

Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones.

Comparative analysis of traditional topographic survey and drone technology.

Omar del Río Santana odelrio888@gmail.com
Universidad Juárez del Estado de Durango, México., México

Felipe de Jesús Gómez Córdova ordova.civil06@gmail.com
Universidad Juárez del Estado de Durango, México., México

Nadia Vanessa López Carrillo nadiatr5@gmail.com
Universidad Juárez del Estado de Durango, México., México

José Armando Saenz Esqueda
Universidad Juárez del Estado de Durango México, México

Arturo Tadeo Espinoza Fraire
Universidad Juárez del Estado de Durango en Gómez Palacio Durango, México

Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones.

Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 14, núm. 2, pp. 1-10, 2020

Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas

Recepción: 27 Noviembre 2019

Aprobación: 10 Febrero 2020

Resumen:

En este trabajo se lleva a cabo el levantamiento topográfico con cuatro métodos y comparados entre sí, para conocer que metodología o equipo tecnológico muestra un mayor precisión en las mediciones de un terreno. El desempeño o precisión es medido de acuerdo al error obtenido en las mediciones del levantamiento topográfico con respecto a las medidas con las cuales fue trazado en el plano. Los métodos a utilizar para el levantamiento topográfico son: con cinta métrica, estación total, nivel topográfico y dron.

Palabras clave:

topografía, dron, estación total, nivel topográfico y cinta métrica.

Abstract:

In this work the topographic survey is carried out with four methods and compared to each other, to know which methodology or technological equipment shows a greater precision in the measurements of a terrain. The performance or accuracy is measured according to the error obtained in the topographic survey measurements with respect to the measurements with which it was plotted in the plane. The methods to be used for surveying are: with a tape measure, total station, topographic level, and drone.

Keywords:

topographic, drone, total station, topographic level and tape measure.

Introducción

La topografía es parte fundamental en la ingeniería civil. La teoría de la topografía se basa esencialmente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y las matemáticas en general [1]. Algunos autores mencionan que la topografía es "La ciencia y el arte de realizar las mediciones necesarias para determinar la posición relativa de puntos sobre, en, o debajo de la superficie terrestre, así como para situar puntos en una posición concreta" [2].

La topografía se divide básicamente en planimetría y altimetría. La planimetría se define como la topografía dedicada al estudio de los procedimientos y los métodos que se ponen en marcha para lograr representar a escala los detalles de un terreno sobre la superficie plana. Lo que hace la planimetría es prescindir del relieve y la altitud para lograr una representación en dirección horizontal [3].

Por otra parte, la altimetría se define como la topografía especializada en la medición de la altura. Considerando que la topografía es la disciplina que se encarga de la descripción detallada de las superficies.

También conocida como hipsometría, la altimetría abarca diferentes procesos, metodologías, técnicas para la determinación y representación de la altura de un punto, teniendo en cuenta un cierto plano de referencia. De esta manera la altimetría posibilita la representación del relieve [4].

Cabe mencionar que en este trabajo de investigación se realizará en el plano, esto es, considerando la definición de la topografía basada en planimetría.

El concepto de Topografía no ha variado con el tiempo. Lo que sí se ha visto ampliamente modificado son las técnicas, los instrumentos de medida y los métodos a aplicar.

Este trabajo, es el avance tecnológico que abre el camino para realizar levantamientos topográficos de una forma diferente a la realizada en el pasado, en la cual se realizaban levantamientos topográficos primero en mediciones por cinta métrica, después con los avances tecnológicos apareció el teodolito y finalmente apareció la estación total.

En este trabajo se presenta un levantamiento topográfico con fotogrametría con Drones, específicamente se utiliza el Drone Phantom 4 pro y el software Pix4D. Las mediciones obtenidas con la fotogrametría a partir del Drone, se compararán con los métodos tradicionales mencionados en la parte de arriba de este documento, con dicha comparación se desea conocer la precisión con la cual el Drone alcanzo las medidas más cercanas a las reales del terreno a medir (se consieran como referencia o medidas reales del terreno las proporcionadas por el plano de la cancha de futbol que se utilizo para el trazado del mismo).

Cabe mencionar que para realizar dichos experimentos se optó por la medición de una geometría conocida, esto es, las mediciones presentadas en este trabajo son realizadas sobre un campo de futbol ubicado dentro de las instalaciones del núcleo Universitario de la Universidad Juárez del Estado de Durango en Gómez Palacio, Durango, México.

I. Parte Técnica del Artículo

A. Costo beneficio de uso de Drones en topografía

Los estudios fotogramétricos a partir de drones han representado un extraordinario apoyo, debido a que en una medida de tiempo y costos es relativamente inferior a un levantamiento topográfico, generando de esta forma, productos geoespaciales de gran precisión y contenido.

Un ejemplo sencillo, es que hace años poder examinar 100 hectáreas con la tecnología existente en el momento, podría llegar a ser un trabajo de días, incluso de semanas. Gracias a la tecnología existente, con un Drone se puede llegar a emplear alrededor de 40 minutos frente a trabajos que realizarlos con otras técnicas llevaría un tiempo estimado de 3 semanas [5].

En la Figura 1, se presenta el dron utilizado en esta investigación (Phantom 4 Pro).



Figura 1. Phantom 4 Pro. Elaborada por el autor.

B. Principales ventajas del uso de los Drones en topografía

El principal factor es la seguridad, el topógrafo no necesita transportar la estación a lugares potencialmente peligrosos, con lo que los riesgos que existente en esta profesión se minimizan.

Permite obtener una mayor base de conocimiento del lugar y sus alrededores, ya que se llega a espacios inaccesibles para una persona como acantilados, claros rodeados de árboles, entre otras.

Captura un mayor número de puntos para crear las planimetrías. El levantamiento topográfico de un dron, debido a sus cámaras de última generación aporta mucha más información gráfica que un levantamiento tradicional. Por otra parte, la información es mucho más completa en cuanto a color de las fotografías, mayor resolución y realismo del terreno.

Reducción de costos, un estudio topográfico que hace años podía suponer importantes costos a una empresa, gracias a esta tecnología se han reducido hasta en un 70% [6].

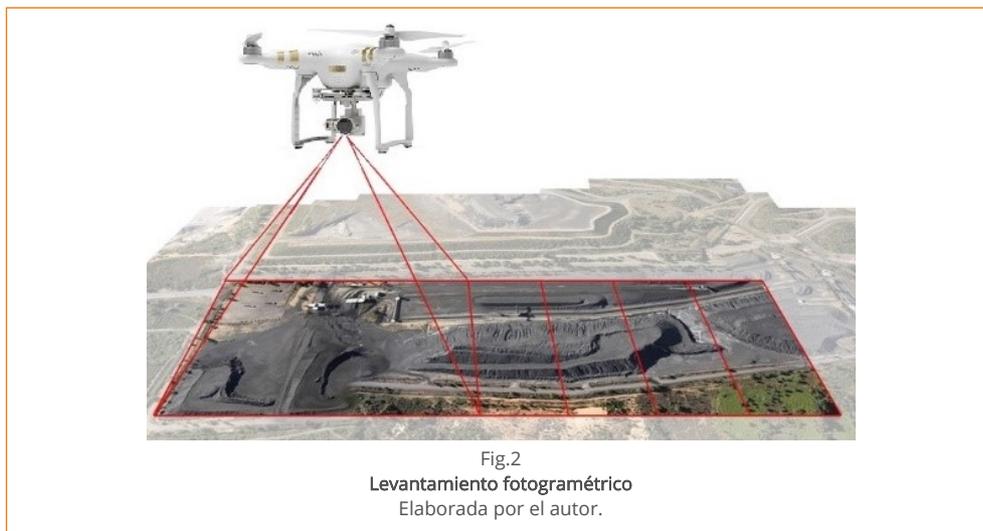
C. Fotogrametría

La fotogrametría es la técnica cuyo objetivo es el determinar las dimensiones y posición de objetos en el espacio a partir de imágenes fotográficas, esto se consigue a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, por medio de la fotogrametría podemos obtener modelos digitales de terreno que pueden ser utilizados para el diseño de vías, por ejemplo, en la Figura 2 se observa la manera en que se van tomando las fotografías [7].

D. Vuelo fotogramétrico

La misión del vuelo fotogramétrico tiene por objeto, el sobrevolar la zona a una altura y velocidad constante, describiendo una serie de trayectorias paralelas entre sí, mediante su control de deriva [8].

Dentro de una pasada, la cámara tomará exposiciones de tal modo que las fotografías cuenten con un traslape considerable para poder realizar la reconstrucción del terreno a medir, esto es, se tendrá un recubrimiento longitudinal prefijado entre fotogramas adyacentes entre dos pasadas o vuelos consecutivos, generalmente voladas en sentido inverso, existirá otro solape o recubrimiento transversal, previamente fijado, ver la Figura 2



E. SOFTWARE

El software con el cuál se llevó a cabo el orto mosaico para el levantamiento topográfico es el Pix4D. Cabe mencionar que este mismo software tiene en su mismo programa un paquete llamado Pix4Dmapper Mesh, el cual nos permite crear modelos en el plano y en 3D con imágenes obtenidas desde un Drone o con otro vehículo aéreo no tripulado. Además, otras características de este software es que nos permite exportar videos, y modelos de malla con textura.

También se puede generar productos como los videos de los recorridos por la nube de puntos densa y el orto mosaico, que sirven en gran medida como suplementos para presentar proyectos de una forma más didáctica [9].

II. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados experimentales obtenidos del levantamiento topográfico del campo de futbol del núcleo Universitario de la UJED en Gómez Palacio, Durango.

Los resultados experimentales mostrados en este trabajo se realizaron mediante cuatro metodologías, la primera se llevó a cabo de la manera más tradicional o como se realizó a los inicios de la topografía, esto es, con cinta métrica, en la Figura 3 se presentan los resultados experimentales obtenidos con dicho método o procedimiento.

Durante el trabajo de campo en un levantamiento topográfico se necesitan elementos que materialicen los puntos que marcan la delimitación del área a trabajar. Estos puntos se pueden materializar con ayuda de estacas o con pintura.

Para el levantamiento con cinta se utilizó el método de perpendiculares que consiste en tomar la distancia en alguno de los lados del polígono hasta donde se encuentre el siguiente punto, que para este trabajo se colocaron a cada 50 m, ya que la cinta utilizada es de esas dimensiones.

En la Figura núm. 3 podemos observar la manera en que se debe de tomar la distancia, con la cinta debidamente tensionada y refrendada.

Como primer paso se coloca una marca de referencia en el punto (1) de inicio del lado (b´) del campo y se estira la cinta hasta llegar al punto (2) y de la misma manera se mide desde este punto hasta el punto (3) del lado (a), continuando del punto (3) al punto (4) del lado (b), terminando del punto (4) al punto (1) del lado (a´), como se observa en la figura 4, los resultados de las medidas de cada lado del campo se anotan en la libreta de campo, terminado el levantamiento se realiza un croquis del trabajo realizado, cabe hacer mención que el trabajo se realizó en un tiempo de 25 minutos aproximadamente.



Fig.3
Levantamiento con cinta métrica con apoyo de marquets
Foto del autor.



Fig.4
Resultados del levantamiento topográfico con cinta.
Elaborada por el autor.

El otro levantamiento topográfico del mismo campo de futbol se llevó a cabo utilizando la tecnología de la estación total (ver Figura 5), los resultados experimentales obtenidos con dicha tecnología se muestran en la Figura 6.

Casi todos los distanciómetros funcionan por el método de la comparación de fase, consistente en la salida de una onda portadora desde un foco emisor que tras reflejarse en el prisma, regresa al origen. La portadora es tratada con una onda moduladora, recorriendo el doble de la distancia que se pretende evaluar.

La onda moduladora tiene la misión de configurar el enlace entre el foco emisor y el prisma, siendo usual en las estaciones totales el empleo de haces de luz infrarrojo.

Los sistemas de modulación utilizados usualmente son; en frecuencia, en amplitud, pulsante y por giro del plano de polarización. En la Figura 5 se observa la manera de instalar el equipo de estación total.



Fig.5
Instalación del equipo de la estación total.
Foto del autor.



Para el levantamiento topográfico con nivel, este se coloca en un punto A y el estadal en un punto B, se leen las estadias superior e inferior para determinar el número generador. En la Figura 7 se muestra el nivel topográfico ya nivelado y listo para tomar la lectura, y en la Figura 8 se muestra el resultado del levantamiento.

- En la **tabla 1** se muestra el resultado de la distancia del lado (b´)
- En la **tabla 2** se muestra el resultado de la distancia del lado (a)
- En la **tabla 3** se muestra el resultado de la distancia del lado (b)
- En la **tabla 4** se muestra el resultado de la distancia del lado (a´)



Fig.7
Levantamiento con nivel topográfico
Foto del autor..



Estadía Superior	1.690m del lado (b')
Estadía Inferior	0.700m
Número generador	0.990m
D_h	99.0m

Tabla 1
Resultado del lado (b')

Elaborada por el autor.

Estadía Superior	1.730m del lado (a)
Estadía Inferior	1.100m
Número generador	0.630m
D_h D_h	63.0m

Tabla 2
Resultado del lado(a)

Elaborada por el autor.

Estadía Superior	2.000m del lado (b)
Estadía Inferior	1.000m
Número generador	0.100m
D_h	100.0m

Tabla 3
Resultado del lado (b)

Elaborada por el autor.

Estadía Superior	1.670m del lado (a')
Estadía Inferior	1.030m
Número generador	0.640m
D_h	64.0m

Tabla 4
Resultado del lado (a')
Elaborada por el autor.

Finalmente, se realizó la obtención de las medidas del campo de futbol con la tecnología basada en los vehículos aéreos no tripulados conocido como Drone (ver la Figura 9), y los resultados obtenidos se muestran en la Figura 10. La preparación del vuelo se presenta en la Figura 9



Fig.9
Preparación del vuelo del Drone.
Foto del autor.



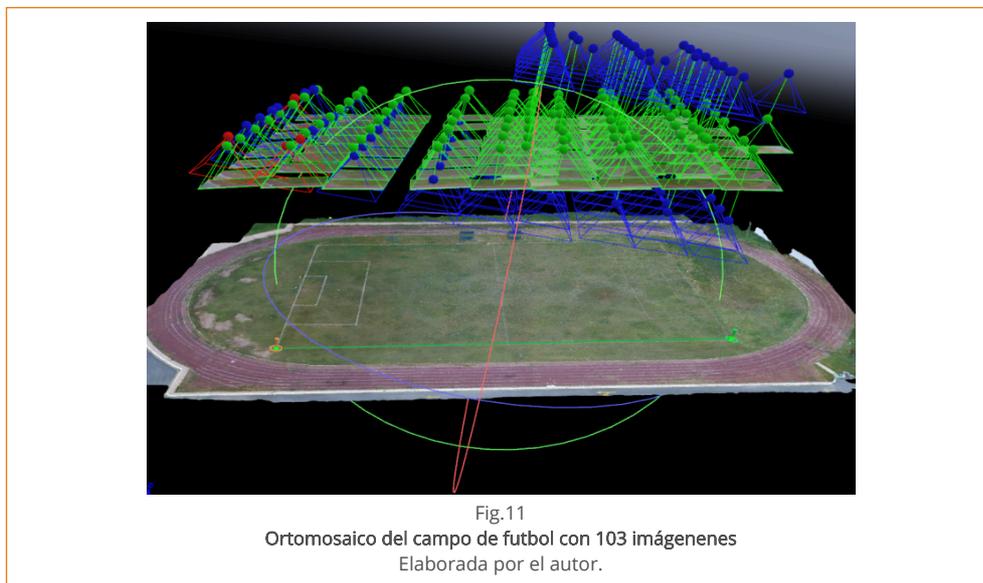
Lado del campo	Cinta métrica	Estación Total	Dron	Nivel topográfico
(b') del punto 1 al 2	99.60	99.95	98.77	99.00
(a) del punto 2 al 3	64.75	64.25	64.44	64.00
(b) del punto 3 al 4	98.65	99.85	98.83	100.00
(a') del punto 4 al 1	63.82	63.84	64.15	63.00

Tabla 5
Comparativa de resultados por diferentes métodos.
Elaborada por el autor.

La tabla 5 muestra la comparativa con los diferentes métodos experimentales. Para poder realizar el análisis, se consideró las medidas con las que se solicitó la construcción o el trazado del campo de fútbol de la Universidad, estas medidas son un largo de 99 metros con un ancho de 64 metros. En la tabla 6, se muestran los errores de medición considerando como referencia real los valores del plano con el cual se trazo el campo de fútbol, las medidas en del plano son 99 m x 64 m.

Finalmente, la medición llevada con cuatro métodos (Cinta, estación total, nivel topográfico y Dron) sobre el lado (a), se obtuvo una medición de error menor con el nivel topográfico, y un error de medición mayor con cinta. En la Figura 11 se presenta el campo reconstruido con 103 imágenes o fotografías tomadas con el Dron a una altura de 50 m, con un traslape entre fotografía del 80%.

En la misma Figura 11 se aprecian los puntos de ayuda o puntos de referencia sobre el campo para realizar las mediciones deseadas, de la misma forma se aprecian los puntos de fotografía. Así como en la tabla 7 se muestra la suma total del margen de error del perímetro del campo de fútbol.



En la tabla numero 6 se observa el margen de error en metros que se tubo con los diferentes métodos, como se puede observar en lado (b') del punto uno al punto dos el margen de menor error se dio con el nivel

topográfico, en el lado (a) del punto dos al punto tres el margen de menor error fue también con el nivel topográfico, en el lado (b) del punto tres al punto cuatro el margen de menor error se obtuvo con la estación total, de la misma manera el lado (a') del punto cuatro del campo al punto uno el método de menor margen de error se obtuvo con el Drone.

Lado del campo	Cinta métrica	Estación total	Drone	Nivel topográfico
(b') del punto 1 al 2	0.60	0.95	0.23	0
(a) del punto 2 al 3	0.75	0.25	0.44	0
(b) del punto 3 al 4	0.35	0.15	0.17	1
(a') del punto 4 al 1	0.18	0.16	0.15	1

Tabla 6
Comparativa de errores de medición
Elaborada por el autor.

En la tabla número 7 se muestra el margen de error perimetral en metros, es decir la suma de los lados del campo de fútbol dando como resultado que el menor margen de error se obtuvo con el Drone.

	Cinta métrica	Estación Total	Drone	Nivel topográfico
Error total de la suma del perímetro	1.88 m	1.51 m	0.99 m	2.00 m

Tabla 7
Suma de error perimetral del campo de fútbol
Elaboración propia del autor.

III. DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se llevó a cabo la comparación de cuatro métodos para realizar un levantamiento topográfico, los métodos utilizados fueron con cinta métrica, estación total, nivel topográfico y Drone.

Se aprecia que con el método tradicional por cinta se lleva mucho tiempo y además es necesario la ayuda de al menos dos personas para realizar el levantamiento por cinta.

Realizar el levantamiento con estación total conlleva a tener la tecnología de dicha tecnología la cual debe de ser calibrada cada cierto tiempo y para el levantamiento con estación total es necesario al menos dos personas para llevarlo a cabo.

Para el levantamiento con nivel topográfico se requiere contar con el equipo lo mismo que con la estación total estar calibrado o calibrarse por lo menos cada año, de igual manera que con la estación total es un poco tardado ya que también estos se tienen que montar y nivelar en el terreno a medir, también se necesitan por lo menos 2 personas para la realización del mismo, tomando en cuenta que la principal función de este aparato es el de sacar niveles del terreno, no obstante se pueden tomar distancias aproximadas por el método de líneas de estadia.

El levantamiento con el Drone tiene muchas ventajas con respecto al tiempo en que se lleva a cabo un levantamiento, otra ventaja es que es necesario sólo una persona para manipular y programar el Drone para el levantamiento topográfico, la desventaja de la tecnología con Drone es que es necesario de inicio una gran inversión económica para adquirir un Drone y un software que sea capaz de llevar a cabo las tareas que se asignan, que en este caso son de topografía.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo para la realización de este trabajo de investigación a la Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FICA-UJED).

V. referencias

- Montes de Oca, (1989). Topografía, Ed. Alfa omega, México
- Buckner R., (1983). Surveying Measurements and Their Analysis, first edition. Ed. Reviews, New York, USA
- Pérez J., Garday A., (2011). Definición de planimetría. Obtenido de <https://definicion.de/planimetria/>
- Pérez J., Merino M., (2015). Definición de altimetría. Obtenido de <https://definicion.de/altimetria/>
- Corredor J. (2015). Implementación de modelos de elevación obtenidos mediante topografía convencional y topografía con drones para el diseño geométrico para una vía en rehabilitación del sector Tuluá Río frío, Reporte de proyecto, Colombia

Jvilches A., (2017). Drones para la topografía, ventajas importantes para el sector. Obtenido de <https://www.pilotando.es/drones-para-topografia/>

Sánchez S. (2006). Introducción a la fotogrametría. Curso inductivo Universidad Politécnica de Madrid, España

Osorio J. (2018). El vuelo fotogramétrico. Nota técnica Academia, USA

Terrasat. (2019), Terrasat tecnología geoespacial. Obtenido de <https://www.terrasat.com.mx/category/pix4d-mexico/>

HTML generado a partir de XML-JATS4R por