

**LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE FOTOGRAMETRÍA
AÉREA CON DRON Y MEDICIONES GPS
DEL DISTRITO DE SAN PEDRO DE HUACARPANA, ICA**



Lima – Perú

2020

Presidente Ejecutivo

Dr. Hernando Tavera Huarache

Director Científico

Dr. Danny Scipión Castillo

Responsable del proyecto

Juan Carlos Gómez Ávalos

Ejecución del estudio

Juan Carlos Villegas Lanza

Wendy Quiroz Sifuentes

Rodrigo Pamo Díaz

Mijaell Berduzco Ancco

Instituto Geofísico del Perú

Calle Badajoz 169, Urb. Mayorazgo IV Etapa

Teléfono +51 1 317 23 00



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVO GENERAL	5
3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1 PRINCIPIO DE LA FOTOGAMETRÍA	6
4.2 PLANEACIÓN DE UN PROYECTO DE VUELO FOTOGAMÉTRICO	6
5. MATERIALES Y EQUIPOS	7
5.1 VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO	7
5.2 PUNTOS DE CONTROL GEODÉSICO.....	7
6. METODOLOGÍA	7
6.1 PLAN DE VUELO	8
6.2 SELECCIÓN, SEÑALIZACIÓN Y MEDICIÓN DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL.....	10
7. DATOS Y PROCESAMIENTO	11
7.1 PROCESAMIENTO DE PUNTOS DE FOTOCONTROL	11
7.2 PROCESAMIENTO DE LAS IMÁGENES AÉREAS.....	11
7.2.1 <i>Nube de puntos 3D</i>	12
7.2.2 <i>Modelo digital del terreno</i>	12
7.2.3 <i>Ortomosaico</i>	12
7.2.4 <i>Curvas de nivel</i>	13
8. RESULTADOS	13
8.1 COORDENADAS PRECISAS DE LOS PUNTOS DE FOTOCONTROL GPS	13
8.2 FOTOGAMETRÍA	14
8.2.1 <i>Modelo Digital del terreno</i>	14
8.2.2 <i>Ortomosaico</i>	16
8.2.3 <i>Curvas de nivel</i>	18
9. CONCLUSIONES	20
10. REFERENCIAS	20



LISTA DE MAPAS

- Mapa 1. Ubicación del área del estudio en la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica. La línea roja indica el límite del área de estudio, comprendiendo un área de 330ha.
- Mapa 2. Modelo Digital del Terreno de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica.
- Mapa 3. Ortomosaico de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica.
- Mapa 4. Curvas de nivel de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica.

LISTA DE FOTOS

- Foto 1. Fotografía aérea donde se logra divisar el punto de fotocontrol SPH7, debidamente señalizado (marca y número de punto de fotocontrol correspondiente) ubicado en la localidad de San Pedro de Huacarpana.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Planes de vuelo en el área de trabajo para la adquisición de las fotografías aéreas.
- Tabla 2. Coordenadas UTM de los puntos de fotocontrol y la base geodésica.

ABREVIATURAS

MDT	Modelo Digital del Terreno
MDS	Modelo Digital de Superficie
m	metros
mm	milímetros
VAN	Vehículo aéreo no tripulado

1. Introducción

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha realizado estudios geodinámicos y geotécnicos en 4 distritos de la provincia de Chincha (San Pedro de Huacarpana, Chavín, Alto Larán y San Juan de Yanac), con la finalidad de generar información que permita identificar y caracterizar las zonas donde podrían ocurrir deslizamientos, derrumbes, desbordes del río, entre otros, en el marco de convenio con FONDES.

En el presente estudio se ha realizado el levantamiento topográfico de la localidad de San Pedro de Huacarpana (330 ha de área), mediante la utilización de un dron y mediciones geodésicas RTK de puntos de fotocontrol, lo que ha permitido recolectar 1,536 fotografías y medir la posición de 8 puntos de control geodésicos. El procesamiento de datos se ha llevado a cabo mediante la técnica de fotogrametría, la cual permite integrar fotografías aéreas y georreferenciarlas con coordenadas precisas de los puntos de fotocontrol, para extraer información de alta resolución y precisión del relieve de la zona de estudio. En este informe se presenta una descripción de los principios de la fotogrametría, la metodología para recolección de datos, el procesamiento y finalmente los resultados del levantamiento topográfico de alta resolución de la localidad de San Pedro de Huacarpana. Los productos obtenidos consisten en un modelo digital del terreno, una ortofoto y curvas de nivel de alta precisión que sirven de base para la modelización y estudio de inundaciones, diseño de drenajes, planificación territorial, etc.

2. Objetivo General

Realizar el levantamiento topográfico de alta resolución (<17 cm/píxel) en el distrito de San Pedro de Huacarpana, en la provincia de Chincha, utilizando el método de fotogrametría aérea con dron y mediciones GPS.

3. Ubicación de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra situada en la localidad de San Pedro de Huacarpana, provincia de Chincha, departamento de Ica, entre las coordenadas UTM Este 428000 y 431200, Sur 8556400 y 8558800, a una elevación promedio de 3796 ms.n.m (verMapa 1).

4. Marco teórico

4.1 Principio de la fotogrametría

La fotogrametría es el arte, la ciencia y tecnología de obtener información de objetos físicos y su entorno, a través de procesos de registro, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos (Wolf and Dewitt, 2000; McGlone, 2004). Esta técnica se basa en proyectar la imagen registrada en una fotografía, de manera ortogonal sobre un plano de referencia, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central, que es la usada por las lentes (McEwen, 1968).

Para la ejecución de un proyecto fotogramétrico, se asume que la proyección central es perfecta, lo cual supone que: (a) No existe desviación de los rayos de luz que atraviesan los lentes de la cámara. (b) La imagen se proyecta sobre una superficie perfectamente plana. (c) La relación matemática que relaciona el objeto y su imagen se conoce con el nombre de principio de colinealidad. En los últimos años el uso de drones se ha ampliado considerablemente, debido a las diversas aplicaciones que tienen, haciendo, por ejemplo, que la fotogrametría aérea sea utilizada en muchas más áreas de las que inicialmente estaba disponible. Las técnicas que actualmente se utilizan se basan en las tradicionales, pero las exigencias, el equipamiento necesario y la dificultad de las maniobras, se han reducido sustancialmente.

La fotogrametría con drones permite adquirir información del relieve de la superficie del terreno, con la cual es posible elaborar mapas de alta resolución, realizar mediciones de longitudes, áreas, volúmenes, y hasta modelar superficies en 3D con alta precisión; pero con notables ventajas en términos de seguridad, tiempo y costo.

4.2 Planeación de un proyecto de vuelo fotogramétrico

Para garantizar una adecuada cobertura fotográfica del levantamiento topográfico de la zona de estudio es necesario realizar la planificación de un proyecto de vuelo fotogramétrico. Para ello, se deben considerar las condiciones atmosféricas locales, las características topográficas de la zona de estudio, sus límites, la escala del mapa a realizar, la precisión requerida, etc. Con esta información se determinan los parámetros del plan de vuelo, como son la altura, separación entre líneas, velocidad, entre otros.



5. Materiales y equipos

5.1 Vehículo aéreo no tripulado

Un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) o un dron, es una aeronave que tiene la habilidad de volar sin piloto a bordo (RAE, 2019a), la cual es controlada por ondas de radio mediante un control remoto localizado en tierra. El dron está equipado con accesorios tales como: cámara, luces led, baterías, hélices, protectores, entre otros; los cuales permiten realizar la adquisición de fotografías aéreas de la zona de estudio. En el presente estudio se ha utilizado, un dron modelo Phantom 4 pro, de un peso total de 1.4kg, con una cámara de 20 megapíxeles, que permite obtener imágenes de alta resolución (5000x4000 píxeles), un set de 6 baterías que garantizan una autonomía de vuelo de hasta 120 minutos en periodos de 20 minutos y un controlador remoto.

5.2 Puntos de control geodésico

Un punto de fotocontrol es un lugar físico en la superficie de la Tierra, del cual se conoce su posición en un sistema de coordenadas (USGS, 2014). Los puntos deben ser visibles en las fotografías aéreas ya que permiten realizar su georreferenciación. Para establecer la posible localización y número de puntos de fotocontrol se realizó la revisión de información sobre los rasgos geológicos, geográficos y accesibilidad a la zona de estudio. La posición de los puntos de fotocontrol fue medida utilizando un sistema GPS RTK, que consiste en un receptor GPS base y rover Trimble R8, un colector de datos, un bastón de 1.80 m de longitud y accesorios.

6. Metodología

El trabajo se ha desarrollado en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

Gabinete 1: Recopilación de información a partir de informes y reportes técnicos sobre la problemática del distrito de San Pedro de Huacarpana. Preparación de mapas de ubicación de la zona de estudio y elaboración de los planes de vuelo del dron y ubicación preliminar de los puntos de fotocontrol para la adquisición de información en campo.

Trabajos de campo: Reconocimiento del área de estudio, señalización, instalación, medición de los puntos de fotocontrol y ejecución de los planes de vuelo para la obtención de las fotografías aéreas.



Gabinete 2: Procesamiento de los datos geodésicos y fotogramétricos, obtención de productos cartográficos y elaboración del informe técnico.

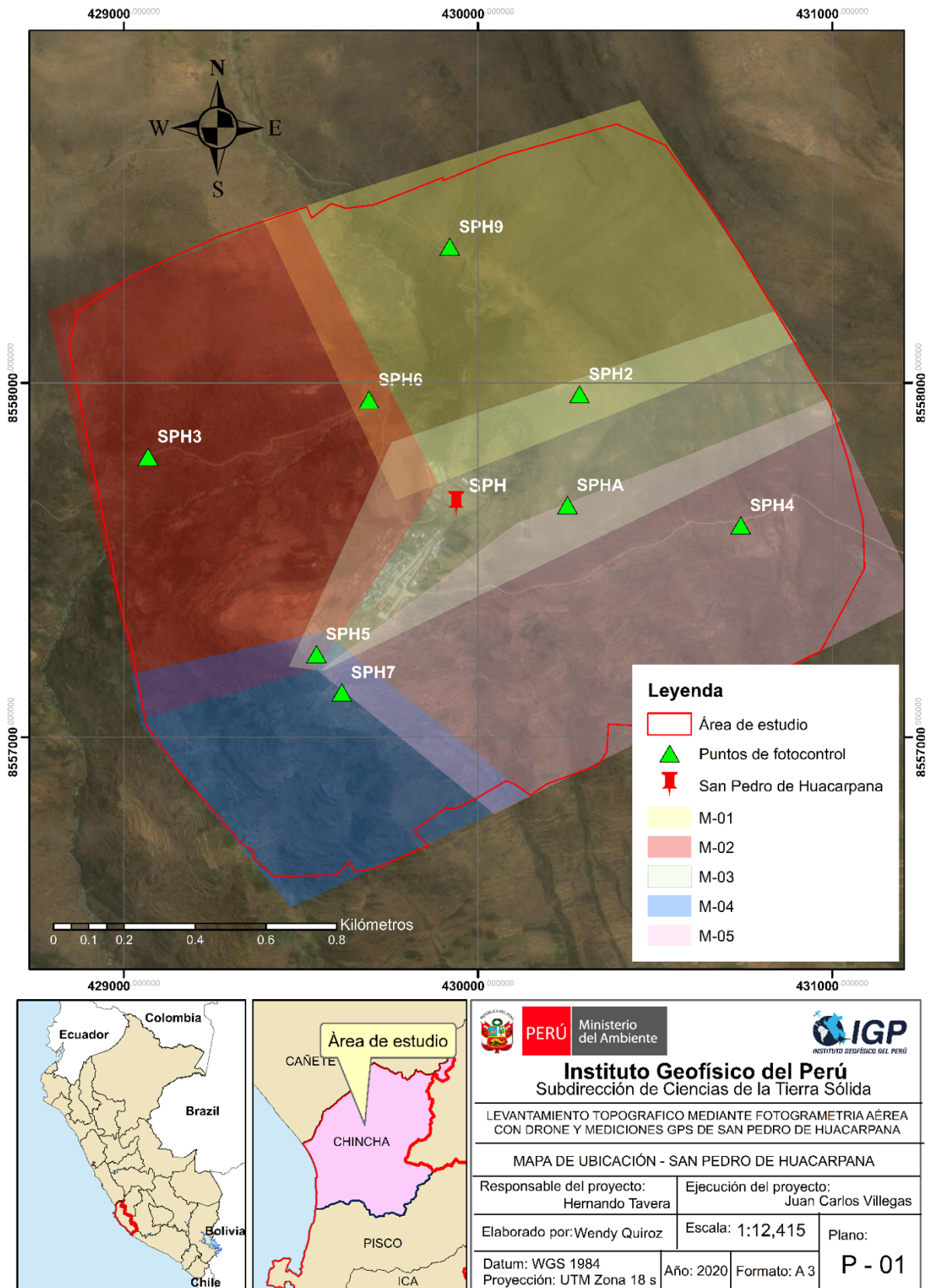
6.1 Planes de vuelo

Para llevar a cabo la adquisición de las fotografías aéreas se realizaron cinco planes de vuelo que cubren toda la zona de estudio (ver Tabla 1 y Mapa 1). Los planes de vuelo fueron creados con el software MapPilot versión 2.9.2. La ventaja de este software es que permite considerar el relieve casi real de la superficie del terreno durante la planificación del vuelo, lo que ayuda a evitar posibles impactos del dron. Para asegurar la conectividad entre el controlador remoto y el dron en todo momento se mantuvo contacto visual con el dron. Asimismo, se consideraron otros factores que se describen a continuación:

- Resolución de cámara: 20 megapíxeles
- Ground Sample Distance (GSD) o distancia de muestreo del suelo: 3.7 cm/píxel
- Altura de vuelo: 300 metros
- Traslape: 65% de traslape longitudinal y 65% de traslape transversal.
- Tiempo de vuelo: Por seguridad no mayor a 13 minutos.

Tabla 1. Planes de vuelo en zona de estudio para la adquisición de las fotografías aéreas.

Código	Área (ha)	Orientación de las líneas de vuelo
M-01	71.28	NE-SW
M-02	85.05	NE-SW
M-03	59.12	NE-SW
M-04	36.89	NE-SW
M-05	79.05	NE-SW



Mapa 1. Mapa de ubicación del área de estudio. La línea roja delimita el área de estudio, comprendiendo un área de 330ha. Los polígonos de color amarillo, rojo, verde, azul y rosado corresponden a los planes de vuelo M-01, M-02, M-03, M-04 y M-05 respectivamente. Los triángulos representan la ubicación de los puntos de fotocontrol.

6.2 Selección, señalización y medición de los puntos de fotocontrol

En base a la ubicación preliminar de los puntos de fotocontrol realizada en gabinete, donde se identificaron accesos, áreas de cultivo, pendientes, objetos, etc., una vez en campo se efectuó el reconocimiento del área de estudio y se constató que los lugares de medición propuestos fueran adecuados, y que se encontraran dentro de propiedad pública o privada, para lo cual se realizaron coordinaciones con las autoridades locales y los propietarios, a fin de solicitar las autorizaciones correspondientes. Luego, se realizó la señalización de los 8 puntos de fotocontrol, mediante marcas de yeso en forma de cruz dispuestas sobre el terreno, con dimensiones de 3 m de longitud y 30 cm de ancho (Foto 1). Posteriormente, se llevó a cabo la medición de la posición de los puntos de fotocontrol utilizando un set de instrumentos GPS Trimble R8 RTK (base-rover) en la modalidad de Post-Procesamiento Cinemático (PPK). La instalación de la estación Base SPHA se realizó sobre un punto fijo de coordenadas UTM conocidas, en donde se realizó la adquisición de datos de manera continua a un intervalo de muestreo de 1 segundo, de tal forma que los equipos base y rover registren datos de manera sincronizada. Finalmente, la medición de la posición de los puntos de control se realizó con el equipo GPS rover, el cual fue posicionado sobre el eje central de las marcas de yeso durante un intervalo de 3 segundos, realizando mediciones reiterativas a fin de corroborar y promediar los datos de posición.

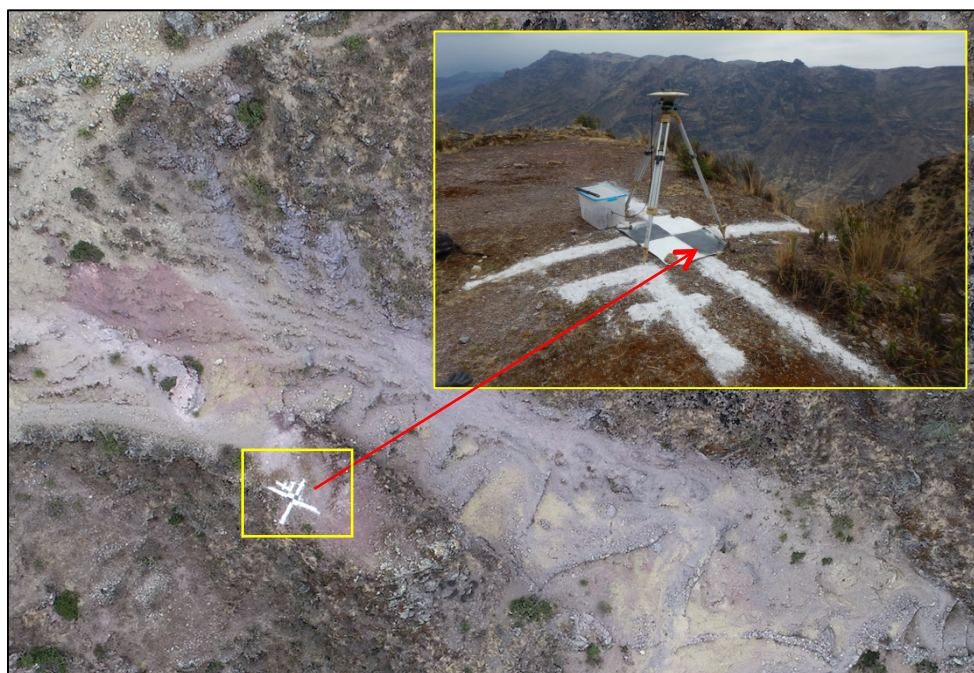


Foto 1. Fotografía aérea donde se logra divisar el punto de fotocontrol SPH7, debidamente señalizado (marca y número de punto de fotocontrol correspondiente) ubicado en la localidad de San Pedro de Huacarpana.



7. Datos y Procesamiento

7.1 Procesamiento de puntos de fotocontrol

Los trabajos de campo han permitido adquirir datos de posición de XX puntos de fotocontrol y de una estación GPS base. Para el procesamiento de datos y la obtención de coordenadas corregidas se utilizó el software Trimble Business Center (TBC). Este software realiza el cálculo de las coordenadas Este, Norte y Elevación de los puntos de fotocontrol mediante la determinación de líneas de base entre la estación GPS base (SPHA-Base) y cada uno de los puntos GPS de fotocontrol. Para ello, el software corrige el retraso de la señal producido por la tropósfera mediante el modelo Hopfield (1971), y realiza la resolución de ambigüedades utilizando los parámetros orbitales de los satélites a partir de las efemérides precisas que proporciona el Servicio Internacional GNSS (IGS) (Trimble survey division, 2012). Finalizado el procesamiento se obtuvo un reporte con las coordenadas corregidas de los puntos de fotocontrol con sus respectivos valores de precisión final.

7.2 Procesamiento de las imágenes aéreas

El levantamiento fotogramétrico con dron en la localidad de San Pedro de Huacarpana ha permitido obtener 1536 fotografías aéreas. Para el procesamiento de las imágenes se ha utilizado el software Agisoft Metashape 1.6.2, (versión libre). Este software permite procesar miles de fotos, corregir de forma automática errores sistemáticos de las imágenes y generar ortomosaicos georreferenciados de alta resolución y modelos digitales de terrenos de alta precisión y gran exactitud (valores submétricos). Para generar las curvas de nivel se utilizó el software QGIS versión 3.4.

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo en cuatro etapas; la primera consiste en la alineación de las imágenes y la generación de nube de puntos, a partir de la cual, se realizó la densificación y clasificación de estos. En la segunda etapa se efectuó la creación del Modelo Digital del Terreno (MDT); en la tercera etapa se creó el ortomosaico, y en la última etapa se generaron las curvas de nivel.

7.2.1 Nube de puntos 3D

Una nube de puntos 3D es un conjunto de puntos de una superficie muestreada, posicionados en tres dimensiones X, Y, Z, formando con exactitud milimétrica una entidad física y representando su superficie externa. Dicha nube contiene vasta información métrica sobre las superficies escaneadas, así como la relativa a su color y reflectividad del material. Para el presente estudio la densificación de la nube de puntos generada es de 8.5 puntos/m².

7.2.2 Modelo digital del terreno

Un modelo digital del terreno (MDT) es una representación digital de la superficie terrestre, el cual se puede generar con precisión utilizando fotogrametría mediante drones. Se denomina MDT al conjunto de capas (generalmente imágenes raster) que representan distintas características de la superficie terrestre derivadas de una capa de elevaciones, a la que se denomina Modelo Digital de Elevaciones (MDE), el cual representa la superficie del terreno libre de objetos como árboles, construcciones, autos, entre otros (Hutchinson & Gallant, 2000). Luego de la generación de la nube de puntos y el respectivo filtrado, se generó el Modelo Digital del Terreno.

7.2.3 Ortomosaico

Un mosaico es el proceso de combinar varias imágenes o fotografías creando una única composición. Se denomina ortomosaico cuando el mosaico es corregido de las distorsiones producidas por el relieve del terreno o de la propia altura de los elementos fotografiados. El ortomosaico constituye la proyección ortorrectificada en dos dimensiones de la zona de estudio. Para construir el ortomosaico se hizo uso del software Agisoft Metashape 1.6.2, se utilizaron 1536 fotos, este programa permite estimar la calidad de las imágenes, siendo el valor umbral de referencia de calidad 0.5, las fotografías por debajo de ese valor han sido removidas. Luego se alinean las fotos, se estima la posición de cada fotografía, se genera una nube de puntos densa de alta calidad y finalmente se eligen los parámetros para construcción de la ortofoto: modo de mezcla mosaico, tamaño del píxel predeterminado dado que es el que brinda la máxima resolución efectiva, división de bloques de 1024x1024 dado que el área de estudio es de solo 330ha.

7.2.4 Curvas de nivel

Son un sistema de representación de la superficie del terreno, siempre tiene tres dimensiones (largo, ancho y alto), Se definen como líneas imaginarias que resultan de intersectar un terreno con planos horizontales situados a distintas alturas. Dado que estos planos horizontales son imaginarios, las líneas de intersección están formadas por todos los puntos del relieve que se encuentran a la misma altura sobre un nivel de referencia, usualmente el nivel del mar. Las curvas de nivel con intervalos de 0.5m, se generaron a partir del Modelo Digital del Terreno, para lo cual se usó el software libre QGIS versión 3.4.

8. Resultados

8.1 Coordenadas precisas de los puntos de fotocontrol GPS

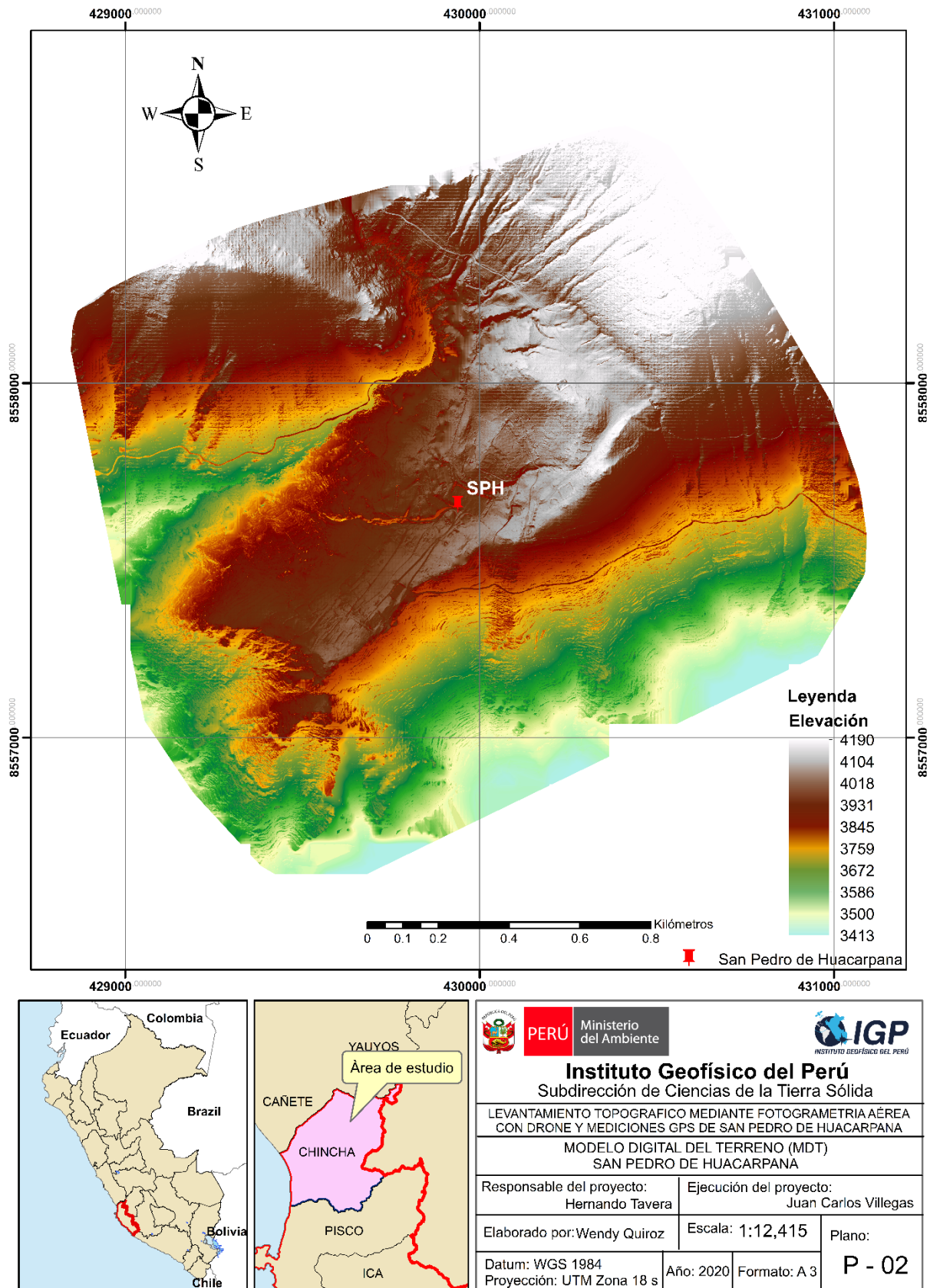
Se obtuvieron coordenadas de alta precisión de 07 puntos de fotocontrol. En la Tabla 2 se presentan las coordenadas obtenidas en el sistema de proyección UTM zona 18S con precisión centimétrica de ± 3.6 cm en la componente horizontal y de ± 4 cm en la componente vertical. Estas coordenadas son utilizadas para la corrección y georreferenciación de imágenes en el procesamiento fotogramétrico.

LISTA DE PUNTOS DE FOTOCONTROL					
LOCALIDAD: San Pedro de Huacarpana PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica					
SISTEMA DE COORDENADAS					
NOMBRE: UTM DATUM: WGS 1984 ZONA: 18 (sur)					
ID	Este (Metro)	Norte (Metro)	Elevación (Metro)	Precisión Horizontal (m)	Precisión Vertical (m)
SPH2	430286.412	8557968.522	3929.323	0.003	0.005
SPH4	430741.597	8557598.654	3742.158	0.005	0.01
SPH5	429543.904	8557235.225	3815.531	0.003	0.007
SPH7	429615.406	8557126.864	3784.525	0.008	0.016
SPH9	429920.023	8558384.681	3900.932	0.005	0.013
SPH3	429068.420	8557792.357	3685.407	0.036	0.039
SPH6	429692.096	8557953.165	3749.106	0.009	0.02
SPHA	430252.343	8557655.623	3898.408	0.011	0.035

8.2 Fotogrametría

8.2.1 Modelo Digital del terreno

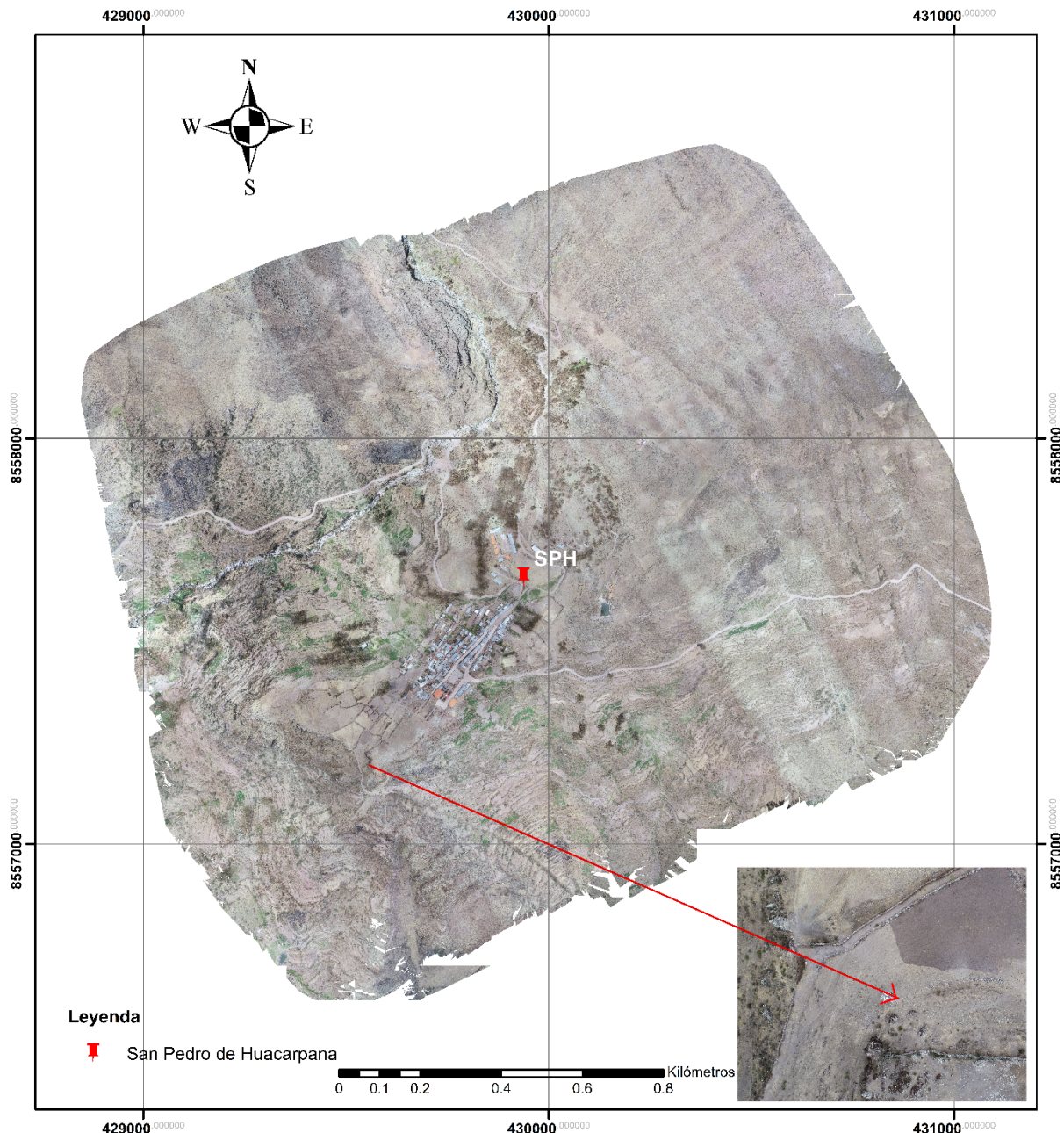
Se generó un modelo digital del terreno (MDT) para la localidad de San Pedro de Huacarpana, con una resolución espacial de 16.9cm/píxel. Este mapa contiene información de la superficie del terreno libre de edificios y árboles. En el mapa 2 se presenta el MDT en el que se observan tonalidades que varían de verdes para elevaciones inferiores a 3700 m s.nm. a amarillas para elevaciones entre 3650 m s.nm. hasta 3800 ms.nm. y a marrones para elevaciones superiores a 3800 m s. n. m. De acuerdo con estos resultados se aprecia que la zona de estudio se caracteriza por un topografía accidentada con pendientes pronunciadas y quebradas profundas La localidad de San Pedro de Huacarpana se sitúa en la parte central de la zona de estudio a una elevación promedio de 3820 m.



Mapa 2. Modelo Digital del Terreno de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica. El marcador de color rojo (SPH) denota la ubicación del centro de la localidad.

8.2.2 Ortomosaico

Se generó un ortomosaico para la localidad de San Pedro de Huacarpana (Mapa 3), con una resolución espacial de 3.49 cm/píxel. Este mapa a diferencia de Imágenes satelitales (PERUSAT, ASTER, LANDSAT, etc.) cuya resolución espacial es superior a 280 cm por píxel, permite identificar objetos de dimensiones mayores a 3.4 cm, tales como rocas, arbustos, árboles, viviendas rústicas, terrenos agrícolas, canales de riego, etc. Se observa que la zona de estudio se caracteriza por ser accidentada. En el sector Este predominan áreas eriazas y en el noroeste áreas de cultivo. En el sector Norte se logra distinguir un afluente del río Tantará. También se observa que la localidad de San Pedro de Huacarpana tiene una baja densidad poblacional y está rodeada por pequeñas áreas de cultivo.



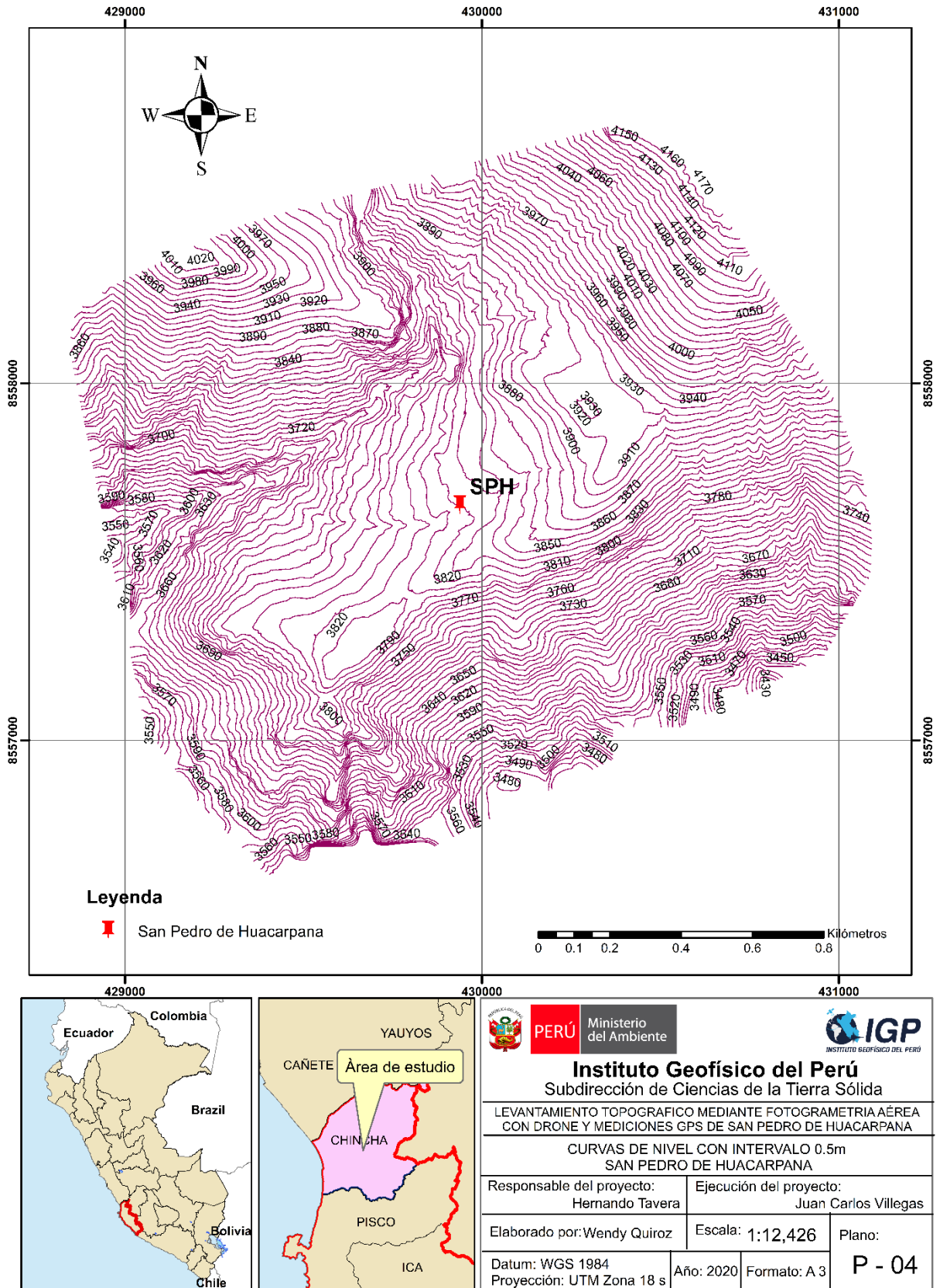
			Instituto Geofísico del Perú Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida		
			LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO MEDIANTE FOTOGRAFÍA AÉREA CON DRONE Y MEDICIONES GPS DE SAN PEDRO DE HUACARPANA ORTOFOTO SAN PEDRO DE HUACARPANA		
Responsable del proyecto: Hernando Tavera		Ejecución del proyecto: Juan Carlos Villegas			
Elaborado por: Wendy Quiroz		Escala: 1:12,415	Plano: P - 03		
Datum: WGS 1984 Proyección: UTM Zona 18 s		Año: 2020	Formato: A 3		

Mapa 3. Ortomosaico de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica. En la parte inferior derecha se incluye una captura de la ortofoto para evidenciar la alta resolución de la imagen.

8.2.3 Curvas de nivel

En el mapa 4 se presentan las curvas de nivel con intervalos cada 0.5 m. En general se observa que la topografía de la zona de estudio es accidentada propia de valles interandinos con elevaciones máximas de 4190 m en la zona noreste e inferiores a 3500 m en el sector oeste del valle. La localidad de San Pedro de Huacarpana se ubica en una zona de pendiente relativamente suave comparada con la de su entorno que presenta fuertes y pronunciadas pendientes.





Mapa 4. Curvas de nivel con intervalos de 0.5m de la localidad de San Pedro de Huacarpana en la provincia de Chincha, departamento de Ica.

9. Conclusiones

Se llevó a cabo el levantamiento topográfico de alta resolución mediante fotogrametría aérea con dron y mediciones GPS en el distrito de San Pedro de Huacarpana, provincia de Chincha, departamento de Ica, en un área de 330 ha aproximadamente. Los productos obtenidos consisten en: 01 modelo digital del terreno (MDT) con una resolución espacial de 16.9 cm/píxel, 01 ortomosaico con una resolución espacial de 3.4 cm/píxel y 01 mapa de curvas de nivel cada 0.5 m. De acuerdo con los resultados del MDT y el análisis de las curvas de nivel, las alturas máxima y mínima de la zonas de estudio son de 4190 y 3413 metros respectivamente. Los resultados evidencian que la zona de estudio en general se caracteriza por presentar una topografía accidentada, aunque la localidad de San Pedro de Huacarpana se ubica en una zona de pendiente relativamente suave a una elevación de 3820 m s.n.m. Finalmente, es importante destacar que estos productos tienen una mayor resolución que los productos generados por el satélite peruano PERU-SAT, cuya precisión espacial es de 70 cm/píxel en pancromático y 280 cm/píxel en multiespectral, lo cual representa una mejora del 76% y 95%, respectivamente. Al obtener una mayor resolución espacial es posible identificar una mayor cantidad de objetos en el área de estudio, con lo cual es posible realizar un análisis más detallado del terreno.

10. Referencias

1. Compendio estadístico del INDECI 2017. Gestión Reactiva. INDECI, 2017.
2. Hopfield, H. S. (1971). Tropospheric Effect on Electromagnetically Measured Range: Prediction from Surface Weather Data. *Radio Science*, 6(3), 357–367. <https://doi.org/10.1029/rs006i003p00357>
3. Hutchinson, M., & Gallant, J. (2000). Digital Elevation Models and Representation of Terrain Shape. In J. Wilson, & J. Gallant (Eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications* (pp.29–50). Recuperado de https://frew.eri.ucsb.edu/private/ESM263/week/7/Representation_of_terrain.pdf
4. McEwen Robert Barlow, *Orbital photogrammetry: a theoretical study of auxiliary data application*, Cornell University, June, 1968
5. McGlone., Mikhail, E., & Bethel, J. (2004). *Manual of photogrammetry* (5ª ed.) Bethesda, Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS).
6. Perú, Crecimiento y distribución de la población total, 2017. Censos Nacionales 2017. INEI, 2018.
7. RAE. (2019a). Dron. Recuperado 6 noviembre, 2019, de <https://dle.rae.es/?id=ED2QqnQ>
8. Trimble survey division. (2012, noviembre). Trimble HD-GNSS processing. Recuperado 12 diciembre, 2019, de http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-629483/022543-550_Trimble%20HD-GNSS%20White%20Paper%20-%20English.pdf
9. USGS. (2014). Ground Control Points. Recuperado 12 noviembre, 2019, de <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/ground-control-points>
10. Wolf, P.R. and Dewitt, B.A. (2000) *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. 3rd Edition.

