

COMPARACIÓN DE METODOS TOPOGRAFICOS PARA DETERMINAR ALTIMÉTRIA EN UNA ZONA DE RIEGO.

Mario Horacio Morales Ruiz^{1*}; Ernesto Sifuentes Ibarra²; Vladimir Ruiz Pérez³.

¹Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Universidad Autónoma de Sinaloa,
C.P. 81110, Avenida Japaraqui y calle 16, Juan José Ríos, Sinaloa, México.

horacio149@uas.edu.mx - 6681300696 (*Autor de correspondencia)

²INIFA-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera Internacional México-Nogales, km 1609, C.P.
81110, Juan José Ríos, Sinaloa, México.

³Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. Universidad Autónoma de Sinaloa. C.P. 81110, Avenida
Japaraqui y calle 16, Juan José Ríos, Sinaloa, México.

Resumen

Actualmente de los principales problemas que enfrentan los agricultores, es el uso y manejo del agua para obtener mejores rendimientos en sus cultivos. En este trabajo se llevo a cabo un levantamiento topográfico con dos métodos para comparar la precisión tanto del método convencional nivelación diferencial con nivel fijo como con equipo tecnológico Sistema de Posicionamiento Global (GNSS) con RTK (Real – Time Kinematic) y evaluar su desempeño de acuerdo al error obtenido y la rapidez de obtención de los datos.

Palabras claves: Levantamiento topográfico, error altimétrico, altimetría.

Introducción

En el área agrícola, la topografía ha tenido avances significativos en sus diferentes ramas; la planimetría y altimetría son utilizadas para la georreferenciación y nivelación de tierras respectivamente. Algunos autores describen la topografía como la ciencia que permite realizar las mediciones para determinar posiciones de puntos sobre o debajo de la superficie de la tierra. Los avances tecnológicos en el desarrollo de herramientas que permitan resultados más precisos han ido en aumento, sin embargo, el acceso a estas tecnologías resulta costoso e impráctico para el agricultor común.

El sector agrícola en la necesidad de realizar un uso eficiente del agua, requiere de terrenos nivelados que permitan diseñar el riego acorde a las características del suelo, esto ha significado un problema para el usuario común ya que es una actividad que se desarrolla por personal capacitado en el área civil y con conocimientos específicos sobre el tema.

Actualmente, se requiere de precisión en la agricultura mediante sistemas de información geográfica y sistemas de posicionamiento global para ser competitivo y poder obtener mejores rendimientos en el uso y manejo del agua (Mulla, 2013; Aguillar Rivera, 2015). Existen diversas herramientas que permiten realizar levantamientos topográficos con alto grado de exactitud. El uso de un sistema de Posicionamiento Global (GNSS) con RTK (Real – Time Kinematic) son de las opciones más actuales y presentan alta precisión y rapidez para la generación de datos (*inegi.org.mx*), estos, se han introducido al área de la nivelación de tierras donde los levantamientos altimétricos resultan ser muy precisos y se puede incluir el ajuste de mínimos cuadrados.

Los métodos convencionales como el nivel fijo, son herramientas susceptibles al error humano, sin embargo, por su accesibilidad siguen siendo una opción viable a la hora de realizar levantamientos altimétricos. En estos casos la experiencia del personal a cargo es fundamental para obtener resultados precisos necesarios para una correcta nivelación. El objetivo del presente trabajo fue comparar un levantamiento topográfico mediante dos métodos, el primero utilizando un nivel fijo convencional y el segundo utilizando la tecnología de un equipo con sistema de posicionamiento GNSS con RTK.

Materiales y métodos

Características de la zona de estudio

El trabajo se realizó en el módulo de riego Batequis (II-3), ubicado dentro del Distrito de Riego 075 (DR 075) que se divide en 13 módulos de riego mostrados en la Figura 1, el DR 075 se encuentra al norte del estado de Sinaloa, se ubica a una altitud de 15 msnm,

el clima que predomina es cálido-seco en verano, en invierno moderadamente frío y templado a partir de febrero.

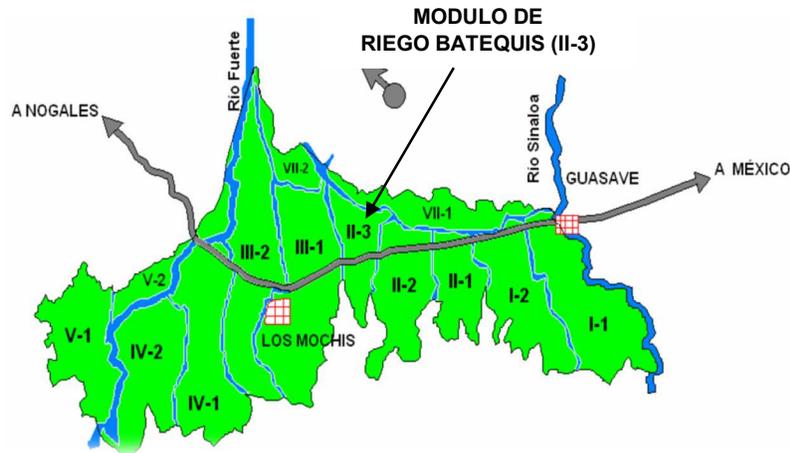


Figura 1. Distribución de los Módulos de riego del Distrito de Riego 075

El módulo de riego Batequis se localiza con coordenadas latitud 25.759164° y longitud -108.801663° , su superficie es de 12,000.00 ha. El tipo de suelo que predomina es el arcilloso con el 94%, el franco arcilloso cuenta con el 4% y el arcillo-arenoso el 2%.

En base a un plano existente en formato impreso, se determinó trabajar en un área ubicada en la Sección 30, la lotificación que conforma esta zona se ubicó en la base de datos de la plataforma SPRITER, presentados en la Figura 2.

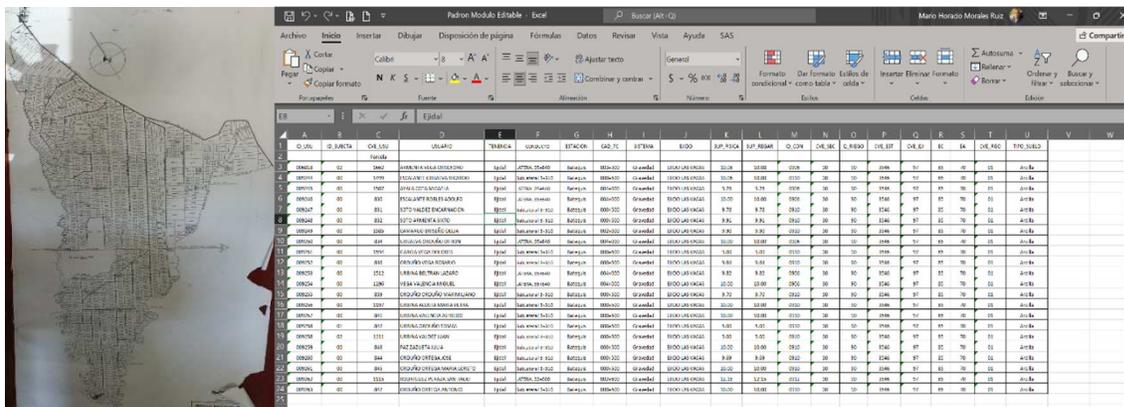


Figura 2. Mapa impreso y Base de datos Spriter

La zona de estudio se denominó Zona Piloto (ZP) y está conformada por 21 parcelas con un total de 210.00 ha, se ubica con coordenadas centrales de Latitud 25.797990° y Longitud -108.785301° , esta zona está delimitada por los siguientes canales: Norte (Sub

Lateral 3+310), Sur (Sub Lateral 5+425), Este (Sub Lateral 3+310) y Oeste (Lateral 35+840).

Se realizó un levantamiento topográfico de la zona de estudio para conocer la:
Planimetría: Representación horizontal de los datos de un terreno que tiene por objeto determinar las dimensiones de este.

Altimetría: Es la rama de la topografía que se encarga de la determinación de las alturas relativas de distintos objetos en el terreno respecto a una superficie de referencia arbitraria (<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/143921>).

Banco de nivel: Es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida (Aleph, 2021).

Etapas del Levantamiento Topográfico

1.- Planificación y Reconocimiento del terreno. –

Se realizaron visita de campo como se muestra en la Figura 3, tanto a la ZP como al módulo en general para ubicar puntos de referencia existentes como Bancos de nivel (BN), canales, compuertas, tomas de agua, caminos, carreteras, puentes y lotes, identificar visualmente la topografía existente en el área de la ZP.



Figura 3. Reconocimiento de la zona de estudio.

Después de obtenida la información de la zona de estudio se usó para realizar la nivelación diferencial compuesta un nivel fijo automático Sokkia B-Series B30 28x con las características mostradas en la Figura 4:

Aumento	B20 -32x / B30 -28x / B40 -24x
Precisión (sin micrómetro)	B20 - 0,7 mm / B30 - 1,5 mm / B40 - 2,0 mm Desviación estándar para nivelación de doble recorrido de 1 km
Precisión (con micrómetro)	B20 - Desviación estándar de 0,5 mm para nivelación de doble recorrido de 1 km
Compensador	Compensador de péndulo con sistema de amortiguación magnética
Protección contra el polvo y el agua	IPX6
Temperatura de funcionamiento	-20 a +50°C (-4 a +122°F)
Tamaño	Ancho 130 x profundidad 215 x alto 140 mm (Ancho 5,12 x profundidad 8,46 x alto 5,51 pulgadas)
Peso	B20 = 1,85 kg (4,1 lb) / B30 y B40 = 1,7 kg (3,7 lb)



Figura 4. Características de Nivel Fijo Sokkia B30
Se utilizó un trípode y estadal de 4mts.de aluminio y se consideró las tolerancias permitidas para errores mencionadas por Álvaro Torres (Cuadro 1) en la nivelación diferencia compuesta.

Cuadro 1. Errores permitidos en la nivelación

CLASE DE NIVELACION	Longitud de la visual máxima	Aproximación en la lectura de la mira	Error Máximo en centímetros
Poca Precisión Ordinaria	300 mts.	5 centímetros	$9.5\sqrt{K}$
Precisión	150 "	0.5 "	$2.4\sqrt{K}$
Geodésica 2o. orden	100 "	0.1 "	$1.2\sqrt{K}$
Geodésica 1er. orden	100 "	" "	$0.8\sqrt{K}$
			$0.4\sqrt{K}$

Fuente: TORRES, Álvaro. *Topografía*. p. 149.

Para la nivelación diferencial compuesta se utilizó un Bn (cota referenciada al nivel medio del mar en metros) arbitrario para determinar la comparación entre las alturas de puntos determinados sobre el perímetro de la zona de estudio, ya que de acuerdo a la plataforma digital de INEGI el banco de nivel oficial más cercano se encuentra a 4500 mts de distancia y se encuentra destruido, su ubicación y características oficiales están en la Figura 5:

ESTACIÓN GEODÉSICA VERTICAL (BN)

Ubicación

Dependencia
INEGI
Entidad federativa
Sinaloa
Municipio
Guasave
Carta Esc. 1:50 000
G12D17

Coordenada

Latitud
25.759028
Longitud
-108.810333
Altura ortométrica
15.8437

Referencia

Marco Geodésico de Referencia Vertical
NAVD88
Clasificación
AA
Proyecto

Condición de la marca
DESTRUIDA

REFERENCIAS	
R1	1.80 m SEGUNA LOSA DE CONCRETO
R2	1.80 m POSTE DE FIBRA OPTICA
R3	1.30 m POSTE DE FIBRA OPTICA
R4	m AZ

Figura 5. Ubicación del BN oficial de la plataforma de INEGI

Pasos para el levantamiento de la nivelación diferencial compuesta:

- 1.- Una vez hecho el recorrido de campo, se delimito el perímetro de la ZP y establecido un punto sobre una varilla cerca de una compuerta el cual se usó como Bn y se le dio una cota arbitraria.
- 2.- Se establecieron puntos que servirían como puntos de liga y bancos de nivel en las compuertas existentes sobre los canales y en pases de agua de cada parcela para hacer la división de los lotes.
- 3.- Se procedió a la instalación del nivel fijo y a tomar las lecturas en los puntos de liga a una distancia de 100 mts como máximo entre punto y punto.
- 4.- Se registraron las lecturas como se refleja en la Figura 6 y se calcularon las cotas de los puntos tomados.



Figura 6. Toma de lectura en levantamiento con nivel fijo

Para el levantamiento con Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS) con RTK (Real- Time Kinematic), se utilizó el GPS RTK MARCA GEOMAX ZENIT 10 de acuerdo a la Figura 7, con las siguientes características de acuerdo a su ficha técnica: <https://jmequipos.com/archivos/fichas/geomax%20ZENITH%20%2010%20Y%2020.pdf>



Figura 7. Características del GPS RTK MARCA GEOMAX ZENIT 10

Este equipo permite una exportación e importación flexible al momento de transferir los datos ya que el sistema cuenta con el software GeoOffice (GGO) el cual está basado en una interfaz gráfica y rápida creación de datos en cualquier tipo de formato.

Pasos para la realización del levantamiento con GNSS con RTK (Figura 8)

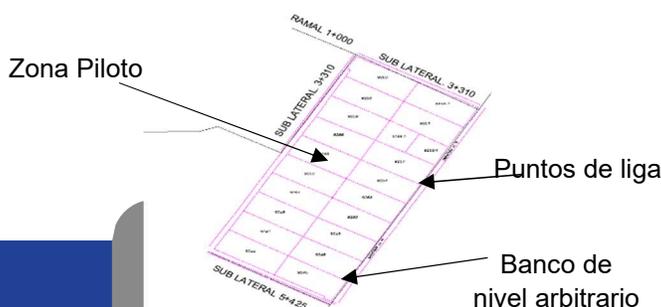
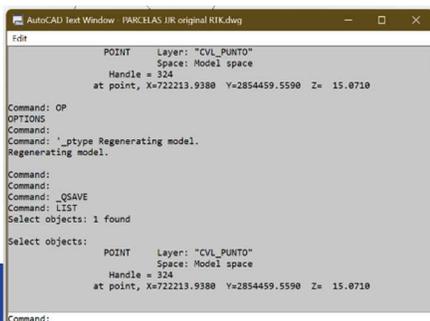
- 1.- Se cargo la batería del sistema previamente, el equipo se instaló en un punto establecido en el terreno, utilizando una varilla enterrada como Bn.
- 2.- Se instalo el transmisor en la varilla y calcula las correcciones basadas en su posición y los satélites que registra, se registran las coordenadas X, Y, Z a través de la señal que se recibió por el equipo al detectar los satélites.
- 3.- Se realizo el recorrido por cada punto que delimita a los lotes de las parcelas y se tomó el registro de las coordenadas que daba el equipo receptor de los puntos previamente elegidos.
- 4.- Se procedió a la digitalización del plano en AutoCAD, su ubicación en Google Heart y a la descarga de las coordenadas a una base en Excel.



Figura 8. Instalación y toma de datos en levantamiento con GNSS con RTK

Resultados y discusión

La Figura 9 muestra el dibujo digitalizado del Módulo de Riego Batequis (II-3) en AutoCAD y en la Figura 10 se presenta en Google Hearth la Zona Piloto, así como las secciones en las que se divide el Módulo de Riego Batequis, tomando como referencia el plano existente y la base de datos SPRITER del módulo y se corroboraron los lotes registrados, se georreferenciaron los lotes existentes, así como la distribución de las secciones (Sección 30, 29, 28, 27, 26) en las que se divide el módulo.



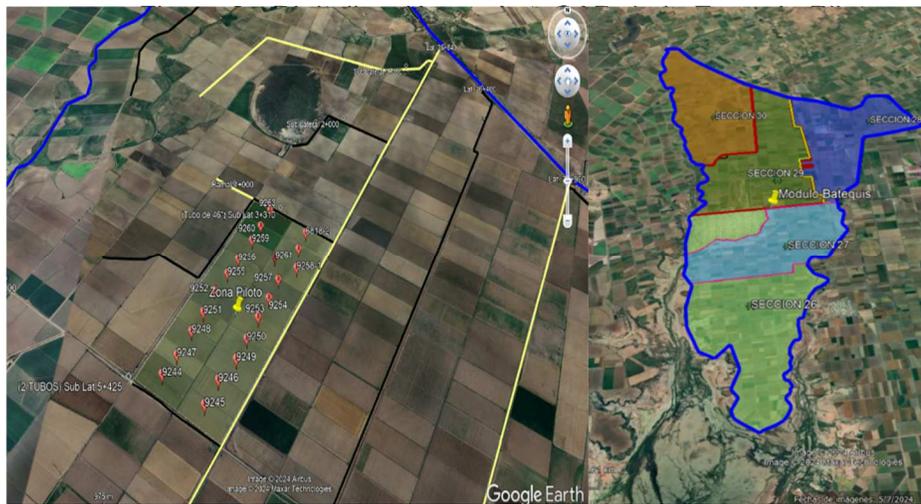


Figura 10.- Digitalización en Google Earth de la Zona de Piloto y las secciones de distribución del Módulo Batequis

Comparativa de los levantamientos con Nivel Fijo y Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS) con RTK.

En el levantamiento diferencia se comprobó el error presentado por error humano en el Bn establecido como punto 1, dando un error de 0.57cm.

La comparativa de los resultados de los puntos fijos que son base como las compuertas y que se pueden seguir tomando como Bn oficiales se encuentra en la Tabla No 2. así como el error y la corrección de cota del Bn inicial.

Tabla 2. Comparación de datos de los dos métodos de nivelación

Punto Observado	Lec. Positiva (M)	Altura de aparato	Lec. Negativa (M)	Cota (M)	Observaciones	GNSS con RTK (M)	Diferencia entre GNSS y Nivel fijo (M)
Compuerta (4)	1.235	17.850		16.615	Punto 25.- Sobre Sub lateral 3+310 (Cielo abierto)		
Pase de agua			1.190	16.660	Punto 24	16.661	0.001
PL1	1.630	17.940	1.540	16.310			
PL2	1.545	18.045	1.440	16.500			
PL3	1.610	18.105	1.550	16.495			
PL4	1.230	17.845	1.490	16.615			
Compuerta (3)	0.895	17.955	0.785	17.060	Punto 22.-Termina entubado, inicia cielo abierto.	17.063	0.003
Pase de agua			1.130	16.825	PUNTO 21	16.833	0.008
PL	1.295	17.810	1.440	16.515			
PL	1.440	17.950	1.300	16.510			
PL	1.740	18.220	1.470	16.480			
Compuerta (2)			0.960	17.260	Punto 18.- Sobre lateral 35+840	17.264	0.004
Pase de agua			1.010	17.210	Punto 17	17.216	0.006
PL	1.450	17.790	1.880	16.340			
TN (Division)	1.395	17.720	1.465	16.325	Punto 16	16.3	-0.025
PL	1.475	17.565	1.630	16.090			
TN (Division)			1.485	16.080	Punto 15	16.009	-0.071
PL	1.440	17.360	1.645	15.920			
TN (Division)			1.428	15.932	Punto 12	16.018	0.086
PL	0.310	17.120	0.550	16.810	Codo PVC		
Valvula de escape de presion			0.100	17.020	Punto 11.- Valvula sobre tuberia de PVC	16.891	-0.129
PL	1.570	17.165	1.525	15.595			
Pase de agua	1.330	17.315	1.180	15.985	Punto 9	16.001	0.016
Compuerta (1)			0.715	16.600	Punto 8	16.602	0.002
PL	1.455	17.215	1.555	15.760			
Pase de agua	1.225	17.020	1.420	15.795	Punto 7	15.792	-0.003
PL	1.450	16.945	1.525	15.495			
Pase de agua			1.390	15.555	Punto 6	15.551	-0.004
PL	1.400	16.975	1.370	15.575			
Pase de agua	1.480	16.895	1.560	15.415	Punto 5	15.420	0.005
PL	1.130	16.795	1.230	15.665			
Pase de agua			1.710	15.085	Punto 4	15.071	-0.014
PL	1.560	16.775	1.580	15.215			
Pase de agua	1.540	16.420	1.895	14.880	Punto 3	14.886	0.006
PL	1.470	16.360	1.530	14.890			
BN INICIAL			1.150	15.210	Punto 1	14.629	-0.581
Cota corregida						15.199	0.011

Conclusiones

El uso de nivel fijo para el cálculo de altimetría mostro ser una metodología confiable al momento de calcular cotas altimétricas, sin embargo, requiere de mayor número de puntos muestreados para garantizar la precisión. Las diferencias encontradas entre la metodología de nivel fijo y Sistema de Posicionamiento Global por Satélite (GNSS) con RTK no presentan significancia para trazos básicos como desnivel y curvas, en el caso de nivelación de tierras se recomienda utilizar la metodología GNSS con RTK.

Referencias bibliográficas

AGUILLAR RIVERA, N. (2015) 'Percepción remota como herramienta de competitividad de la agricultura', Revista mexicana de ciencias agrícolas. Estado de México, México, 6(2), pp. 399–405.

MULLA, D. J. (2013) 'Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps', Biosystems Engineering. IAgRE, 114(4), pp. 358–371. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009.

Generales, C. (s/f). Sebastián I. Besteiro, Carlos A. Orsetti y Héctor A. Salgado. Edu.ar. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/143921/Documento_completo.%20Ingenier%C3%ADa%20agr%C3%B3mica%20y%20forestal-5.PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Besteiro, S., Orsetti, CA y Salgado, HA (2022). Métodos altimétricos. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

(S/f-b). Wordpress.com. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/08/apuntes-topografia-i.pdf>

(S/f-c). Org.mx. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463908401.pdf

(S/f-d). Jmequipos.com. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de <https://jmequipos.com/archivos/fichas/geomax%20ZENITH%20%2010%20Y%2020.pdf>

Topografía Plana - Leonardo Casanova.pdf. (s/f). Documentos de Google. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de <https://drive.google.com/file/d/184GsCKazgz4Mvaugmh2XJWwnPJjyzs1N/view>

de Levantamientos Altimétricos Por Gps, AC, & de Nivelación Diferencial, ETYM (s/f). Universidad de San Carlos de Guatemala. Edu.gt. Recuperado el 25 de septiembre de 2024, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10029/1/Anselmo%20Enrique%20Vidal%20Mactzul%20Xicay.pdf>