estaciones de Rastreo Permanente (ERP) que recibe información del sistema satelital de Navegación Global (GNSS) instaladas estratégicamente a nivel nacional en las entidades del Estado.

ABSTRACT

The problems derived from the limited knowledge of the national territory, by the authorities and its population, regarding its potential, constitutes a serious limitation to achieve socio-economic development and scientific technical studies in our country.

Based on disaster risk management, the vulnerability dimension and the estimation of the level of disaster risk is significant, according to recent studies Peru is identified as one of the countries with the greatest



vulnerability to multiple natural hazards, due to variability climatic and complex geomorphology, to this is added the causes of human origin such as the unplanned occupation of the geographic space.

Through Chief Resolution No. 079-2006-IGN-OAJ-DGC, the National Geographic Institute, administers the Official Geodetic System made up of the Horizontal and Vertical Geodetic Network, which constitute the only reference system at the national level and is integrated to the Geocentric Reference System for the Americas (SIRGAS). In this context, currently the Peruvian Geodetic Network for Continuous Monitoring (REGPMOC) is made up of sixty-seven (67) Permanent Tracking Stations (ERP) that receive information from the Global Navigation satellite system (GNSS) strategically installed at the national level in the State entities.

Palabras claves: Gestión de Riesgo de Desastres, Sistema de Alerta Temprana, Sistema Geodésico Oficial.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Con la Resolución Ministerial N° 0194-2019-DE/SG, se aprueban los indicadores de brecha de acceso a los servicios del sector Defensa, donde una de las brechas identificadas se relaciona con la cobertura geodésica a nivel nacional, y se estipula que de 69% del espacio geográfico cubierto por las ERP, un 31% falta para cubrir el 100% del territorio nacional, para proporcionar información geodésica de precisión a las entidades públicas y privadas de forma oportuna, así mismo se establece que el 27% de las Estaciones de Rastreo Permanente, que vienen operando a nivel nacional ya cumplieron su tiempo de vida útil, por lo que es necesario reemplazarlos con equipos de última generación, a fin de prestar un servicio de calidad.

En este sentido, luego de un minucioso estudio sobre la necesidad de información de las Estaciones de Rastreo Permanente, se estableció que para atender la demanda **efectiva del 100% del territorio nacional se requiere aproximadamente de 98 Estaciones de Rastreo Permanente (ERP)**, disponiéndose de un total de 67 (ERP), que solo cubren el 69% de territorio nacional. Frente a esta problemática, el Instituto Geográfico Nacional ha elaborado un proyecto de inversión denominado “Mejoramiento y Ampliación de la Cobertura Geodésica Horizontal para el Desarrollo Nacional y Gestión de Riesgo de Desastres”, con código N° 2473403, que se encuentra en el sistema del banco de proyectos del MEF, en calidad de viable conformado por tres componentes:

a. **Componente I: IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE TRENTA Y UN (31) EQUIPOS DEL SISTEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS) DE ESTACIONES DE RASTREO PERMANENTE (ERP)**

Por la variada topografía de nuestro territorio, la cobertura de sesenta y siete (67) Estaciones de Rastreo Permanente (ERP), que actualmente se encuentra operando, es insuficiente siendo muy importante contar con la Red Geodésica en noventa y ocho (98) equipos GNSS, densificando treinta y uno (31) equipos geodésicos de Estaciones de Rastreo Permanente (ERP) en 18 departamentos, esta actividad se realizará en las instalaciones de los

gobiernos locales y regionales previa suscripción de un Convenio de Cooperación Interinstitucional, contribuyendo en el desarrollo de estudios técnicos científicos y proyectos de desarrollo en beneficio de nuestro país.

b. Componente II: REPOSICIÓN DE VEINTIÚN (21) EQUIPOS DEL SISEMA GLOBAL DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS)

La Red Geodésica Nacional está conformado por sesenta y siete (67) equipos geodésicos GNSS de Estaciones de Rastreo Permanente (ERP), los mismos que fueron instalados a nivel nacional durante los años 2008 y 2010 respectivamente, algunos equipos han cumplido su tiempo de vida útil y están presentando problemas en el almacenamiento y recepción de información satelital, generando inconvenientes para proporcionar a las entidades que ejecutan proyectos de desarrollo e investigación basados en las ocurrencia de fenómenos naturales, de manera que con el propósito de brindar en mejor servicio al público usuario, el IGN ha visto por conveniente renovar veintiún (21) equipos geodésicos instalados en catorce (14) departamentos.

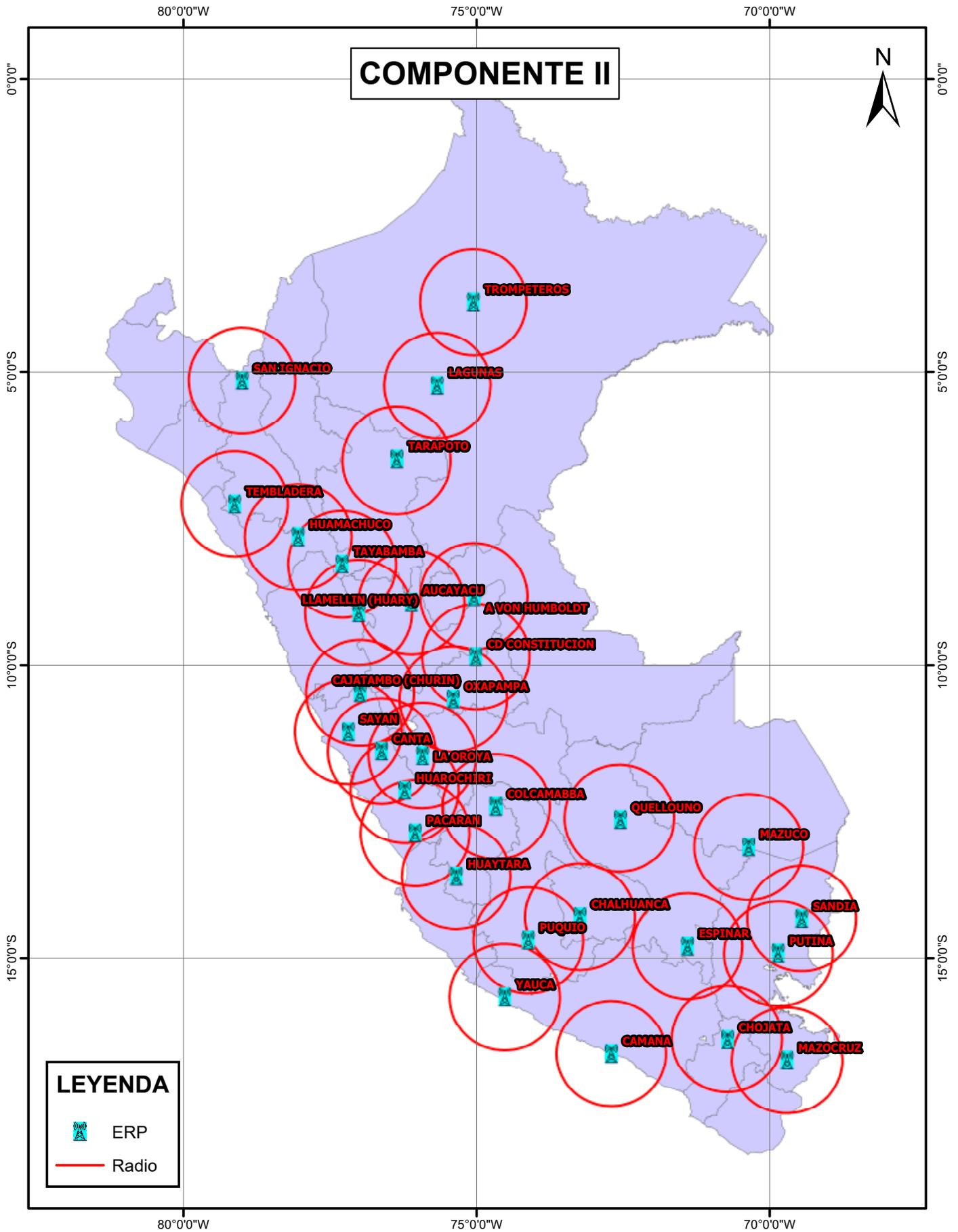
c. Componente III: GESTIÓN, PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS BENEFICIOS DE LA GEODESÍA HORIZONTAL.

El componente III está orientado a implementar estrategias de comunicación a nivel de los 24 departamentos, orientado a realizar eventos de capacitación a las instituciones públicas y privadas, sobre los beneficios e impactos del empleo de la información geodésica horizontal, así como para concientizar a las entidades que custodian los equipos, sobre el cuidado y gestión de información de Datos y Fichas generadas por las ERP.

Cabe precisar que el contexto de este componente, se prevé la elaboración de un “Estudio de los impactos de la Información Geoespacial y Geodésica Horizontal en el Desarrollo Nacional y la Gestión de Riesgo de Desastres”, lo que permitirá contar con evidencias técnicas y científicas sobre la importancia de esta información generada por el Instituto Geográfico Nacional”.



ERP Yurimaguas





Julio
Llanos Alberca
 Tte CrI EP
 Jefe de la Oficina de Estadística e Informática

Imágenes obtenidas por cámaras digitales convencionales para la elaboración de Cartografía

RESUMEN

Una imagen digital aérea es una herramienta fundamental para los ingenieros, empleadas para realizar en ellas los proyectos que necesitan en sus respectivas especialidades.

El principal objetivo de una imagen digital aérea es realizar cartografía básica y obtener datos métricos mediante un levantamiento fotogramétrico sistemático, donde las imágenes son ajustadas a una proyección y aplicando el respectivo análisis de paralaje, obtenemos los datos necesarios para el levantamiento cartográfico básico.

Las imperfecciones del objetivo de una cámara digital convencional producen distorsiones en la imagen que la hacen diferente de una perspectiva cónica, es por ello, que, en fotogrametría aérea, se utilizan objetivos y cámaras de alta precisión, métricas o semimétricas para minimizar las distorsiones.

Posteriormente se realizan las restituciones mediante un software fotogramétrico específico, además del requerimiento de puntos de apoyo y de control

geodésicos, por lo que la práctica de la fotogrametría aérea de un área pequeña es posible para empresas o entidades dedicadas a este fin específico.

Una persona, utilizando su cámara digital convencional montada sobre una Aeronave Pilotada a Distancia (RPA) y programas específicos podrían hacer restituciones fotogramétricas, de modo autónomo, realizando un levantamiento fotogramétrico convencional.

Este artículo ofrece una forma de aprovechar a lo máximo las imágenes digitales aéreas para ser aplicadas con fines de restitución.

ABSTRACT

An aerial digital image is a fundamental tool for engineers, used to carry out the projects they need in their respective specialties.

The main objective of an aerial digital image is to carry out basic cartography and to obtain metric data through a systematic photogrammetric survey, where the images are adjusted to a projection and applying the respective parallax analysis, we obtain

the necessary data for the basic mapping survey. .

The imperfections of the objective of a conventional digital camera produce distortions in the image that make it different from a conical perspective, which is why in aerial photogrammetry, high precision, metric or semi-metric objectives and cameras are used to minimize distortions.

Subsequently, the restitutions are made using a specific photogrammetric software in addition to the requirement of support points and geodetic control, so the practice of aerial photogrammetry of a small area is possible for companies or entities dedicated to this specific purpose.

A person, using her conventional digital camera mounted on a Remote Piloted Aircraft (RPA) and specific programs, could make photogrammetric restitutions, Raheemomously, performing a conventional photogrammetric survey.

This article offers a way to make the most of aerial digital images to be applied for restitution purposes.

Palabras claves: Cartografía básica, levantamiento fotogramétrico, cámara digital convencional, puntos de apoyo y de control geodésico, Aeronave Pilotada a Distancia (RPA), restitución.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del artículo es determinar las áreas de la imagen digital aérea con la menor distorsión posible usando cámaras digitales convencionales y utilizar dichas áreas de las imágenes para realizar los procesos fotogramétricos a fin de obtener datos métricos precisos a partir de ellas.

Por razones comparativas, se utiliza como referencia la película de 35mm [que se corresponde en las cámaras digitales con los sensores Full Frame (36 mm x 24 mm)].

Se exponen ciertas consideraciones acerca de las condiciones de la toma de imágenes en lo que respecta a distancia focal, diafragma, enfoque, ángulo de visión, formatos y tamaños del sensor. Así como las distorsiones ópticas más relevantes.

METODOLOGÍA

Se verificaron y compararon los tipos de cámara digitales convencionales existentes en el mercado, entre ellas las compactas, intermedias o bridge y réflex o DSLR; donde se determinaron que la mayoría de las cámaras digitales convencionales tienen la superficie de captación rectangular y no cuadrada con una proporción de 3:2, sus sensores de tipo CCD (Charged-Coupled Device) o CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) que van desde Full Frame hasta menores a 1/2.5" con una muy buena resolución (Megapíxeles) y una distancia focal que va desde 35 mm hasta 8 mm.

Las cámaras compactas ofrecen un ángulo de visión muy amplio debido a su distancia focal muy corta,



Aberraciones en la cámara DJI.



Aberraciones en la cámara Sensefly.



Distorsiones en la cámara DJI.



Distorsiones en la cámara Sensefly.

ofreciendo un gran campo de visión igual a las cámaras intermedias y réflex, sin embargo, la imagen tiende a distorsionarse mayormente en los bordes horizontales.

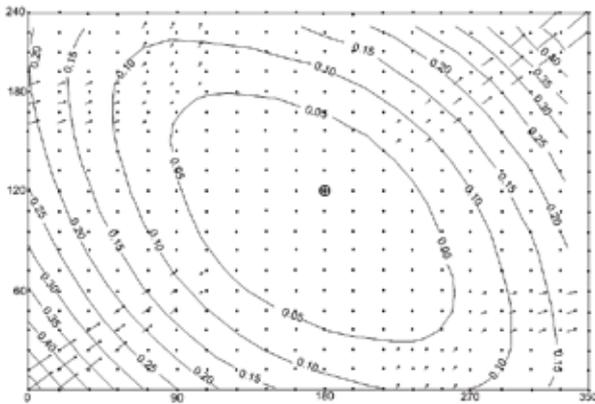
Se analizaron imágenes tomadas por dos cámaras convencionales que fueron adicionadas a dos Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPA), una es la Sensefly con una distancia focal de 10.6 mm y otra fue la DJI con una distancia focal de 8.8 mm.

Existen deformaciones en ambas imágenes debidas al relieve y a la inclinación de la cámara eso es normal en todas las imágenes obtenidas por cualquier tipo de cámara. Sin embargo, las aberraciones afectan más a las imágenes en las cámaras digitales convencionales tales como la curvatura del campo, coma, esférica, astigmatismo, reducción de la luz, cromáticas, que confunden la captura verdadera de la imagen al momento de realizar el ajuste fotogramétrico.

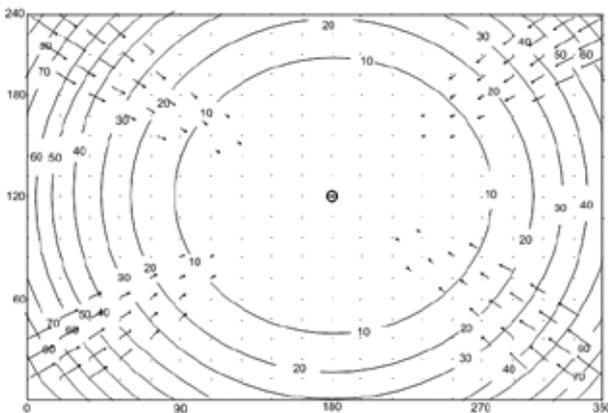
Adicionalmente a estas aberraciones las imágenes sufren distorsiones debido a la lente con la cual fue fabricada por no ser de carácter cartográfico, estas se deben a la falta de representación geométrica de un objeto tridimensional en un plano, existiendo distorsiones de lente (radial y tangencial) y de perspectiva (balanceo del RPA debido a la fuerza del viento y de la ubicación relativa por el sistema GNSS que poseen.

RESULTADOS

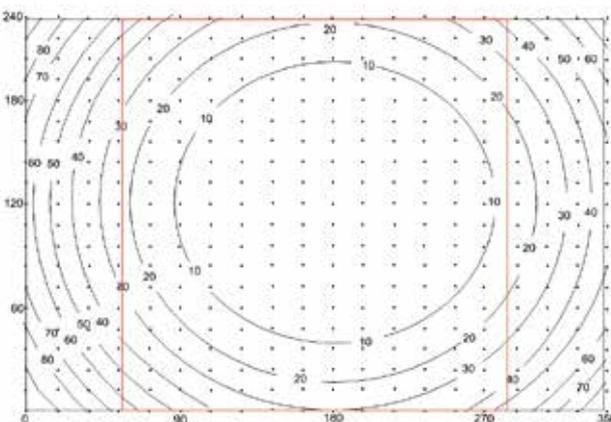
Las comparaciones de las imágenes de las cámaras digitales convencionales han demostrado los siguientes resultados:



Componente tangencial.



Componente radial.



Área con menor distorsión y aberración.

DISCUSIÓN

Después de realizado el análisis de las deformaciones que sufren las imágenes tomadas por una cámara convencional, se deduce que la parte central es la más aceptada para realizar o elaborar cartografía por el método de fotogrametría.

CONCLUSIÓN

No hay un tipo de cámara perfecta, sino una cámara adecuada a las necesidades para cada trabajo. No obstante, la cámara DSLR es la más idónea para trabajos de fotogrametría. Esto es debido a que su formato Full Frame ocupa gran espacio sin mucha distorsión y aberraciones en la mayor parte central de la imagen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pedro M. Cabezos Bernal, Juan J. Cisneros Vivó (2012). Photogrammetry Using Conventional Digital Cameras and Free Software

Pedro M. Cabezos-Bernal, Juan J. Cisneros Vivó (2013). La restituzione fotogrammetrica 2D/3D di elementi architettonici e l'integrazione dei modelli virtuali sulle fotografie dell'intorno reale, mediante programmi CAD, software liberi e fotocamere convenzionali.

Alfonso Durán Ferreras (2012). Modelado, Control y Percepción en Sistemas Aéreos Autónomos, tesis para optar el grado de maestría en la Universidad de Sevilla.

Juan Manuel Ibarrazannatha, Eduardo de Jesús Iturbe Córdoba (2013). Calibración y Corrección de la Distorsión Radial en Sistemas de Visión para Robots.



Fernando Portillo Romero
 Gral Brig
 Jefe del
 Instituto Geográfico Nacional



Marco Integrado de Información Geoespacial

Marco Integrado de Información Geoespacial (IGIF)

RESUMEN

El presente artículo describe el nuevo concepto del Marco Integrado de Información Geoespacial propuesto por las Naciones Unidas y la metodología para su implementación en los países, debido a la importancia vital de la información geoespacial y la integración con estadísticas y cualquier otro dato significativo para resolver problemas sociales y ambientales y lograr el desarrollo sostenible de los países.

ABSTRACT

This article describes the new concept of the Integrated Geospatial Information Framework proposed by the United Nations and the methodology for its implementation in the countries, due to the vital importance of geospatial information and the integration with statistics and any other significant data to solve social and environmental problems and achieve sustainable development of the countries.

INTRODUCCIÓN

La información geoespacial es un componente crítico y transversal de las infraestructuras nacionales de un país, incluidos los servicios gubernamentales como el gobierno electrónico, los servicios electrónicos y el comercio electrónico y se ha convertido en un importante contribuyente al desarrollo socioeconómico y gestión de riesgos de desastres en muchos países.

En ese sentido, en base a los marcos de desarrollo global como la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, el Marco de Sendai para la reducción de Riesgos de desastres 2015- 2023, el Acuerdo sobre el Cambio Climático de París, entre otros, se ha determinado que la información geoespacial es base fundamental para el conocimiento de la superficie terrestre, ubicación y entorno de los fenómenos y sirven para realización de planeamiento, proyectos de desarrollo, gestión de riesgos de desastres y toma de decisiones. Asimismo, la Agenda 2030 reconoce que la información geoespacial disponible, oportuna, accesible e integrada con estadísticas y otros tipos de información, con análisis combinados, permiten

una buena formulación de políticas, soporte y hacer seguimiento al progreso del desarrollo.

EL MARCO INTEGRADO DE INTEGRADO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL

El Grupo de Expertos de Gestión Global de Información Geoespacial de las Naciones Unidas (UN –GGIM) ha determinado una serie de marcos geoespaciales para dar soporte a los marcos de desarrollo global, como el Marco de Referencia Geodésico Global (GGRF), los Temas de Datos Geoespaciales Fundamentales Globales, el Marco Estadístico Geoespacial Global, el Marco Estratégico de Información y Servicios para Desastres, el Marco para la efectiva Administración de Tierras (FELA), entre otros, por lo que es necesario un Marco de Información Geoespacial Integrado (IGIF).

El Marco Integrado de Información Geoespacial (IGIF) es un marco multidimensional con mandato de las Naciones Unidas que proporciona a los países una base y una guía para desarrollar, integrar y fortalecer la gestión de la información geoespacial, al momento de establecer o fortalecer sus planes nacionales de gestión de la información geoespacial e infraestructuras para cerrar la brecha digital geoespacial y garantizar la prosperidad socioeconómica. El IGIF se centra en la integración de la información de ubicación con cualquier otro dato significativo para resolver problemas sociales y ambientales y actúa como un catalizador para el crecimiento económico, generación de oportunidades económicas, y estimula una mejor toma de decisiones para las prioridades de desarrollo nacional y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El fortalecimiento de los planes nacionales de gestión de la información geoespacial en los países, en particular los países en desarrollo, se puede lograr mediante la implementación de un enfoque integrado para la gestión de la información geoespacial, alineado con las estrategias y planes nacionales, así como vinculados a las prioridades nacionales de desarrollo.

El IGIF se fundamenta en llevar conceptos complejos de alto nivel a guías prácticas de implementación, sobre la base de siete principios básicos, ocho objetivos y nueve rutas estratégicas, como medio para que los gobiernos establezcan, mejoren y mantengan planes de gestión de información geoespacial más efectivos.



La Guía de Implementación proporciona la orientación específica y recomienda acciones a los países para establecer, mejorar o fortalecer sus planes y políticas nacionales en materia de infraestructura, sistemas y gestión de información geoespacial.

El IGIF consta de tres partes como documentos separados pero conectados: la parte 1 es un Marco Estratégico Global; La parte 2 es una guía de implementación; y la parte 3 es un plan de acción a nivel de país. Las tres partes comprenden el Marco Integrado de Información Geoespacial de manera integral que atiende las necesidades de un país al abordar los factores económicos, sociales y ambientales; que dependen de la información geoespacial para la ubicación y localización en un mundo globalizado en constante cambio. La Guía de implementación contiene información que orienta a los gestores de implementación del IGIF en los países, lo que se necesita para establecer, implementar, fortalecer, mejorar y/o mantener un sistema y capacidad nacional de gestión de información geoespacial.

La Estrategia Global establece el contexto del 'por qué'

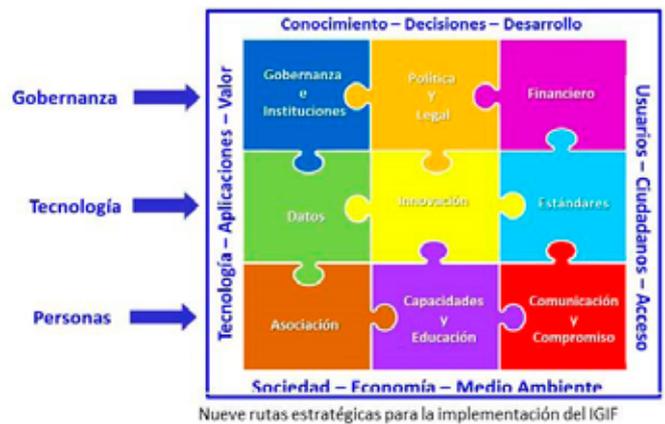
la gestión de la información geoespacial debe fortalecerse y por qué es un elemento crítico de las prioridades nacionales y el desarrollo de un país. Se *centra en el rol principal de la información geoespacial en la era*



digital y cómo esa información es parte integral de las funciones gubernamentales en todos los niveles. El IGIF comunica esto mediante la visión y misión, siete principios, ocho metas y nueve rutas estratégicas. Sin embargo, a través de la Guía de implementación, anclada en las nueve rutas estratégicas, el IGIF brinda orientación sobre ‘qué’ acciones se pueden emprender para ‘integrar’ la información geoespacial con estadísticas y cualquier otro dato significativo para resolver problemas sociales y ambientales, las cuales

deben estar alineadas a las prioridades de desarrollo de los países y los ODS. El Plan de acción a nivel de país hace referencia a la orientación, las opciones y las acciones específicas proporcionadas en la Guía de implementación las cuales deben ser adecuadas a la realidad de los países para realizar el proceso de construcción de un IGIF para un país, comenzando con planes específicos que se alinean con las prioridades y planes nacionales de desarrollo del país. El Plan de Acción a nivel de país, es específico para cada país,

Visión	
El uso eficiente de la información geoespacial por parte de todos los países para medir, monitorear y lograr un desarrollo social, económico y ambiental sostenible, sin dejar a nadie atrás	
Misión	
Promover y apoyar la innovación y proporcionar la coordinación de liderazgo y los estándares necesarios para entregar información geoespacial integrada que pueda ser aprovechada para encontrar soluciones sostenibles para el desarrollo social, económico y ambiental.	
Principios	Objetivos
P1: Habilitación estratégica P2: Transparente y responsable P3: Fiable, accesible y de fácil uso P4: Colaboración y Cooperación P5: Solución integradora P6: Sostenible y valorado P7: Liderazgo y Compromiso	O1: Gestión eficaz de la información geoespacial O2: Mayor capacidad, capacidad y transferencia de conocimiento O3: Sistemas y servicios integrados de información geoespacial O4: Retorno económico de la inversión O5: Programas de educación y capacitación sostenibles O6: Cooperación internacional y asociaciones apalancadas O7: Mayor compromiso y comunicación nacional O8: Valor y beneficios sociales enriquecidos



Nueve rutas estratégicas para la implementación del IGIF

detalla ‘cómo’ se llevarán a cabo los principios rectores, las opciones y las acciones recomendadas en la Guía de Implementación, cuándo y por quién. El Plan de Acción a nivel de país puede verse como el “documento de requisitos” para la implementación nacional.

El Comité de Expertos en Gestión Global de la Información Geoespacial en su décimo período de sesiones adoptó la Guía de Implementación del Marco Integrado de Información Geoespacial (IGIF), sujeto a un mayor perfeccionamiento y finalización, como un medio de fortalecer los

planes nacionales de gestión de la información geoespacial en los Estados Miembros apoyando la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente en los países en desarrollo.



CONCLUSIONES

Cabe resaltar que el IGIF no es una infraestructura, es un “marco” metodológico, independiente de las infraestructuras nacionales de datos espaciales (INDE). Más allá de los conceptos y la arquitectura tradicionales de la INDE, el IGIF se centra en los procesos de gobernanza, legales, financieros, de capacidad y participación necesarios para recopilar, mantener, compartir e integrar información geoespacial, a través de todos los niveles de gobierno y sociedad, en un entorno moderno y tecnológico. El enfoque IGIF se basa fundamentalmente en poner en valor la importancia del conocimiento de la información geoespacial para resolver problemas socioeconómicos y ambientales por lo que, la gestión de las Infraestructuras de la información geoespacial integrada a estadísticas sea más sostenible, debiendo estar alineado con las estrategias, planes y prioridades nacionales dentro de un país

Referencia

<http://ggim.un.org/IGIF/>



Néstor Brondi Rueda,
Giovanni Righetti,
Stefano Serafini
Warren Church
Gabriele Garnero
MEDS AMSTERDAM.

Tecnología Lidar y aplicaciones de Inteligencia Artificial para nuevas perspectivas en el sitio monumental de Kuelap

RESUMEN

MEDS BV, una empresa con sede en los Países Bajos, pero que opera principalmente en América, llevó a cabo en noviembre de 2019 un vuelo fotogramétrico con LIDAR en el sitio arqueológico de Kuelap, en la cordillera peruana a unos 3.000 m de altitud (región del Amazonas).

Aunque el complejo monumental de Kuelap es inmenso y fue probablemente el asentamiento más poblado del valle del río Utcubamba, el sitio y sus ocupantes no están descritos en ningún documento conocido dejado por los primeros colonos españoles. En consecuencia, y a pesar de los extensos estudios arqueológicos, siguen sin resolverse importantes cuestiones relativas al papel político, económico y religioso de Kuelap en la región.

El trabajo cuenta con el apoyo logístico del IGN, Instituto Geográfico Nacional del Perú, y con la colaboración del antropólogo Warren Church, especialista en culturas andinas antiguas y experto en arqueología de la región en estudio.

ABSTRACT

MEDS BV, a company based in the Netherlands, but operating mainly in America, carried out in November 2019 a photogrammetric flight with LIDAR at the archaeological site of Kuelap, in the Peruvian mountain range at about 3,000 m altitude (region of the Amazon).

Although the monumental complex of Kuelap is immense and was probably the most populated settlement in the Utcubamba River Valley, the site and its occupants are not described in any known document left by early Spanish settlers. Consequently, and despite extensive archaeological studies, important questions regarding Kuelap's political, economic and religious role in the region remain unresolved.

The work has the logistical support of the IGN, National Geographic Institute of Peru, and with the collaboration of the anthropologist Warren Church, a specialist in ancient Andean cultures and an expert in archeology of the region under study.



LOS CHACHAPOYA

En el año 1000 D.C., el primer Imperio Wari Andino había comenzado a retirar su presencia cultural de la sierra norte del Perú, abandonando sus característicos enclaves monumentales. Sus construcciones arquitectónicas eran de piedra y tenían una planta ortogonal rodeada de muros altos y rectos. Sólo recientemente los arqueólogos han comenzado a reconocer las huellas arquitectónicas de Wari en el paisaje y a apreciar la extensión de su vasta influencia cultural lejos de su capital política en la región de la meseta meridional de Ayacucho (Guengerich e Church, 2018, Watanabe 2012, 2016).

LA EXPLORACIÓN DE KUELAP

Lamentablemente, desde mediados hasta finales del siglo XX, se descubrieron cada vez más restos arqueológicos en todo este vasto paisaje, que quedaron expuestos debido a la migración hacia el Este y a la deforestación para establecer la agricultura y la ganadería (Schjellerup 2005). Los sitios descubiertos por los colonos han sido dañados y vandalizados, la región ha sido blanco de saqueo y tráfico de antigüedades desde 1997, cuando salió a la luz un rico sitio mortuario en los acantilados sobre la Laguna de

los Cóndores (Lago Cóndor) (Von Hagen, 2002).

Los antiguos asentamientos y tumbas de los Chachapoyas son ahora generalmente saqueados antes de que los arqueólogos y las autoridades policiales sepan de su existencia.

En ausencia de datos publicados, varias narraciones conflictivas que explican la singularidad de Kuelap han sido apoyadas por varios arqueólogos y persisten la hipótesis de que Kuelap era el centro de un poderoso

EL ESTUDIO DE MEDS E IGN DE 2019

La zona estudiada es particularmente impermeable y, sobre todo, está cubierta en gran parte por una vegetación bastante densa, lo que de hecho impide su comprensión e interpretación utilizando únicamente información fotogramétrica.

En esta experiencia se han aplicado metodologías originales que permiten obtener, a partir del conjunto de datos disponibles, una cartografía altamente automatizada, utilizando tanto técnicas de procesamiento estándar debidamente personalizadas, como técnicas de aprendizaje en profundidad para la identificación y clasificación de las pistas identificadas.

Utilizando su propia instrumentación, en el marco de un acuerdo exclusivo con el IGN local, el órgano nacional de gestión de la cartografía del Perú, MEDS ha realizado un levantamiento LiDAR y fotogramétrico: la instrumentación y los parámetros de adquisición se eligieron en función de las características ambientales de la zona que se iba a estudiar y de los fines establecidos:

- Instrumento LiDAR (precisión 1,5 cm) equipado con IMU de alta precisión (posicionamiento planimétrico 5 cm, altimétrico 10 cm, angular 0,015° en balanceo y cabeceo, 0,035° en mandíbula).
- Los planes de vuelo y los parámetros de adquisición se han estudiado con el fin de obtener un estudio detallado que permita adquirir la mayor cantidad de información posible incluso bajo la vegetación, reduciendo al mínimo los conos de sombra y alcanzando en lo posible un retorno de al menos 15 ecos por cada pulso de láser emitido. Se han implementado los siguientes ajustes:
 - Cuota de vuelo: variable de 60 a 100 m AGL.
 - Esquema de vuelo: vuelos cruzados.
 - Velocidad de vuelo: 10 Km.
 - Velocidad de pulso: variable de 400 a 820 Khz dependiendo de las características morfológicas.
 - Campo de visión (FOV): 180°.
 - Revolución por segundo: 60 - 200 escaneos/segundo.
 - Densidad de los puntos detectados: entre 300 y 400 pt/m².
 - Toma de fotogrametría de GSD: 2-5 cm

El uso de una plataforma inercial con características de alta precisión determinó la posibilidad de obtener una posterior alineación de las franjas de LiDAR con residuos del orden de 2-3 cm (Figura 1).

El apoyo de IGN se basó en 6 especialistas organizados en 3 grupos:

Grupo de planificación de vuelo fotogramétrico.

Grupo piloto RPA: responsable de la ejecución de la toma fotogramétrica.

Grupo de geodesia: encargado de la materialización, estudio y elaboración de los puntos de control geodésico en el terreno.

A fin de obtener los mejores resultados, se observó que el marco temporal óptimo de las condiciones meteorológicas es de 11 a 14 horas. Las características geomorfológicas y la altitud de la zona significaban que el receptor del GNSS tenía una recepción deficiente de



Figura 1: El instrumento de medición.

los satélites, por lo que había que prever un tiempo de adquisición más largo.

Las fases de filtrado y clasificación de la nube de puntos se han llevado a cabo mediante macros especialmente desarrolladas en el entorno de ATLAS (www.theatlasgis.com, propiedad de MEDS), creadas debido a la particular morfología de los objetos a detectar (fuerte presencia de ruido en relación con la



Figura 2: El estado de la cobertura de la superficie de los restos de las construcciones

elevada humedad siempre presente, importante vegetación ocluyente (Figura 2), tamaño muy reducido de los edificios presentes, ...) (Figuras 3, 4 y 5).

APLICACIONES DE APRENDIZAJE PROFUNDO (DEEP LEARNING) PARA EL RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES

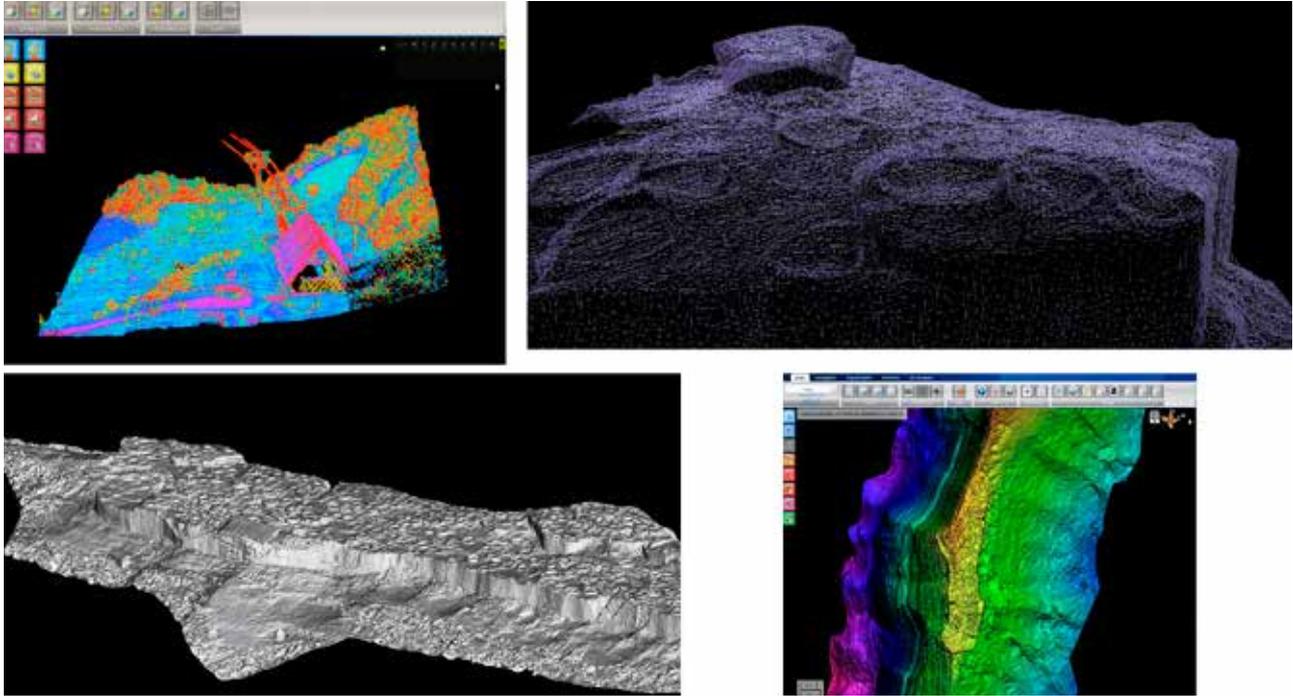


Figura 3: Nube de puntos y representaciones de malla.



Figura 4: Representación de la nube de puntos con textura y filtrado superpuesto de la vegetación sólo desde el LIDAR.



Figura 5: Representación de la nube de puntos del edificio conocido como Tintero (parte sur del sitio).

Aplicaciones de aprendizaje profundo (Deep Learning) para el reconocimiento e identificación de construcciones.

Se realizó la producción de DSM y DTM con 15 cm de resolución y el ortomosaico con 5 cm de resolución. Los productos se han publicado en el portal web de ATLAS y se han puesto a disposición de la comunidad académica para su análisis detallado.

Por lo tanto, en los primeros meses de 2020, comenzamos una evaluación sistemática de la nueva base de información.

Un reciente análisis de La Fortaleza publicado por Van Valkenburgh y otros (2020), no abordó el desalentador reto que supone la cubierta vegetal mucho más densa de El Imperio, pero su análisis arqueológico mostró claramente el valor de recoger y analizar eficientemente grandes cantidades de datos utilizando este tipo de tecnología de prospección.

Nuestro estudio fue concebido de una manera diferente porque el objetivo principal era verificar la capacidad de esta tecnología para producir imágenes de la superficie del sitio: queríamos ver si podíamos penetrar adecuadamente en la vegetación y producir una aproximación de la morfología del suelo lo suficientemente precisa como para identificar con seguridad los edificios.

Sobre esta base, utilizada como una herramienta terrestre, el software de análisis de estudios automáticos se implementó en cuatro fases distintas:

- identificando el conjunto de entrenamiento;
- ...aprender;
- prueba de reconocimiento;
- aplicación en la agrimensura real.

En la primera fase, se cartografió manualmente el levantamiento de la ciudad de Kuélap y se identificaron 84 de los edificios presentes que el software debe aprender a reconocer, seleccionándolos para cubrir diferentes situaciones: restos más o menos visibles, presencia o ausencia de vegetación, etc.

Se identificó entonces la forma (rectangular o circular), el centroide y el tamaño aproximado (diámetro mayor/diámetro menor para edificios circulares o elípticos, longitud de los lados para edificios rectangulares) para cada edificio.

En Kuélap todos los edificios seleccionados tienen un tamaño de menos de 15 m; en esta longitud se ha establecido el tamaño de la muestra para el

funcionamiento del software, con un área de búsqueda de 30 x 30 m. Esta dimensión se utilizará también en la investigación, teniendo la astucia de utilizar siempre una superposición del 50% en los datos suministrados al algoritmo para tener siempre un edificio completamente dentro de esta sección.

Para cada edificio (tanto para la formación como para la verificación) se extrajeron secciones de estudio LiDAR centradas en el edificio y se crearon variantes, con el fin de perturbar el conjunto de datos introduciendo traslaciones y rotaciones, y alterando el conjunto de puntos con ruido aleatorio. Así pues, se obtuvieron un total de 125 variantes para cada edificio, lo que eleva el conjunto total de muestras a 10500.

Los edificios identificados se dividieron en dos grupos: el primero (70%) para el entrenamiento de la red neuronal, el segundo (30% restante) para la verificación.

Las secciones LiDAR obtenidas se entregaron al algoritmo de reconocimiento que proporcionó para cada muestra los datos del edificio (o edificios) recogidos, con posición, tamaño y orientación. Todos los datos se reunieron e insertaron en una base de datos geográfica para luego superponerlos a la ortoimagen para destacar los resultados obtenidos (Figura 6).

OBSERVACIONES Y PERSPECTIVAS

En las observaciones tradicionales desde el suelo, los arqueólogos podían observar rápidamente detalles que habrían requerido un mayor análisis en nuestra

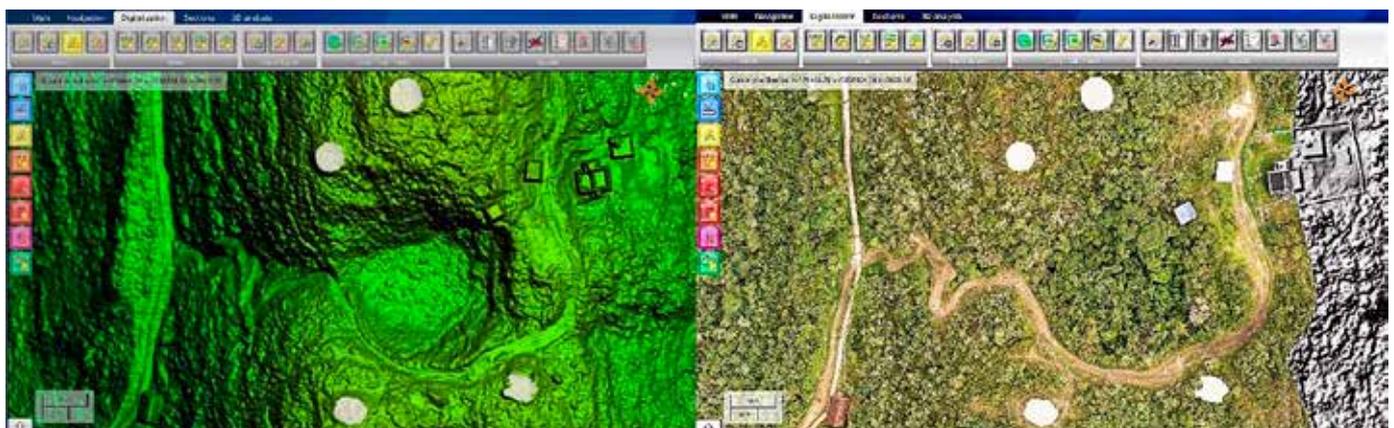


Figura 6: A la izquierda están representados los edificios identificados por el software IA, a la derecha los mismos edificios mostrados en la ortoimagen, de los cuales no pudieron ser destacados.

metodología de estudio, como rastros de yeso y decoraciones en las superficies de las paredes.

Por otra parte, la visión global que ofrece la moderna metodología tridimensional ha permitido integrar la información detallada disponible de observaciones anteriores, comprendiendo también los límites que la observación terrestre había determinado.

El mayor valor de la tecnología LiDAR en nuestro análisis es su capacidad de penetrar en la densa selva tropical para identificar la presencia o ausencia de restos arqueológicos. Es probable que el uso de esta tecnología en los vectores aéreos de largo alcance se convierta en una herramienta inestimable para la investigación preliminar de sitios en zonas de terreno difícil, costoso y peligroso para el tránsito a pie: una vez que un sitio arqueológico es identificado por el LIDAR, queda claro que sus capacidades complementan, pero no reemplazan, la utilidad de las técnicas de investigación terrestre (Figura 7).

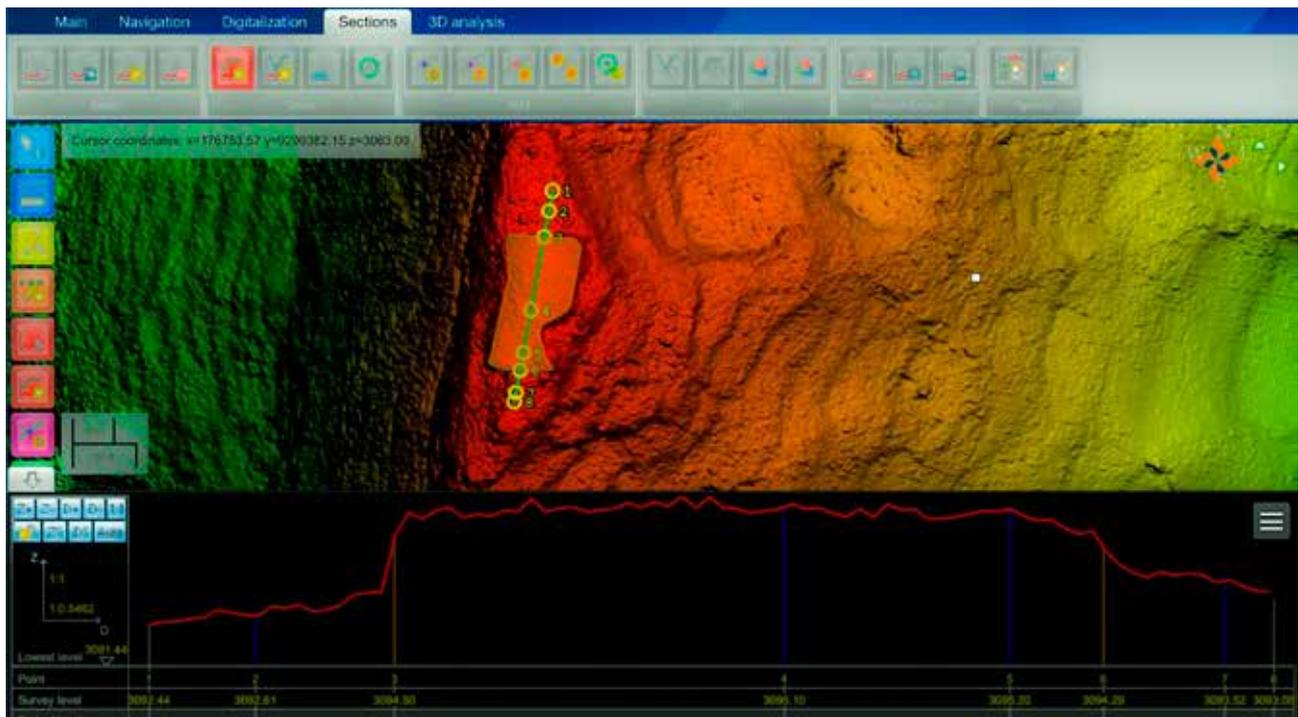


Figura 7: Viendo las terrazas y su perfil en el programa Atlas

Las técnicas son complementarias, y ambas son necesarias para analizar con precisión los sitios arqueológicos típicos de los entornos de los bosques tropicales de montaña. Pero claramente, en primer lugar, un sitio debe ser “descubierto” antes de que pueda ser estudiado.

Además, la capacidad de producir un mapa exacto desde arriba, sin ningún contacto físico, es muy significativa debido al daño que de otra manera se haría a la vegetación forestal para permitir un estudio de la tierra con una Estación Total.

Las bases que ahora están disponibles pueden convertirse en el apoyo para un mayor análisis y desarrollo pueden ser un punto de partida seguro para el análisis de las vistas a escala territorial, permitiendo la comprensión de la ubicación de las diversas aglomeraciones y captando la infraestructura del territorio a nivel del componente visual.



**Mario Cesar
Mendoza Del Aguila**
Master en Comunicación Satelital & GNSS
Beijing University of Aeronautics and Astronautics
Colaborador científico del IGN

Análisis de desplazamientos debido al sismo del 26 de mayo de 2019 en las lagunas con data GNSS de la REGPMOC

RESUMEN

La Red Geodésica Peruana de monitoreo Continuo (REGPMOC) dispone de estaciones GNSS permanente que monitorean continuamente los datos de posicionamiento en todo el territorio peruano; estas fueron empleadas para estudiar los desplazamientos ocurridos por el sismo del 26 de mayo en Lagunas - Amazonas, cuya magnitud fue de 8 Mw, a través de un estricto procesamiento y análisis estadístico se pudo apreciar desplazamientos significativos en el orden de centímetros en estaciones cercadas al epicentro, viéndose más afectada la zona nororiental del Perú, mientras en zona central y sur evidenciándose ligeros movimientos sin consecuencias significativas, así mismo se detalla las aceleraciones ocurridas en el instante del sismo. Este análisis muestra el comportamiento de dicho fenómeno con la finalidad de mostrar sus variaciones y tenerlas en cuenta para trabajos que necesiten alta precisión.

ABSTRACT

Peruvian Geodetic Network of Continuous Monitoring has GNSS stations measuring the position data high accuracy throughout the Peruvian territory; these were used to study displacements occurred by the May 26 earthquake in Lagunas - Amazonas, whose magnitude was 8 MW, through strict processing and statistical analysis it was possible to observe significant displacements in the order of centimeters in stations close to the epicenter, with the northeastern part of Peru being more affected, while in the central and southern zones, slight movements are evident without significant consequences, as well as the accelerations that occurred at the moment of the earthquake. This analysis shows the behavior of this phenomenon in order to show its variations and take them into account for jobs that require high precision.

INTRODUCCIÓN

La tierra está en constante movimiento e interactuando con fuerzas internas y externas en todo momento, estos elementos son principalmente causado por fenómenos naturales que se manifiestan día a día; está formada por placas tectónicas que interactúan continuamente entre sí, generando ondas sísmicas dentro y fuera de su superficie.

El Perú se ubica en una zona de frecuente actividad sísmica, debido a su ubicación geográfica en la cercanía de la franja de fricción entre dos placas tectónicas (Figura 1), es decir, la placa de Nazca y la placa sudamericana [1]; los desplazamientos son generados principalmente por movimientos estas placas y choques entre ellas (Figura 1); estos fenómenos son medidos por receptores GNSS de alta precisión (Figura 2).



Figura 1: Interacción de placas tectónicas



Figura 2: Estación GNSS

IMPLEMENTACIÓN Y DISEÑO DE LA REGPMOC

Perú cuenta con 69 Estaciones GNSS de Rastreo Permanente (ERP) instalados a lo largo de su territorio conformando la Red Geodésica Peruana de Monitoreo Continuo (REGPMOC) (Figura 3), estos rastrean datos de posicionamiento las 24 horas del día y los 365 días del año a una frecuencia de muestreo de 1 y 5 segundos.

Como se muestra en la Figura 3. Ubicación de las ERP, Radio de acción 100Km y epicentro sísmico



Figura 3: Ubicación de las ERP, Radio de acción 100Km y epicentro sísmico

Como se muestra en la figura 3, la ubicación de las ERP así mismo la localización espacial del epicentro del sismo de 8 Mw y el mecanismo focal o proceso de ruptura a nivel intermedio de profundidad, lo cual demuestra que la deformación a niveles de profundidad intermedia es importante en esta región.

En la mayoría de los sismos que ocurren en dicha zona presentan magnitudes del orden de 7 Mw, y solo los sismos ocurridos el 12 de agosto del año 2010

en Ecuador y el 26 de mayo en Lagunas, presentan magnitudes de 8.0 Mw [2].

Con los datos obtenidos de los receptores GNSS, es posible medir la variación de la posición de las estaciones después de un evento tectónico [3] en un rango de precisión de milímetros; como es el caso que se pretende analizar el evento sísmico ocurrido el 26 de mayo de 2019, donde hubo movimientos considerables en las estaciones cercanas del epicentro, cuyas características hipocentrales se muestran en la Tabla 1.

Coordenada del epicentro Lat: Lon:	-05.74° -75.55°	LORETO
Profundidad:	135Km	Evento de enfoque intermedio
Magnitud:	8.0	M
Referencia	60 km Sur de Lagunas	Alto Amazonas
Intensidad Máxima:	VII Lagunas, Yurimaguas	Escala de Mercalli modificada
Día (UTC):	26/05/2019	Tiempo Universal Coordinado
Hora Local (UTC-5):	02:41:12	
Hora UTC o:	07:41:12	

Tabla 1: Datos sísmicos (Fuente: IGP)

Para el análisis se empleó datos de una semana antes y después del sismo, contabilizándose 15 días de data GNSS permitiéndose mostrar el comportamiento de su posición a lo largo del tiempo; los datos se recopilaban de los receptores GNSS en formato crudo y posteriormente convertidos a RINEX. El primer día de data fue desde el 19 de mayo (139 JD) hasta el 2 de junio (153 JD) de 2019, data recolectada con un intervalo de registro de 5 segundos.

RESULTADOS

Los datos fueron procesados con el software científico Gamit/Globk, en el sistema WGS-84 y marco de referencia ITRF14, se obtuvieron los resultados y se generaron las coordenadas de cada estación GNSS por cada día, así como su magnitud de deslizamiento y dirección (Azimut), como se muestra en la Tabla 2.

Nº	ERP	Lon	Lat	Azimut	Desplazamiento
1	AM01	-77.9	-6.2	288.7	4.2
2	AM03	-78.5	-5.6	277.8	3.6
3	AM04	-77.9	-4.6	267.5	3.8
4	AM05	-78	-5.8	283.2	4.3
5	AN02	-78.5	-9.1	310.2	1
6	AN03	-78	-8.5	311.3	1.5
7	AN04	-77.5	-9.5	326.3	0.5
8	AP01	-72.9	-13.6	78.7	0.1
9	AQ01	-71.5	-16.4	119.7	0.2
10	AQ02	-72	-17	96	0.2
11	AQ03	-72.5	-16.1	96	0.2
12	AQ04	-73.6	-16.2	346.8	0.2
13	AQ05	-71.8	-15.6	81.9	0.1
14	AQ06	-72.9	-15.2	36	0.1
15	AY01	-74.2	-13.2	200.6	0.1
16	AY02	-73.8	-15	97.1	0.1
17	AY03	-74.3	-13.9	45	0.1
18	CJ01	-78.5	-7.2	294.4	2.7
19	CJ02	-78.8	-6.4	285.4	2.8
20	CS01	-72	-13.5	98.7	0.1
21	CS02	-72.1	-14.5	120.3	0.1
22	CS03	-73.8	-12.5	171.9	0.1
23	HC02	-75	-9.4	209.4	0.4
24	HC03	-76.2	-9.9	306.5	0.3
25	HV01	-75	-12.8	108.4	0
26	IC01	-75.7	-14.1	26.6	0
27	IC03	-74.9	-14.8	63.4	0.1
28	IC04	-76.2	-13.7	24	0.1
29	JU01	-75.2	-12.1	241.7	0.1
30	JU03	-75.3	-11.1	11.3	0.1
31	JU04	-75.3	-11.1	11.3	0.1
32	LB01	-79.9	-6.8	289.5	1.9
33	LB02	-79.8	-6	280.6	2

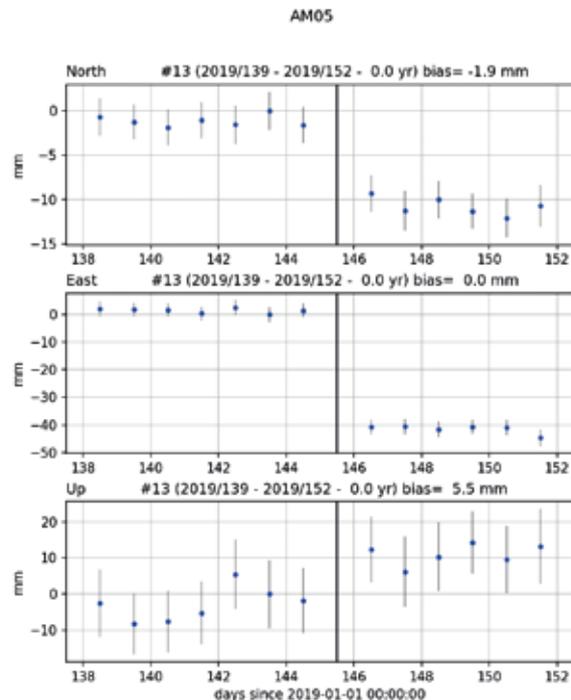
34	Llo1	-77	-12.1	3.6	0.2
35	Llo2	-77.2	-11.8	354	0.2
36	Llo3	-76.8	-12	348.7	0.2
37	Llo4	-76.8	-12.5	11.3	0.1
38	Llo5	-77.8	-10.7	332	0.4
39	LLo2	-79	-8.1	299	1.6
40	LRo1	-73.3	-3.8	107.6	0.9
41	LRo2	-76.6	-4.8	278.7	2.7
42	LRo3	-73.6	-4.5	61.4	0.1
43	LRo4	-73.7	-2.5	93.7	0.3
44	LRo5	-70.5	-3.9	97.5	0.9
45	LRo6	-75	-7.4	193.7	3.4
46	LRo7	-73.9	-5.1	281.6	1.7
47	LRo8	-71.9	-3.3	108.7	1.2
48	MDo1	-69.2	-12.6	52.1	0.1
49	MDo2	-71.4	-12.8	110.9	0.2
50	MDo3	-69.5	-11.4	71.6	0.1
51	MQo2	-71.3	-17.6	90	0.1
52	PAo1	-76.3	-10.7	6.7	0.2
53	PIo1	-80.6	-5.2	269.6	1.5
54	PIo3	-81.3	-4.6	263.9	1.1
55	PIo4	-79.5	-5.2	268.5	2.6
56	PIo6	-80.2	-4.7	266.3	1.5
57	PIo7	-80.8	-5.6	275.8	1.4
58	PUo2	-70.2	-15.5	71.6	0.2
59	PUo4	-70.4	-14.1	111	0.1
60	SMo1	-77	-6	293.2	4.1
61	SMo2	-76.7	-7.2	305.3	2.7
62	SMo3	-76.5	-8.2	309.1	1.2
63	TCo1	-70.3	-18	76	0.2
64	TUo2	-80.5	-3.6	260.7	1.1
65	UCo1	-74.5	-8.4	196	1.1
66	UCo2	-73.8	-10.7	176.6	0.2
67	UCo3	-73.1	-11.1	208.6	0.1

Tabla 2: Dirección y magnitud de desplazamiento (cm) de las ERP.

En la tabla 2 se puede observar los valores de desplazamiento y dirección de cada uno de las ERP afectadas por el sismo, mostrándose mayor desplazamiento para estaciones cercanas al epicentro como son las ERP de AM05, AM01, SM01, AM04, AM03, LR06, CJ02, LR02, CJ01, SM02, PI04, LB02, LB01 y LR07 cada una de ella en el orden de 4, 3 y

2 cm de desplazamiento en dirección noroeste, todas ellas perteneciendo a la zona norte del país; la zona central y sur no se vieron afectadas, solo ligeros desplazamiento en el nivel del milímetro.

En la Gráfica 1, se puede apreciar la serie temporal de la estación AM05, siendo esta la más afectada por el sismo, mostrándose en comportamiento posicional en la componente Norte, Este y Altura,



Gráfica 1: Serie de tiempo antes y después del sismo de la ERP AM05.

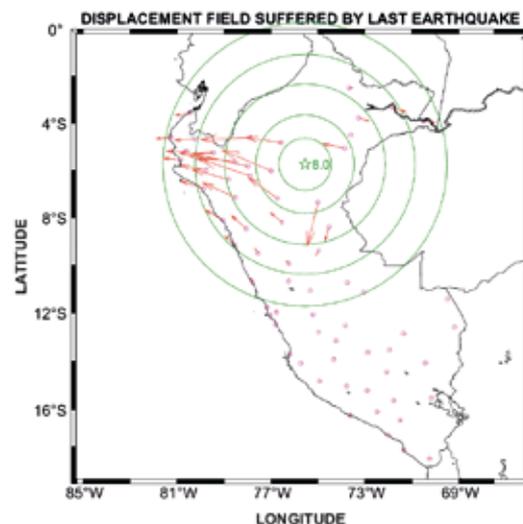


Figura 6: Distribución de densidad de desplazamiento

desplazándose 1.1 cm de Norte a Sur y 4.1 cm de Este a Oeste, verificándose una tendencia en dirección a la convergencia de placas, tal como ocurren con las estaciones de la zona norte del país, cuya tendencia es hacia la zona de convergencia de placas (Figura 4).

En la Figura 5 se muestra las magnitudes del desplazamiento, según la paleta de colores, los claros representan mayor magnitud de desplazamiento y la degradación al oscuro menos magnitud, es decir, el área más afectada está ubicada en la zona oeste del

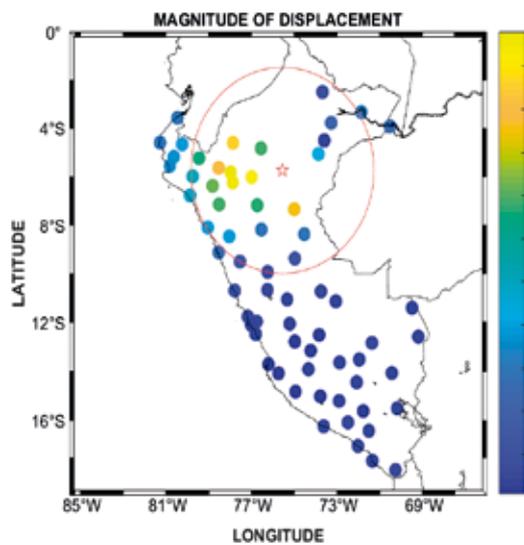


Figura 5: Magnitud de los desplazamientos

epicentro, mostrándose lo contrario en la zona este del epicentro cuyos desplazamientos son menores esto debido que es una zona donde presentan una morfología estratificada esponjosa y húmeda [4], con

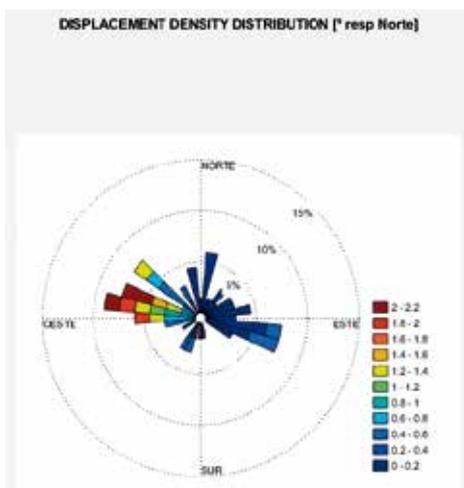
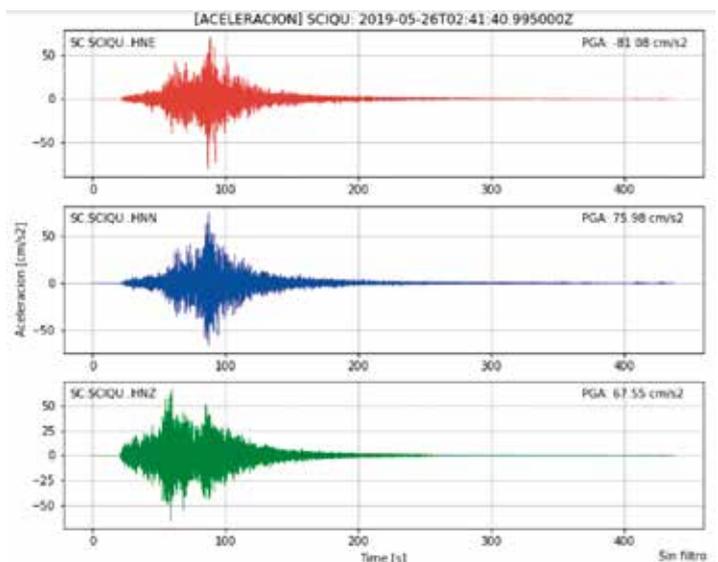


Figura 6: Distribución de densidad de desplazamiento

texturas gruesas y medias, esto permite que dicha zona se comporte como un resorte donde que pasa la onda e inmediatamente retorna a su posición original [5].

En la figura 6 se muestra la distribución de densidad de desplazamiento, verificándose cuyos desplazamientos tiene una tendencia dirección hacia el Oeste con un ligero movimiento hacia el norte.

Como información adicional se muestra en la gráfica 2 el comportamiento de las aceleraciones en el instante del evento sísmico captada por el acelerómetro SCIQUI de la Red Nacional de Acelerógrafos del CISMID – FIC – UNI (REDACIS) [6] esta información no solamente es útil para relacionar con los procedimientos presentados en este artículo, sino que existen autores que intentan utilizar sus propiedades de visualizar y analizar una señal en el dominio de la frecuencia como en el del tiempo (con resultados prometedores), para predecir otras características de interés geotécnica, tales como licuación de arenas [7]. El uso de historias de tiempo compatibles con espectros objetivos es muy importante en el campo de la ingeniería geotécnica, sobre todo en los análisis de licuación donde se presenta el exceso de presión de poro a cada ciclo de carga y descarga durante todo el evento sísmico.



Gráfica 2: Tiempo historia en las tres direcciones (EW [Rojo], NS [Azul] y Vertical [Verde]) de la estación SENCICO – IQUITOS (Fuente: SISMIID - SENCICO)

CONCLUSIONES

En resultados calculados se muestra el comportamiento de los desplazamientos de las estaciones GNSS durante una semana antes y después del terremoto de 8 Mw de magnitud; cada estación GNSS tiene una magnitud y dirección diferente en su desplazamiento alrededor del epicentro, la mayoría de las estaciones GNSS tienen un desplazamiento hacia el Noroeste, estas estaciones representan el 65% en la misma dirección, las otras estaciones presentan pequeños movimientos y hacia otras direcciones, esto debido que la composición del suelo no es uniforme, variando en distintas zonas. La estación GNSS con mayor desplazamiento es la AM05 con 4.1 cm al oeste y 1.1 cm al sur, CJ02 con 2,00 cm al oeste y 0,68 cm al oeste. Por otro lado, las estaciones GNSS que no se vieron afectadas en desplazamientos considerables son las que están ubicadas en la zona central y sur del país.

En este análisis, la conclusión final es que el procesamiento de datos de alta precisión nos puede mostrar buenos resultados a nivel milimétrico, el comportamiento y los desplazamientos de los puntos GNSS, muy importante para conocer la diferencia de estas y emplearlas para trabajos de geodesia y topografía, para trabajos de ingeniería de alta precisión.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Instituto Geográfico Nacional por haberme permitido ser parte del equipo técnico y científico en el desarrollo de la técnica GNSS de la institución y su aplicación en el desarrollo del país; esto me facultó muchas habilidades y destrezas para poder enfrentarme a otros mayores retos profesionales dentro y fuera del país.

REFERENCIAS

- [1] H. Tavera & E. Bufo. “Sismicidad sismotectónica de Perú”, Perú, 1998.
- [2] H. Tavera. “Sismo de Lagunas del 26 de mayo del 2019 (M8.0)”, Instituto Geofísico del Perú, 2019.
- [3] J. F. Moriano. “Materialización del Sistema de Referencia Terrestre Internacional en Argentina mediante observaciones GPS” (Doctoral disertación, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas), Argentina, 2000.
- [4] F. Rodríguez A. G. Paredes A. “Algunas propiedades físicas, químicas y mineralógicas de materiales sedimentarios recientes en un complejo de orillares del río Amazonas”, FOLIA AMAZONICA VOL. 4(2) – 1992, IIAP.
- [5] P. Carrillo P. “Influencia del suelo en la respuesta sísmica de estructuras”, SIDETUR, 2008.
- [6] Centro de observación para ingeniería sísmica (CEOIS) Red Nacional de Acelerógrafos (REDACIS). informe de los acelerómetros del sismo del 26 de mayo de 2019, mayo 2019.
- [7] Bal, I, E Smyrou, P Tasiopoulou y G Gazetas (2014), “Determination of liquefaction in time domain using wavelet analysis”. Proceedings of the 10th National Conference in Earthquake Engineering. DOI: 10.4231/D3JW86N60.

Institucionales



Ministro de Cultura recibió resultados del trabajo de levantamiento de información geoespacial realizado en Kuélap y El Imperio en Chachapoyas

El 26 de enero de 2021, el Doctor Alejandro Neyra Sánchez, Ministro de Cultura, recibió del jefe del IGN los resultados del levantamiento de información geoespacial en Kuélap y el Imperio, realizado con ayuda de tecnología LiDAR e inteligencia artificial. El uso de esta tecnología en la arqueología, permite obtener información en zonas tan complejas de estudiar por su topografía y vegetación como es el caso de la cultura Chachapoyas y otras regiones del Perú.

Ceremonia por el 93° aniversario del Instituto Panamericano de Geografía e Historia e instalación de la Sección Nacional IPGH-Perú

El 05 de febrero de 2021, se llevó a cabo la ceremonia virtual por el 93° aniversario del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) e instalación de la Sección Nacional IPGH-Perú 2021, el acto estuvo presidido por el General de Brigada Fernando Portillo Romero, Presidente de la Sección Nacional IPGH-Perú.



Entrega de Mapa Físico, Político y de las Divisiones de Ejército a escala 1: 1' 000,000 al Comandante General del Ejército

El 07 de abril de 2021, el señor General de Ejército Manuel Gómez de la Torre Aranibar, Comandante General del Ejército del Perú, visitó las instalaciones del IGN, donde recibió la nueva edición 2021 del Mapa Físico, Político y de las Divisiones de Ejército a escala 1: 1' 000,000, edición que fue elaborada con motivo del Bicentenario de la Independencia del Perú.



Instituto Geográfico Nacional: "100 años del inicio de la Primera Carta Básica Nacional a escala 1:100 000"

El 10 de mayo de 2021, con la presencia del viceministro de Políticas para la Defensa, Dr. Manuel Gustavo Mesones Castelo, se llevó a cabo la Ceremonia Virtual por cumplirse 100 años en que el Estado Peruano encargó al Servicio Geográfico del Ejército, la honrosa misión de elaborar la Carta Nacional de nuestro país. También estuvieron presentes, miembros del Ejército, past jefes del Instituto Geográfico Nacional, autoridades de entidades públicas y privadas; y personal militar y civil de la institución.

Alumnos del Programa de Segunda Especialidad Profesional de Infantería de Marina visitaron el IGN

El 04 de agosto de 2021, alumnos del Programa de Segunda Especialidad Profesional de Infantería de Marina de la Marina de Guerra del Perú, visitaron las instalaciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN) con el propósito de profundizar sus conocimientos sobre el proceso cartográfico y su importancia en el desarrollo y la defensa nacional. Para finalizar la visita recibieron una demostración sobre el manejo y uso de drones.



Alumnos del Programa de Segunda Especialidad Profesional de Infantería de Marina visitaron el IGN

El 07 de setiembre de 2021, el Calm. Roberto Sandro Jiménez Torreblanca director de la Dirección de Hidrografía y Navegación (DIHIDRONAV), de la Marina de Guerra del Perú, visitó las instalaciones del IGN, con el objetivo de conocer sobre la labor cartográfica del IGN y su importancia en el desarrollo y la defensa nacional. Además, para coordinar la generación de espacios de trabajo mutuo, que permitan unificar esfuerzos para mejorar la calidad de los servicios que brindan a la sociedad en sus ámbitos de trabajo.

El IGN presente en el VIII SITDEF 2021

El 28 de octubre de 2021, el Presidente de la República Pedro Castillo Terrones dio por inaugurado el VIII Salón Internacional de Tecnología para la Defensa y Prevención de Desastres 2021 (VIII SITDEF 2021), en el Cuartel General del Ejército.

El Instituto Geográfico Nacional (IGN), se encuentra presente en el pabellón Wari, donde mostrará a la población en general y a la comunidad científica su labor en la prevención de riesgos y desastres en nuestro país, a través de la cartografía especial de emergencia elaborada a base de drones.



"Perú, país anfitrión de la 22° Asamblea General del Instituto Panamericano de Geografía e Historia-IPGH"

En el marco de los acuerdos establecidos en la 48° Reunión del Consejo Directivo del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), realizado en la ciudad Santa Cruz – Bolivia en el año 2018, el Instituto Geográfico Nacional organizó y participó en las reuniones de las comisiones de Cartografía, Geografía, Historia y Geofísica realizadas del 18 al 22 de noviembre del presente año, así como en la Asamblea General realizada el 27 de noviembre de 2021. Ambas reuniones contaron con la presencia virtual de representantes de 19 naciones americanas.

Instituto Geográfico Nacional fue anfitrión del Simposio SIRGAS 2021

En el marco del centenario del inicio de la elaboración de la Carta Nacional, el Instituto Geográfico Nacional se desempeñó exitosamente como anfitrión del Simposio SIRGAS 2021, el cual se realizó en forma virtual, del 29 de noviembre al 1 de diciembre. En este simposio se anunció que el IGN, a partir del año 2022 adopta la condición de Centro Local de Procesamiento SIRGAS también conocido como Centro Oficial de Procesamiento SIRGAS. Cabe indicar que esta actividad se constituyó en un espacio para que estudiantes de graduación, maestría, doctorado y entidades científicas en general, presenten a la comunidad científica internacional los avances alcanzados y las líneas de investigación que vienen desarrollándose en temas relacionados con la Geodesia.





Trimble R12i - Receptor GPS/GNSS

Trimble ProPoint: Diseñado para proporcionar la mejor exactitud y productividad en entornos GNSS difíciles.

Trimble Inertial Platform (TIP): Compensación de la inclinación basada en el IMU



Trimble Alloy - Receptor GPS/GNSS para estaciones de referencia

Lo último en tecnología de rastreo y potencia de procesamiento. Compatible con las señales GNSS existentes y planeadas. Más de 60 bases Trimble instaladas en el Perú y unidas por el potente software Pivot



- ▶ GPS/GNSS Diferenciales
- ▶ Gravímetros Absolutos Relativos
- ▶ Estaciones Permanentes
- ▶ Estaciones Totales
- ▶ Escáneres Láser 3D
- ▶ Drones Profesionales
- ▶ Georadares/GPR
- ▶ Acelerógrafos y Sismómetros
- ▶ Resistivímetros y Magnetómetros
- ▶ Instrumentos Hidrometeorológicos
- ▶ Instrumentos Oceanográficos
- ▶ Ecosondas Batimétricas



www.isetek.com.pe



ventas@isetek.com.pe



(51 1) 205-3000



"Aliados Tecnológicos para el crecimiento de tu empresa"

16 años
rindiendo tecnología a todo el Perú

Servicios

Soporte TIC



Alquiler TIC



Arrendamiento Tecnológico



Saludamos al

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

por su 100° Aniversario de creación institucional

Generando Información Geoespacial para la Defensa y el Desarrollo Sostenible

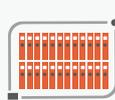


Soluciones

Servidores



Almacenamiento



Respaldo



Redes



Virtualización



Cómputo



Data Center



ventas@t4ap.com / licitaciones@t4ap.com.pe



01 427 0998 / 996 502 385

Global Mapping



 *El inicio de todo buen proyecto ...*

NUESTROS SERVICIOS



LiDAR



Diseños de
Ingeniería



Topografía



Fotogrametría



Cuadrillas
Topográficas

NUESTROS VALORES



TECNOLOGÍA

Innovación para brindar servicios que se ajustan a sus necesidades de tiempo, precisión y costo.



CALIDAD
Y PRECISIÓN

Desarrollar cada proyecto con los más altos estándares de calidad y en conformidad con las normas técnicas nacionales e internacionales.



CONFIANZA

Experiencia y trato personal para gestionar proyectos considerando escala y sensibilidad de la operación.

Encuétranos  
www.globalmapping.biz
info@globalmapping.biz



Socio cooperador
IPGH



Miembro ISPRS



T. (511) 226 -2615 / 226-2614
Calle 31 N° 135 Of. 201 - 202
Urb. Corpac | San Isidro - Perú