

NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DEL TERRITORIO: INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL AUSPICIADA POR COIFA

NEW TECHNOLOGIES FOR THE STUDY OF THE TERRITORY: I: INTERNATIONAL SUMMER SCHOOL SPONSORED BY COIFA

Deisy Coromoto Rebolledo López **Universidad de la Sierra Sur**

División de Postgrado-Programa Maestría en Planeación Estratégica Municipal
Guillermo Rojas Mijangos S/N, esquina Av. Universidad, Ciudad Universitaria,
Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oaxaca. México. C.P. 70805
Tel. 01 (951) 572 4100, ext. 209
www.unsis.edu.mx
deisyc.rebolledo@gmail.com

Pietro Grimaldi

Cultore di Fotogrammetria Architettonica del Politecnico di Bari/Comitato Internazionale Fotogrammetria
Architettonica
Bari - via Orabona, 4 – 70125 Bari – Italy
piero.grimaldi58@gmail.com

Francisco Guillermo Zucatelli **Universidade Federal de Santa Catarina**

Subdivisões de la Institución
Guillerme.zucatelli@ufsc.com

Resumen:

Los estudios del territorio y de sus elementos han sido, son y seguirán siendo de gran interés para la raza humana y a medida que el conocimiento avanza y el reto es que contribuya a enfrentar los diversos problemas o ineficiencias que existen en el logro de los estudios y proyectos de los territorios para un mayor aprovechamiento y protección de los diversos patrimonios; sean estos culturales o ecosistémicos. La *International Summer School* auspiciada por el *Comitato Internazionale Fotogrammetria Architettonica* (COIFA) y el Politécnico de Bari con apoyo de diversos ententes educativos, públicos y privados se inició en 2010 y ha estado acompañando a estudiantes y profesionales en el abordaje de los diversos problemas para el levantamiento de información y así generar soluciones multidisciplinarias, multiculturales para ambos patrimonios; y con las tecnologías más nuevas en cada año de su edición. Si se observa cómo se han realizado sus programaciones en esos nueve años puede visualizarse ese compromiso y su manera de abordarlo. La divulgación de estas tecnologías facilita a que el tomador de decisión en la planificación del estudio o proyecto tenga en sus manos un cúmulo de herramientas tecnológicas que le van a facilitar tomar la mejor decisión de acuerdo al proyecto de estudio, el tiempo disponible y a sus recursos económicos. Porque dada las diversas especificaciones y riqueza de equipos y de software, éstos deben ser elegidos muy cuidadosamente tanto técnica como económicamente porque la elección de cualquiera de éstas puede ser una buena o inadecuada selección para el producto obtenido y para la rentabilidad del estudio.

Palabras-clave: tecnología, territorio, usos del suelo, International Summer School.

Abstract

The studies of the territory and its elements have been, are and will continue to be of great interest for the human race and as the knowledge advances and the challenge is that it contributes to face the diverse problems or inefficiencies that exist in the achievement of studies and projects of the territories for a greater use and protection of the diverse patrimonies; be these cultural or ecosystemic. The International Summer School sponsored by the Comitato Internazionale Fotogrammetria Architettonica (COIFA) and the Polytechnic of Bari with the support of various educational, public and private entities began in 2010 and has been accompanying students and professionals in the approach to the various problems for the information gathering and thus generate multidisciplinary, multicultural solutions for both heritage; and with the newest technologies in each year of its edition. If you look at how your programming has been done in those nine years, you can visualize that commitment and the way you approach it. The dissemination of these technologies makes it easier for the decision-maker in the planning of the study or project to have in his hands a wealth of technological tools that will help him to make the best decision according to the study project, the time available and its resources. economic Because given the various specifications and richness of equipment and software, they must be chosen very carefully both technically and economically because the choice of any of these may be a good or inadequate selection for the product obtained and for the profitability of the study.

Keywords: technology, territory, land uses, International Summer School

1. INTRODUCCIÓN

El estudio del territorio siempre requiere de información generada mediante levantamiento geográfico o espacial y para llevarlo a cabo se necesita de planificación para así alcanzar un uso más eficiente u óptimo de los recursos (tiempo y dinero). El planificador de dicha actividad debe contar con amplio conocimiento y experiencia o disponer de un especialista que la posea. Este profesional debe elegir o seleccionar: información disponible de utilidad o interés, escala de trabajo, equipos, recursos humanos y el formato de representación del estudio (en físico (3D), digital o papel). Esto es de suma importancia porque contribuirá en la obtención de un producto de calidad: ya sea en cuanto a precisión, exactitud como en las exigencias del proyecto en tiempo; y en el uso de los recursos de manera eficiente y eficaz. Porque el hombre siempre ha buscado la manera de facilitar y de ser más eficiente en las actividades que desempeña tanto desde el punto de vista del uso del tiempo como del dinero; y este comportamiento no ha sido la excepción en el área de la exploración y estudio de los territorios y en sus recursos o elementos que lo contienen.

Los estudios del territorio y de sus elementos pueden estar en áreas rurales o urbanas y a su vez éstas puede ser: naturales como las protegidas (parques nacionales, monumentos naturales, reservas biológicas, reservas hídricas como cuencas hidrográficas, entre otras), agrícolas (bajo cultivos o en etapa de secano, forestales, producción agronómica vegetal o animal, acuícola, turística, minería, entre otras), urbanas (residenciales, comerciales, recreativas, educativas y de investigación, salud e industrial), culturales, tales como históricas, arquitectónicas o arqueológicas con usos de preservación de monumentos con intereses varios. También se pueden identificar los estudios y proyectos del territorio por su ubicación en los distintos sectores de la economía; tales como: en áreas económicas de los sectores primarios o agropecuario, secundarios o industrial, terciarios o de servicio y el cuarto; también reconocido como el de generación de conocimiento; porque siempre se requerirá hacer estudios de territorios y de sus elementos para diversos usos; tales como: urbanísticos, comunicación (trazado de redes como ductos, carreteras), puentes, obras hidráulicas, alcantarillado, riego y drenaje, entre otros (Pachas, 2009) específicamente para la planificación del territorio; y su estudio.

El logro de ese producto llamado estudio del territorio, indistintamente de su objetivo (planificación, construcción de una obra o diagnóstico de un proyecto o infraestructura, obra arqueológica, cultural o histórica existente, sean de la índole que sea), debe tener varias etapas, complementadas entre sí, tanto las realizadas en la oficina o gabinete como las llevadas a cabo en el campo o área del proyecto. Las primeras pasan desde la búsqueda de información existente o histórica sobre el proyecto hasta el área dónde se ubique pasando por recopilación, almacenamiento y procesamiento de información del proyecto así como de lugar donde se circunscriba y de influencia; y actividades vinculadas con el replanteo, construcción y ejecución del proyecto de interés, entre otras.

Las tecnologías para el estudio de los espacios territoriales y sus elementos ya sea para: identificación, ubicación, orientación, medición, usos pasados y actuales en las construcciones de infraestructuras y edificaciones han sido, son y seguirán siendo de mucho uso, interés e importancia porque facilitan la realización de éstas actividades. Estos equipos hoy día han modificado, de forma contundente, la manera de capturar, registrar, almacenar, procesar (Trejo, 2018); y de presentar los datos obtenidos. Los equipos que contienen estas tecnologías han sido diseñados con el uso de diversos principios de acuerdo a lo que se ha querido estudiar y de igual

manera el software que estas tecnologías necesitan o emplean. Por lo cual, éstos se han ideado para la mejor captura de datos, manipulación o procesamiento para la resolución de los problemas específicos y su representación para su mejor aprovechamiento en las tomas de decisión ya sea para el planificador del territorio o para el que esté velando por el cuidado del patrimonio sea natural o cultural (histórico, arqueológico, entre otros).

En relación a las tecnologías éstas usan mediciones directas, ondas electromagnéticas y de temperatura. Los primeros son como: plataformas (información capturada a través de satélites o vehículos aéreos no tripulados (VANT) o UAV (del inglés *unmanned aerial vehicle*) o comúnmente llamados drones) que captan imágenes o fotografías satelitales o aéreas (imágenes de satélites mediante ondas electromagnéticas y/o radar). Los que emplean ondas electromagnéticas expresadas como nubes de puntos (laser escáner en sus representaciones lineales 2D y nubes de puntos o 3D como los equipos 3D *Mapping Manage & Share 3D Mapping Data, All In One Platform, Faro Focus3D X 330*), Sistema de Posicionamiento Global o también conocido en el idioma inglés como *Global Positioning System* (GPS), y los que miden o muestran emisiones de temperaturas de los cuerpos (termocámaras para grandes infraestructuras como una represas así como para medianos elementos como un edificio, escultura o más pequeñas como el caso de una vasija de barro) y los radares, como el georadar capaces de penetrar diversas profundidades según sus especificaciones técnicas.

La *International Summer School* auspiciada por el *Comitato Internazionale Fotogrammetria Archittonica* (COIFA) se inició en el año 2010 (Tabla 1) y desde esa fecha en las manos del Profesor Pietro Grimaldi (Politécnico de Bari (ver <http://coifa.it> y <http://stereofot.it/>) viene realizando la divulgación de estas tecnologías como una encomiable obra; aunque ha habido varios antecedentes (<http://stereofot.it/filmati/monsAmato.html>) que han expuesto la importancia de la fotogrametría y de la importancia de la Escuela. Estas actividades son de gran valor porque imparte conocimiento sobre las nuevas mentalidades para el estudio del territorio y de los elementos que lo contienen, en la generación de información cuantitativa como cualitativa; y así obtener métricas más precisas, con uso de menos tiempo y recursos económicos. Monseñor Amato, en 2º *Convegno Internazionale di Fotogrammetria Archittonica* (1993) afirmó enfáticamente que las Escuelas tienen una exigencia fundamental; y éstas las identifica como pasos con el mismo nivel jerárquico ya que a los tres los denomina primer paso y son: primer paso para la conciencia, primer paso para advertir como se debe intervenir y primer paso para poder planificar o programar. Lo afirmado por Monseñor Amato es lo que la COIFA, el Politécnico de Bari-Italia y en unión a un grupo de empresarios privados e instituciones públicas vienen desempeñando en la *International Summer School* desde 2010; y de la mano del Profesor Grimaldi. Esta Escuela ha formado a más de 400 personas en el uso de nuevas tecnologías para el levantamiento de información geoespacial en estos últimos nueve años. Estos estudiantes y profesionales en su mayoría jóvenes menores de 30 años, procedentes de diversos continentes, países; multiculturales y multidisciplinares; con sed de conocimiento y atrevidos para usar y así aprovechar estas tecnologías. Además, éstos vienen de diversas áreas del conocimiento (urbanistas, arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros agrónomos, licenciados en artes, arqueólogos, antropólogos, geómetras, entre otros); de diversas áreas de aplicación del conocimiento ya sea desde lo académico hasta lo profesional y dentro de éste de sectores público y privado; y siempre con un factor común: *la necesidad de realizar levantamientos topográficos del territorio y de los elementos que lo contienen ya sea para proyectos nuevos, en ejecución o para el resguardo de elementos contenidos en los territorios con*

altos valores culturales o ambientales; y superando barreras religiosas (ortodoxos, católicos, musulmanes, entre otras), idiomas (albanés, árabe, azerí, castellano, italiano, francés, pakistaní, portugués, ruso, rumano, turco, entre otros) en un mundo cada día más globalizado y unido. Es decir, la *International Summer School* ha logrado la conexión entre continentes, países diversidad de lenguas, religión, conocimientos académicos, edades con un factor común; el deseo de promover el uso de las nuevas tecnologías para el uso del territorio. Ésta ha, está y se aspira que prosiga, en su décima edición (Tabla 1), y mucho más, cumpliendo con la divulgación del conocimiento, preparación de técnicos y académicos en el conocimiento práctico mediante las exposiciones teóricas, prácticas y exposición de los diversos usos tanto de equipos como de software; como la ha venido haciendo, y de acuerdo a sus características y especificaciones técnicas en conjunción con la realidad de cada caso de estudio, como instrumentos esenciales en el estudio del territorio.

La *9th edition International Summer School* fue auspiciada por diversas instituciones educativas, empresas de ingeniería y de diversos países; tales como: Comitato Internazionale Fotogrammetria Architettonica-COIFA, Bari-Italia, Università Degli Studi di Bari Aldo Moro-Italia, King Abdulaziz University-Arabia Saudita, Politécnico di Bari-Italia, International Federation of Surveyors (IFS), Copenhagen-Dinamarca, Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Lecce-Italia, Collegio Geometri e Geometri Laureati Provincia di Matera-Italia, Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Bari-Italia, Soore University. Teherán-Irán, Collegio Provinciale Geometri e Geometri Laureati di Lucera-Italia, Research Institute of Cultural heritage and Tourism, Teherán-Irán, Universitatea de Științe Agricole Și Medicină Veterinară a Banatului Regele Mihai I al României din Timișuara-Rumanía, Allaodoleh Senmani Institute of Higher Education (ASIHE), Garmsar-Irán, Uniunea Geodizelor Din Rumanía, Bucare-Rumanía, CRG Rende Facile il Difficile, Castellammare di Stabia (Na)-Italia, Ingegneria di Sistemi (DIS), Grottaglie-Italia, Gematic Excellence (GEXCEL), web GIS Middle East Technical University, Ankara-Turquía, entre otras empresas e instituciones; y con la asistencia de participantes de varios países de: África, América, Asia y Europa; tales como: Albania, Arabia Saudita, Argelia, Azerbaiyán, Brasil, Irán, Italia, Mali, México, Pakistán, Rumania, Rusia, Siria, Turquía y Venezuela).

Este artículo pretende exponer algunos usos de las tecnologías para el estudio del territorio y en especial tecnologías y software expuestos en la *9th edition International Summer School from 23 to 31 of July 2018* efectuada en Alberobello, Bari, Grottaglie, Lecce, Lucera, Matera-Italia y otras técnicas como complemento a las expuestas en esta *International Summer School*.

2. TECNOLOGÍAS PARA EL ESTUDIO DEL TERRITORIO

El estudio del territorio requiere de información generada a través del levantamiento geoespacial y para su ejecución se requieren de herramientas tecnológicas que hoy en día tienen mayor aplicabilidad y a su vez fueron diseñadas con diversos principios, características y usos. Éstos pueden ser usados desde el levantamiento del territorio geoposicionando e identificando sus características y componentes hasta la identificación de problemas de fachadas antiguas compuestas por esculturas de gran valor como las de los Jardines de Versalles, París-Francia o las pirámides de México, Guatemala, ciudades como Machu Picchu-Perú. Las tecnologías que se

expondrán aquí serán algunas que se consideraron ampliar en relación a las expuestas en las diversas *International Summer School*, desde 2010 y que se pueden revisar para aprovechar ampliamente esta rica experiencia en la página WEB de COIFA (<http://coifa.it>); además, las fechas programadas para la 10^{ma} edición de la *International Summer School* (Tabla 1). Obsérvese la diversidad de temas abordados por las tecnologías y los contrastes de áreas de aplicación. En detalle al conectarse con estas páginas se logra, a su vez, descargar los programas de cada una de las escuelas, imágenes, videos y de igual manera diversos vídeos relacionados. A fin de mostrar algunas de las tecnologías más usadas, a continuación se exponen unas reseñas de algunas de las tecnologías vistas en la *International Summer School*.

2.1. *Satélites y sus imágenes*

Las imágenes de satélites son una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor instalado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en éste se procesan y transforman en imágenes que representan los elementos que conforman la superficie de La Tierra en diferentes escalas espaciales INEGI (s/f). Entre los satélites más conocidos y usados se identificaron Landsat con sus dos sensores, Landsat-TM y Landsat-MSS y el satélite llamado WorldView-3 junto al WorldView-2. WorldView-3 es el que usa Google Earth (Google Earth también usa imágenes provenientes de otras plataformas como de satélites, avionetas y coches). Esto le permite ofrecer su modo ‘*Street View*’ realizado con cámaras de 360°; colocadas en mochilas en las espaldas de personas y hasta en el lomo de ovejas en áreas montañosas (Pastor, s/f). Algunos de los usos de los satélites y de las imágenes de satélites identificados fueron los siguientes: (a) monitorear o evaluar o hacerle seguimiento a cambios de cobertura vegetal (Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2018) y del uso de la tierra (Farías, Márquez, Rey y Guevara, 2018), (Ponvert y Quan, 2013); tales como: cambio de uso de forestal a producción vegetal o ganadera o de estos usos a uso urbano y dentro de éste de residencial a comercial u otros usos (Ponvert y Quan, 2013), identificación de áreas quemadas (Anaya, Sione y Rodríguez-Montellano, 2018), estudios de la desertificación (Ponvert y Quan, 2013), (b) geomorfología fluvial (Markert y col., 2018). Éstos también se han llamados estudios de aspectos temporales en relación al uso de la tierra; (c) seguimiento al avance de los impactos ambientales de la huella de los impactos ambientales; por ejemplo el generado por la actividad agrícola; tales como: identificación de áreas bajo cultivos con requerimientos de agroquímicos, salinidad del suelo, áreas bajo riego, afectación de cultivos por plagas y/o enfermedades (Ponvert y Quan, 2013), (d) estudio y evaluación de una red de drenaje (Ponvert y Quan, 2013) y de sus áreas potencialmente inundadas, (e) identificación de las áreas más adecuadas para ubicar o no un proyecto sea éste desde preservación de ecosistemas hasta instalación de una planta nuclear pasando por lo recreativo, residencial, comercial, educativo o de salud, entre otras localizaciones en el territorio (Ponvert y Quan, 2013); y hasta para (f) combatir la contaminación lumínica (Zamorano y col., 2013). Tiene diversas ventajas y desventajas o limitaciones y se pueden revisar las publicaciones de León (2002), BBC (2017), INEGI (s/f), entre otros para la identificación de algunas de las ventajas; y García-Meléndez (2006), BBC (2017), Luque (2011) para conocer algunas limitaciones o desventajas.

Tabla 1. Detalles de las diversas *International Summer School*

EDICIÓN Y FECHA	TEMA	LUGAR
1 ^{er} 23/08 al 03/09/2010	Nuove Tecnologie E Tutela Del Territorio Il Gruppo Intini Organizza Una Scuola Estiva Internazionale	Noci (Bari)
2 ^{da} 05 al 10/09/2011	Summer School 2011 - New Technology and Land Protection: Remote Sensing and Architectonic Survey	Noci, a Matera, a Brindisi e a Cannole (Lecce)
3 ^{era} 25/07 al 04/08/2012	"Nuove Tecnologie e Tutela del Territorio: Rilevare per Progettare"	Laterza, Grottaglie (Taranto), Presicce (Lecce) y Bari,
4 ^{ta} 27/07 al 03/08/2013	Rilevare per Progettare: Nuove Tecnologie e Salvaguardia del Territorio Puglia Trat X Tran tratturi per transumanza	Puglia
5 ^{ta} 17/07 al 26/07/2014	Survey for Planning: New Technologies and Land Protection Knowledge Habitat for Living	Formia (Latina), Castellana Grotte, Locorotondo, Alberobello, Noci (Bari)
6 ^{ta} 12 al 24/07/2015	Rilevare per Progettare: Nuove Tecnologie e Salvaguardia del Territorio Conoscere il Passato per Costruire il Futuro: Territorio e Prodotti	Milano, Pisa, Alberobello, Locorotondo, Castellana Grotte (Bari), Matera e Laterza (Taranto)
7 ^{ma} 18/06 al 01/07/2016	Rilevare per Progettare: Nuove Tecnologie e Salvaguardia del Territorio H ₂ O = Vita rilevare con nuove tecnologie. Territori Percorsi Cisterne/ Fogge. per raccolta, distribuzione e conservazione dell'Acqua	Latina, Sabaudia, Roma, Policoro-Metaponto-Matera, Bari, Castellana Grotte, Grottaglie, Alberobello
8 ^{va} 24/07 a 03/08/2017	Survey for Planning: New Technologies and Land Protection for Life: Water Ways	Alberobello, Bari, Grottaglie, Laterza, Matera, Noci
9 ^{na} 23 al 31/07/2018	Survey for Planning: New Technologies and Land Protection roads, routes and tracks in ancient age	Alberobello, Bari, Grottaglie, Lecce, Lucera, Matera
10 ^{ma} 22/07 a 03/08/2019	Survey for Planning: New Technologies and Land Protection	Basilicata, Puglia, Sicilia

Fuente: Elaborado a partir de <http://coifa.it>

2.2. Drone

El Drone conocidos como vehículos aéreos no tripulados (VANT) o *unmanned aerial vehicle* (UAV). Los cuales pueden tomar imágenes fotográficas a través de cámaras especiales u otros elementos sensores (Meléndez, 2008) y expresadas en diferentes longitudes de ondas es únicamente una plataforma portadora de algún tipo de sensor que tiene por finalidad la obtención de datos geospaciales (Addati y Pérez, 2014). Estos dispositivos permiten el desarrollo autónomo o semiautónomo del levantamiento de información espacial o misiones.

Los elementos que forman parte de las aeronaves no tripuladas son instrumentación para el guiado, navegación y control; las comunicaciones o sistemas de alimentación (Barrientos y col., 2007). Los modelos más usados son aparatos de bajo costo y dimensiones que se mantienen en el aire de forma estable gracias al uso de cuatro rotores en general, tiene una conexión wifi y una aplicación disponible para smartphones y tabletas con los sistemas operativos Android e iOSes. Éstos son también llamados multicóptero, cuadricópteros, cuadirrotor o quadrotor. Usado en misiones autónomas o semiautónomas de diferentes tipos; tales como: (a) espionaje para uso militar en defensa y seguridad de países como en lo ambiental, agrícola en aspectos de apoyo (<https://www.youtube.com/watch?v=KVT8QnCQdd4>) (b) combate de incendios en áreas forestales (Addati y Pérez, 2014), (c) labores de vigilancia y detención de piromaniacos en áreas forestales (Addati y Pérez, 2014), (d) inspección del estado de mantenimiento de oleoductos, redes eléctricas de alta tensión, (e) atención de la salud (primeros auxilios o atenciones ante infarto, (<https://www.youtube.com/watch?v=sMWJRbgAa>), (f) en eventos familiares e institucionales y según Chuquiguanga, González y Sellers (2017) en (g) la determinación de ilegalidades urbanísticas, (h) creación del catastro urbano a partir de las ortofotografías generadas como base cartográfica para mapas a grandes escalas, (i) levantamiento cartográfico a escala detallada en un bosque tropical a fin de cuantificar el almacenamiento de CO₂ en su biomasa (Romero y Villa, 2017).), y (j) en estudios de deslizamientos, riesgos diseño y gestión vial, modelamiento 3D, fotogrametría. Se le ha identificado diversas ventajas y desventajas o limitaciones y se pueden revisar las publicaciones de Chuquiguanga, González y Sellers (2017) para la identificación de algunas de las ventajas; y (Barrientos y col., 2007) para conocer algunas limitaciones o desventajas.

2.3. Sistema de Posicionamiento Global

El Sistema de Posicionamiento Global, también conocido como *Global Positioning System* (GPS) (GPS) es una herramienta que ayuda a determinar la ubicación de cualquier punto en La Tierra mediante coordenadas geográficas o sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) o *Universal Transverse Mercator*. Las señales enviadas por los satélites son captadas por el receptor GPS, que muestra la posición geográfica o UTM del lugar donde se encuentra el observador. Esto es posible desde el momento en que el receptor capta al mismo tiempo por lo menos cuatro satélites.

Los GPS reciben información de 24 satélites que recorren o atraviesan constantemente el globo terráqueo, con el sistema GPS (sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de La Tierra y sin requerir otra referencia, se identifica en el mundo como WGS84). No obstante, la tendencia es de llevar esos 24 satélites a 48 (mediante la incorporación de 24 satélites de la Federación Rusa) (Gestraking, s/f). Tiene una diversidad de usos y en diversas

áreas; tales como: (a) topografía, (b) transporte (aviación, terrestre (ferroviarios) y marítima), (c) comunicaciones, (d) medio ambiente, (e) agricultura de precisión, (f) servicios de emergencia. Otros usos son (g) aplicaciones marítimas, (h) investigación (geodesia, topografía en áreas que implique la necesidad de ubicar geoespacialmente el elemento de estudio), (i) actividades turísticas o recreacionistas (excursiones) (Berné, Angela y Garrido, 2016), (j) en sistemas de localización de vehículos, en todo tipo de vehículos (Inversora Nacional, s/f), (k) para medir y analizar deformaciones corticales asociadas a sismos (Miranda, Taípe, Cruz y Huanca, 2018), (l) en estudios de riesgos naturales, deslizamientos de ladera rápidos y caída de bloques rocosos porque éstos tienen un gran potencial de causar daños y es pertinente monitorear pero alejado del riesgo (Buill, Núñez-Andrés, Lantada y Prades, 2016). El 95% de su uso está en el transporte y en la geolocalización (integrado en celulares y en automóviles) (Gestraking, s/f). Se le ha identificado diversas ventajas y desventajas o limitaciones y se pueden revisar las publicaciones de Tipula y Osoro (2006) para la identificación de algunas de las ventajas; y la página WEB (<http://ailyndonoso.blogspot.com/2010/12/limitaciones-de-los-gps.html>) para conocer limitaciones o desventajas.

2.4. Estación Total

La Estación Total constituye el instrumento universal moderno en la práctica de la Topografía, porque ya no se usa teodolitos; y es utilizable para cualquier tipo de levantamiento topográfico de manera rápida y precisa; y el vaciado de datos de campo está libre de error (Pachas, 2009). Está integrado por cuatro aparatos en uno solo con el objetivo de facilitar y eficientar los procesos topográficos de campo porque integra en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico, un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno. Estos aparatos son: distanciómetro laser, computadora, nivel de precisión y teodolito. Éste obtiene promedios de mediciones múltiples angulares y de distancias, corrección electrónica de distancias por constantes de prisma, presión atmosférica y temperatura, correcciones por curvatura y refracción terrestre, reducción de la distancia inclinada a sus componentes horizontal y vertical así como el cálculo de coordenadas de los puntos levantados. Además, su medición espacial permite una precisión laser en distancias y una precisión digital en los ángulos, a diferencia del teodolito y el nivel que utilizan una precisión óptica para medición de ángulos y distancias; y esto evita la realización de cálculos complejos o con el software CAD (Hernández, 2011).

La Estación Total es utilizada tanto en levantamientos planimétricos como altimétricos, independientemente del tamaño del proyecto; y hoy en día se utilizan juntos al GPS, este último, en principio, para el posicionamiento de puntos de control y la Estación para la obtención de la información topográfica de los punto de interés (Pachas, 2009). El uso es muy amplio porque puede ser usado para hacer cualquier levantamiento. En el catastro urbano es muy factible el uso de una Estación Total por el costo económico y el rendimiento; y no así en áreas rurales porque los costos de éstos se desfasan demasiado, volviéndose su aplicabilidad ineficiente (Hernández, 2011). Se han identificado algunas ventajas o beneficios; tales como: levantamientos rápidos y precisos, vaciado de datos de campo libre de error, el cálculo se hace a través del software y el dibujo es asistido por computadora, garantizando así una presentación final. El producto es un

plano topográfico con formato claro, pulcro y en línea con las especificaciones técnicas requeridas. Usando este equipo se alcanza un levantamiento topográfico automatizado de principio a fin (Pachas, 2009). Además, se reconocen dos limitaciones una es la visibilidad de los vértices posteriores de los lotes, por lo que hay que combinar su uso con el uso de la cinta métrica y brújula para la medición de la geometría interna de los predios y su alto costo económico (Hernández, 2011). Existen diversos tipos de Estaciones Totales y su selección estará ajustada a las precisiones del proyecto así como al tiempo y dinero disponible (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de Estación Total

TIPOS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
Convencional (electrónica)	Pantalla alfanumérica, requiere prismas reflectantes. La plomada suele ser óptica. El distanciómetro es óptico-electrónico (EDM).	Sensible a la lluvia. La transmisión de datos se hace por USB o Bluetooth
Medición Laser	Plomada Laser. Mejor resistencia al medioambiente. Función de medición sin prisma. Medidor electrónico de ángulos.	La distancia horizontal, la diferencia de alturas y las coordenadas se calculan automáticamente.
Con GPS	El sistema de navegación satelital permite controlar el instrumento desde un lugar independiente.	No funciona en interiores ni debajo de coberturas vegetales muy densas, como los ecosistemas de selvas nubladas.
Robóticos	Medición sin prisma de hasta 2,000 metros. Registro fotográfico. Medición asistida con imagen y registro de datos.	Diseño avanzado, liviano y resistente.

Fuente: En <http://cursotopografia.blogspot.com/>

2.5. Láser escáner 3D

El Laser Escáner 3D es un instrumento topográfico que permite una captura de datos densa y con una resolución milimétrica; y es de uso habitual en proyectos de ingeniería de obras y de bienes culturales. En el mercado existen una diversidad de escáneres, marcas comerciales; y una cantidad cada vez mayor de software para manejar esta información y puede ser denominado 3D Laser Scanner, Escáner Láser, Escáner 3D, LIDAR Terrestre, *Closerange Laser Scanner*; *Ground-based Laser Scanner*; entre otros. El proceso que Laser Escáner emplea como herramienta de medición es denominada Levantamiento o Topografía de Alta Definición (*High-Definition Survey, HDS*), Escaneado Láser 3D (*3D Laser Scanning*), incluso también se puede encontrar como Digitalización Láser (Mañana-Borrazás, Blanco-Rotea y Rodríguez-Paz, 2009). Ha sido empleado en campos diversos, como: (a) construcción de barcos o coches, (b) diseños de infraestructuras industriales y civiles, (c) monitoreo de procesos geomorfológicos dinámicos: manto de nieve y heleros en áreas de montaña (Revuelto y col., 2013). Estos equipos se han usado ampliamente en

(d) documentación de varios elementos arqueológicos y arquitectónicos el campo del patrimonio cultural; tales como: construcciones históricas, excavaciones arqueológicas, registros de rocas de artes rupestres (permite documentar tridimensionalmente el soporte; porque tiene como gran ventaja que evitan las deformaciones que suelen conllevar la documentación de los grabados a través de calco y que están aparejadas a la necesidad de convertir una superficie tridimensional, como la roca, en una superficie bidimensional, el plástico que se extiende sobre esta superficie) (Mañana-Borrazás, Blanco-Rotea y Rodríguez-Paz, 2009). Se ha usado para el (e) levantamiento geotécnico (Buill y Andrés (2008), (f) estimar tasas de erosión históricas en dehesas (Rubio-Delgado y col., 2014), entre otros. Las ventajas y limitaciones o desventajas pueden revisarse en Mañana-Borrazás, Blanco-Rotea y Rodríguez-Paz (2009).

2.6. Radar de suelo

Radar de suelo, georadar o *Groud Penetrating Radar* (GPR) es un equipo que emite un pulso de energía electromagnética de alta frecuencia (entre 10 y 500 MHz). Es un método geofísico similar a la sísmica de reflexión cuyo principio es el siguiente: el equipo, generando un tren de ondas que se propaga en el subsuelo; y debido a cambios en la propiedades eléctricas de las diferentes litologías, en la composición mineralógica, y/o cambios de las características de la interfase entre diferentes litologías del suelo, son algunas de estas ondas reflejadas hacia la superficie; y una vez que son captadas por el receptor en superficie, un monitor refleja la energía recibida en función del tiempo de arribo entre la transmisión del tren de ondas y la recepción de las reflexiones, siendo esto función de la velocidad de propagación y de la profundidad de los reflectores en el subsuelo. Su uso ha sido para la ubicación de mantos de agua, como en la ubicación de la traza de una falla geológica activa. Así se tiene que en ambientes aluviales periglaciales a interglaciales recientes, la técnica parece revelar con bastante confiabilidad la ubicación de las trazas activas, así como establecer cualitativamente cuales de ellas son las de mayor actividad reciente (Audemard, y col., 2006).

2.7. Fotogrametría y Termocámara

En este artículo no se abordó el uso de la fotogrametría (ver Grimaldi, 2012). y termocámara por diversos motivos; sin embargo: en la WEB de COIFA (<http://coifa.it>) se exponen diversas experiencias tanto de las anteriores *International Summer School*; como en otras actividades. Éstas pueden revisarse a fin de ver principios teóricos, usos y aplicaciones.

3. DISCUSIÓN

Los levantamientos de información espacial tanto en 2D como en 3D superficiales como subterráneos están realizándose mediante una diversidad de técnicas, herramientas y software. Estos levantamientos pueden llevarse a cabo a través del uso de cinta métrica y brújula o acompañadas de un teodolito convencional o con un GPS (navegador) hasta con una Estación Total de gran precisión o Laser Escaner. Sin embargo, dada la riqueza de equipos y de software, éstos deben ser elegidos muy cuidadosamente tanto técnica como económicamente porque la elección de cualquiera de éstas puede ser una buena o inadecuada selección para la rentabilidad del estudio. Existen tecnologías y software que están a la disposición del usuario; tales como: de

acceso libre (imágenes de Google Earth pasando por las imágenes de satélites de libre acceso) como privadas, Landsat o Spot; unido a las obtenidas directamente como las de Estaciones Totales, Drones, Láser Escaner, Termocámara o Georadar. El responsable de la planificación del proyecto debe estar al tanto y saber en detalle las características del objeto o proyecto de estudio al igual que de su área de influencia porque éstas lo inducirán a la selección de la más adecuada en conjunción a la disponibilidad de tiempo y dinero; y ajustado a la normativa existente en el país que se esté realizando el estudio; como es el caso de la normativa para el uso de Drones o de la disponibilidad de imágenes que se puedan requerir porque este caso su limitación podría ser altos costos para la adquisición de imágenes actuales; por ejemplo para un estudio temporal de la ocupación del suelo ya sea en un área urbana o rural. Esto sucede con frecuencia en países con economías en crisis o paupérrima. En estos casos cuando se evalúa la situación generalmente se concluye que mejor es disponer de algo que de nada y se hacen análisis con la información de acceso libre como Google Earth.

4. COMENTARIOS

La *International Summer School* junto a COIFA, Politécnico de Bari y diversas instituciones actualmente llevan nueve años impartiendo conocimiento y más que conocimiento enseñando las diversas tecnologías, herramientas, equipos y software para diagnósticas y tomar decisiones y así alcanzar objetivos de preservación de bienes culturales y ambientales, sean éstos últimos de áreas agrícolas o para la protección natural.

Teniendo en cuenta que la solución de un problema tanto en la planificación de territorios no poblados como poblados o en monumentos culturales requiere de la combinación de varios de las tecnologías aquí expuestas y a su vez de que sean usadas de manera conjunta porque permiten la complementariedad se identifica que la *International Summer School* está cumpliendo este papel porque está formando las nuevas generaciones para la incorporación de estas tecnologías para resolver los graves problemas que cada día enfrenta el ser humano y por ende el profesional responsable de la planificación del territorio y de sus recursos. El trabajo de la *International Summer School* es encomiable porque cada día se requiere de un mayor número de profesionales preparados para enfrentar los diversos retos que están presentes o que se presentan; tales como: cambio climático en cual trae consigo afectación a edificios y esculturas de gran importancia así como un encadenamiento de efectos ambientales; tales como: inundaciones, desertificaciones, incendios con destrucción de ciudades con afectaciones de áreas agrícolas que sustentan a poblaciones; y en áreas protegidas como incendios en parques nacionales, invasiones, cambio de uso de la tierra; en sí cambios inimaginables.

La *International Summer School* es digna de seguir siendo apoyada y replicable porque es un ejemplo de la promulgación de la importancia de trabajos multicultural y multidisciplinar tanto para los bienes culturales como naturales o ecosistémicos.

Agradecimientos

A las diversas ediciones de la *International Summer School* a todos los que han hecho que esta Escuela tenga ya nueve años y en especial a todos los participantes de la 9^{na} edición de la *International Summer School* colaboradores, instituciones académicas, empresas, estudiantes y profesores.

Referencias bibliográficas

- ADDATI, G. A., & PÉREZ L., G. (2014). Introducción a los UAV's, Drones o VANTs de uso civil (No. 551). Serie Documentos de Trabajo, Universidad del CEMA. En <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/130802/1/799216895.pdf>
- ANAYA, J. A., SIONE, W. F., & RODRÍGUEZ-MONTELLANO, A. M. (2018). Identificación de áreas quemadas mediante el análisis de series de tiempo en el ámbito de computación en la nube. Revista de Teledetección, (51), 61-73. En <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105584/8618-38924-1-PB.pdf?sequence=4>
- AUDEMARD, F., R. OLLARVES, G. DÍAZ, M. BECHTOLD & A. CATALDI (2006). El georadar como herramienta para la definición de fallas activas: aplicación en el sector central de la falla de Boconó, estado Mérida, Venezuela. Rev. Fac. Ing. UCV v.21 n.4 Caracas dic. En http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652006000400006
- BARRIENTOS, A., DEL CERRO, J., GUTIÉRREZ, P., SAN MARTÍN, R., MARTÍNEZ, A., & ROSSI, C. Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, MADRID. 2007. <file:///C:/Users/DRA.%20DEYSI/Downloads/Veh%C3%ADculos%20a%C3%A9reos%20no%20tripulados%20para%20uso%20civil.%20Tecnolog%C3%ADa%20y%20aplicaciones.pdf>
- BBC MUNDO TECNOLOGÍA (20 de abril de 2017). Cómo es viajar por el mundo con el nuevo Google Earth (y las imágenes de la BBC). En <https://www.bbc.com/mundo/media-39655682>
- BERLANGA-ROBLES, C. A. & A RUIZ-LUNA. (2018). Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. Universidad. Publicaciones Uciencia, 23 (1):29-46,2007 En <http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/1334/1/-293-243-A.pdf>
- BERNÉ V., J. L.; ANQUELA J., A. B. & GARRIDO V., N. (2016). GNSS GPS: fundamentos y aplicación en Geomática. En https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/ea071aae-61fc-49fc-ba5e-164d2dfa39b3/TOC_0481_11_01.pdf?guest=true
- BUILL, F., NÚÑEZ ANDRÉS, M. A., LANTADA, N., & PRADES, A. (2016). Fotogrametría y videogrametría desde UAV para la captura de geoinformación en estudios geológicos. In Topografía y cartografía (Vol. 35, No. 174, pp. 47-53).
- 2º CONVEGNO INTERNAZIONALE DI FOTOGRAMMETRIA ARCHITETTONICA (1993). "LA FORMAZIONE DEL RILEVATORE DELLA REALTA TERRITORIALE" BARI 26 - 27 - 28 MAGGIO 1993. Sala Convegni Associazione Industriali della Provincia di Bari. En <http://stereofot.it/filmati/monsAmato.html>

- CHUQUIGUANGA, C., GONZÁLEZ, M., & SELLERS, C. (2017). Identificación de ilegalidades urbanísticas con sistemas de información geográfica y teledetección. En http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10305/21-11.pdf
- FARIAS, B., MARQUEZ, A., REY LAGO, D., & GUEVARA, E. (2018). Characterization spatio-temporal land use in watershed using geomatic techniques. *INGENIERIA UC*, 25(1), 19-30.
- GARCÍA-MELÉNDEZ, E. (2006). Análisis visual de imágenes. Módulo VII: Sistemas de Información
- GRIMALDI, P. (2012). Stereometric Modelling. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 99-102. En <https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B5/99/2012/isprsarchives-XXXIX-B5-99-2012.pdf>
- HERNÁNDEZ V., L. (2011). Manual de Operación de Estación Total. Enseñanza de la Topografía. En http://www.abreco.com.mx/manuales_topografia/teodolitos_estaciones/Manual%20de%20Operacion%20de%20Estacion%20Total.pdf
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y GEOGRAFÍA (INEGI). (s/f). En <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/>
- INVERSORA NACIONAL. (s/f). GPS particular. En <http://inversoranacionalgpresponsable.com/index.php/productos/gps-particular>
- LEÓN, Y. (2002). Introducción a las Imágenes Satelitales. Proyecto: Programa de Modernización de la Jurisdicción de Tierras Tribunal Superior de Tierras Santo Domingo, República Dominicana En <http://percepcion-remota.intec.edu.do/Material%20de%20apoyo%20sensores%20remotos.pdf>
- LUQUE R., R. M. (2011). El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la enseñanza secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. En <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/14187/09%20AGE%2055.pdf?sequence=1>
- MAÑANA-BORRAZÁS, P., BLANCO-ROTEA, R., & RODRÍGUEZ-PAZ, A. (2009). La documentación geométrica de elementos patrimoniales con Láser Escáner Terrestre. La experiencia del LaPa en Galicia. En <http://digital.csic.es/bitstream/10261/20449/1/55.pdf>
- MARKERT, K. N., SCHMIDT, C. M., GRIFFIN, R. E., FLORES, A. I., POORTINGA, A., SAAH, D. S., ... & SOMETH, P. (2018). Historical and Operational Monitoring of Surface Sediments in the Lower Mekong Basin Using Landsat and Google Earth Engine Cloud Computing. *Remote Sensing*, 10(6). En
- MELÉNDEZ E., C. M. (2008). Estación total aplicada al levantamiento topográfico de una comunidad rural (Doctoral dissertation). <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/83/Estacion%20total%20aplicada.pdf>
- MIRANDA, R., E., TAIPE, L. CRUZ & J. HUANCA. (2018). Análisis de las Deformaciones Corticales, Asociado al Sismo del 30 de abril del 2017, Pinchollo – Chivay, con Mediciones GPS. Arequipa, Perú, En http://apps.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/1477/1/Miranda-An%C3%A1lisis_deformaciones_corticales.pdf
- PACHAS, R. (2009). El levantamiento topográfico: Uso del GPS y estación total. *Academia*, 8(16), 29-45. <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/academia/article/viewFile/6061/5866>
- PASTOR, J. (s/f). Las singular cartografía de Google Earth tiene truco, y va más allá de los satélites. En <https://www.xataka.com/servicios/las-magica-cartografia-de-google-earth-tiene-truco-y-va-mas-alla-de-los-satelites>

PONVERT D., C., & QUAN, A. L. (2013). Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola. Revista ciencias técnicas agropecuarias, 22(4), 75-80. En <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n4/rcta13413.pdf>

REVUELTO, J., LÓPEZ-MORENO, J. I., AZORÍN-MOLINA, C., ARGUEDAS, G., VICENTE SERRANO, S. M., & SERRETA OLIVÁN, A. (2013). Utilización de técnicas de láser escáner terrestre en la monitorización de procesos geomorfológicos dinámicos: el manto de nieve y heleros en áreas de montaña. En http://digital.csic.es/bitstream/10261/87686/1/Revuelto_laser_escaner_nieve_montana_CIG2013.pdf

ROMERO B., V. & VILLA S., C. E. S. (2017). Carbono contenido en las coberturas boscosas de la microcuenca La Hermosa (La Palma Cundinamarca). Boletín Semillas Ambientales, 11(1), 138-146.

RUBIO-DELGADO, J., SCHNABEL, S., GÓMEZ-GUTIÉRREZ, Á., & BERENGUER, F. (2014). Estimación de tasas de erosión históricas en dehesas utilizando raíces arbóreas expuestas y láser escáner terrestre. Cuaternario y Geomorfología, 28(3-4), 69-84. En https://www.researchgate.net/profile/Judit_Rubio_Delgado/publication/286074223_Estimation_of_historical_soil_erosion_rates_in_dehesas_using_exposed_tree_roots_and_terrestrial_laser_scanner/links/57f3f3bb08ae8da3ce537cd8/Estimation-of-historical-soil-erosion-rates-in-dehesas-using-exposed-tree-roots-and-terrestrial-laser-scanner.pdf

TIPULA Y OSORO (2006). Manual de Manual de Uso de GPS. En www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL458.pdf

TREJO S., R. C. (2018). Topografía, Investigacion "estacion total y satelite". En <http://robertotrejo012.blogspot.com/2018/05/levantamiento-con-estacion-total-y.html>

Páginas WEB

Comitato Internazionale Fotogrammetria Architettonica. En <http://coifa.it/>

Curso de Topografía. En <http://cursotopografia.blogspot.com/>

Gestraking (s/f). En <http://gestracking.com/usos-de-los-gps/>

La nueva generación de drones podría salvar vidas. En <https://www.youtube.com/watch?v=sMWJRbgAaS0>

Tecnología GPS. Limitaciones de los GPSD. En <http://ailyndonoso.blogspot.com/2010/12/limitaciones-de-los-gps.html>

Top 10 increíbles drones que te gustaría tener. En <http://www.youtube.com/watch?v=KVT8QnCQdd4>