

POLÍGONO PATRÓN PARA EL DESARROLLO DE LA TOPOGRAFÍA Y SUS DISCIPLINAS AFINES EN LA UHo

PATTERN POLYGON FOR THE DEVELOPMENT OF TOPOGRAPHY AND ITS RELATED DISCIPLINES IN THE UHo

Dr. C. Luis Enrique Acosta González ^{a, *}, Arnaldo Cabrera Murrell ^bYasmany Rodríguez Pérez ^c, Ernesto Emilio Aguilar Leyva^c

^a Centro de Estudios CAD/CAM, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín, Cuba - luis.acosta@uho.edu.cu

^b Raudal, Holguín, Cuba - arnaldo.cabrera@hlg.hidro.cu

^cTaller de Geodesia, Empresa Geocuba ON, Holguín, Cuba - geodesia.yas@holguin.geocuba.cu, emilioaguilar@nauta.cu

Resumen.

Este trabajo tiene como objetivo presentar una herramienta de apoyo para la gestión de la calidad en la formación del profesional en el Departamento de Construcciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Holguín, a partir de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación “Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción”. Esta investigación resuelve la problemática de no contar con un polígono para la realización de las clases prácticas, que posibilitó el perfeccionamiento del trabajo metodológico y del proceso de enseñanza – aprendizaje en las asignaturas de Topografía (I y II), Proyectos Integradores y Diseño Geométrico de Carreteras. Para la creación del Polígono Patrón se realizó el reconocimiento, la monumentación de los puntos, la medición y ajuste de la red de apoyo plano-altimétrica, que constituyen la plataforma para los trabajos de levantamiento topográfico, replanteo y control de obras, en las diferentes fases del proceso inversionista de una obra de ingeniería (estructural, vial e hidráulica). Estos resultados se sintetizan en una base de datos (x, y, z), obtenidos a partir de la combinación de métodos tradicionales y nuevas tecnologías (GNSS, Estación Total y Niveles Digitales), así como del empleo de softwares profesionales (Civil 3D, Leica Geoffice e Infinity) para el procesamiento de las mediciones, que permiten realizar los análisis comparativos correspondientes, facilitan el trabajo de docentes, estudiantes y especialistas del sector empresarial, así como la ejecución futuros proyectos en el área de estudio.

Palabras clave, Polígono Patrón, Topografía, Estación Total, GNSS, Niveles Digitales.

Abstract

This paper aims to present a support tool for quality management in professional training in the Construction Department of the Faculty of Engineering of the University of Holguín, based on the results obtained in the research project "Polygon Pattern for the development of Topography and its related disciplines in Civil Engineering and

* Autor para la correspondencia.

Construction Education Bachelor's degrees. This research solves the problem of not having a polygon for the realization of practical classes, which made it possible to improve the methodological work and the teaching-learning process in the subjects of Topography (I and II), Integrative Projects and Geometric Design of Roads. For the creation of the Pattern Polygon, the recognition, the monumentation of the points, the measurement and adjustment of the plane-altimetric support network were carried out, which constitute the platform for the topographic survey, stake out and control of works, in the different phases of the investment process of an engineering work (structural, road and hydraulic). These results are synthesized in a database (x, y, z), obtained from the combination of traditional methods and new technologies (GNSS, Total Station and Digital Levels), as well as the use of professional software (Civil 3D, Leica Geoffice and Infinity) for the processing of measurements, which allow the corresponding comparative analyzes to be carried out, facilitate the work of teachers, students and specialists in the business sector, as well as the execution of future projects in the study area.

Keywords, Pattern Polygon, Topography, Total Station, GNSS, Digital Levels.

Introducción

La Topografía tiene una gran importancia para el diseño, construcción de las obras de ingeniería y como disciplina es imprescindible para la formación del ingeniero civil, por tal motivo no se concibe la ejecución de una obra estructural, hidráulica y vial sin la aplicación de los métodos topográficos rigurosos durante las diferentes etapas de su proceso inversionista, dentro de los cuales se encuentran las tareas de levantamiento, control de obras y replanteo.

En la Universidad de Holguín Sede "Oscar Lucero Moya" se creó un polígono Patrón de Topografía como parte de un proyecto institucional para dar solución a la problemática de no contar con un polígono para la realización de las prácticas de Topografía y sus disciplinas afines, los resultados del proyecto han contribuido a la formación del profesional en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción. Actualmente se ha establecido un vínculo con el sector empresarial (Geocuba y Raudal) para el perfeccionamiento de la base de datos existente a partir de la aplicación de las nuevas tecnologías de la Geomática.

Desarrollo

La investigación se inicia en el 2016, para la creación del Polígono Patrón se seleccionó un área aproximada de 13.47 há, que comprende el límite de la Sede "Oscar Lucero Moya" de la Universidad de Holguín. Como parte de la experimentación fundamental se empleó el método geodésico a partir de la combinación de los métodos tradicionales y las nuevas tecnologías de la Geomática (GNSS, Estación Total y Niveles Digitales), se realiza el reconocimiento, la monumentación de los puntos, la medición y ajuste de la red de apoyo plano-altimétrica, que constituyen la plataforma para los trabajos de levantamiento topográfico, replanteo y control de obras, en las diferentes fases del proceso inversionista de una obra de ingeniería (estructural, vial e hidráulica).

2.1 Proyección del Polígono Patrón

El polígono patrón se encuentra emplazado alrededor del perímetro de la sede Oscar Lucero Moya de la Universidad de Holguín, entre las coordenadas geográficas $20^{\circ} 53' 30''$ y $20^{\circ} 53' 50''$ de Latitud Norte y los $76^{\circ} 15' 50''$ - $76^{\circ} 15' 30''$ de Longitud Oeste. Está formado por 11 puntos, que constituyen la base de apoyo plano-altimétrica para los diferentes trabajos topográficos. Figura 1.



Figura 1. Proyección del Polígono Patrón en la sede "Oscar Lucero Moya"

Reconocimiento y monumentación de los puntos del polígono

Para la creación de la base de apoyo plano-altimétrica que conforma el polígono fue necesario realizar un reconocimiento de campo para definir el lugar más idóneo desde el punto de vista topográfico, para la ubicación de los puntos. Para su construcción se utilizaron chapas metálicas, que fueron empotradas en las aceras y contenes de las vías, para su identificación en el terreno se confeccionó la monografía de cada punto. Figura 2. (Rojas, 2017).

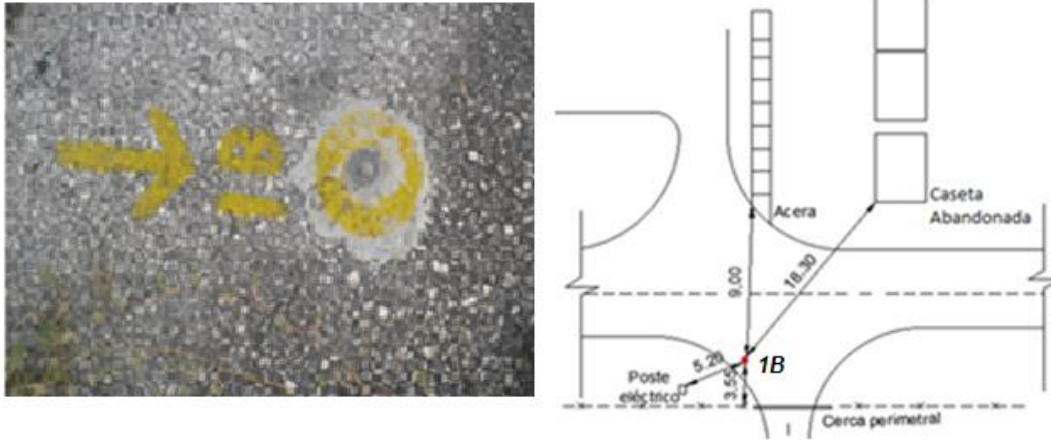


Figura 2. Punto del polígono y su monografía

Mediciones de campo

Para la obtención de las coordenadas (x,y,z) de la base de apoyo plano-altimétrica fue necesario la realización de mediciones de campo por el método de la poligonación y la nivelación geométrica. La poligonación se ejecutó por métodos tradicionales y con el empleo de nuevas tecnologías, para ello se utilizó la Estación Total TS-11 y como resultado fueron obtenidas las coordenadas patrones (x,y). La altura patrón (z), se obtuvo a partir de la nivelación geométrica. Figura 3.



Figura 3. Mediciones de campo

Poligonación

Método tradicional

Las mediciones tradicionales se realizaron con el Theo 010B, por el método del ángulo aislado o separado en dos posiciones, aplicando la Regla de Bessel y cumpliendo con las Normas Técnicas establecidas (Geocuba, 2000), donde como aspectos principales durante la medición fueron chequeadas las diferencias del valor angular y de las distancias (m) obtenidas entre las dos posiciones. Los resultados se muestran en la Figura 4.

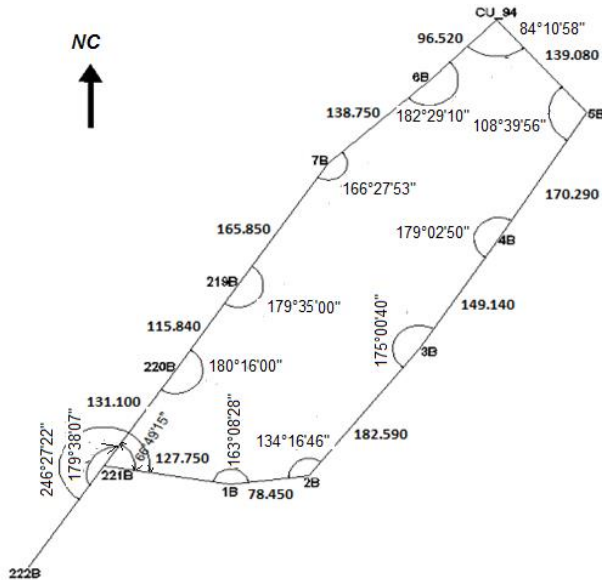


Figura 4. Croquis con los resultados de la medición de la poligonal

A partir de las mediciones de campo se realizó el cálculo y ajuste de la poligonal, comenzando por la compensación angular y luego la lineal, siguiendo las instrucciones técnicas vigentes (Geocuba, 2000). Tabla 1.

Tabla 1. Poligonal por el método tradicional (Rojas, 2017)

Punto	Acimut (° ' ")	Distanci a (m)	Δx (m)	Δy (m)	Δx ajustad a	Δy ajustad a	Coordenadas (m)	
							x	y
222							561532.097	248675.354
221	213 05 00						561607.697	248791.398
1B	99 32 39	127.75	+125.98	-21.18	+125.97	-21.23		248770.168
							561733.667	
2B	82 41 24	78.45	+77.81	+9.98	+77.80	+9.95	561811.467	248780.118
3B	36 58 27	182.59	+109.82	+145.87	+109.80	+145.80	561921.267	248925.918
4B	31 59 23	149.14	+79.01	+126.49	+78.99	+126.43	562000.257	249052.348
5B	31 02 29	170.29	+87.81	+145.90	+87.79	+145.83	562088.047	249198.178
CU-94	319 42 42	139.08	-89.93	+106.09	-89.94	+106.03	561998.107	249304.208
6B	223 53 57	96.52	-66.93	-69.55	-66.94	-69.59	561931.167	249234.618
7B	226 23 24	138.75	-100.46	-95.70	-100.47	-95.76	561830.697	249138.858
219	212 51 34	165.85	-89.99	-139.32	-90.01	-139.38	561740.687	248999.478
220	212 26 50	115.84	-62.15	-97.76	-62.17	-97.81	561678.517	248901.668
221	212 43 07	131.10	-70.81	-110.22	-70.82	-110.27	561607.697	248791.398
222	213 05 00						561532.097	248675.354
Σ		1495.36	+0.16	+0.60	0.00	0.00		

Nuevas tecnologías

Estación Total: En el caso de las mediciones realizadas con la nueva tecnología "TS-11" se ajustó a partir de la opción novedosa POLIGONAL-PRO (MET 30-09:10), incorporada al paquete de programas de esta Estación Total. (Geocuba. "MAN 31: 2011"). Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas patrones obtenidas con la Estación Total "TS-11"(en metros)

Punto	X	y	z
219B	561740,826	248999,555	150.244
220B	561678,740	248901,929	148.843
221B	561607,697	248791,398	147.570
1B	561733,525	248770,242	147.042
2B	561811,468	248780,208	146.461
3B	561921,330	248925,911	145.101
4B	562000,306	249052,114	146.849
5B	562088,225	249197,972	148.367
6B	561931,331	249234,472	150.712
7B	561830,734	249138,686	150.396
CU94	561998,364	249304,083	152.699

GNSS: Para las mediciones GNSS se utilizó la estación de referencia permanente HOLG que se encuentra en Geocuba, en los puntos del polígono fueron colocados los receptores y antenas GS-15 como puntos móviles (Figura 5).



El procesamiento de las mediciones GNSS se realizó con el software Leica Infinity, los principales resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Registro de las coordenadas obtenidas (Rodríguez, 2019)

ID Punto	x (m)	y (m)	GDOP	Duración de la medición (minutos)
221B	561607.697	248791.398	1.7 - 4.3	29
220B	561678.726	248901.912	1.6 - 4.5	28
219B	561740.788	248999.535	4.1 - 6.2	36
7B	561830.686	249138.682	1.7 - 3.0	27
6B	561931.290	249234.444	1.8 - 2.5	28
CU-94	561998.319	249304.054	1.7 - 2.7	33
5B	562088.164	249197.947	1.5 - 2.7	27
4B	562000.264	249052.062	1.6 - 2.8	31
3B	561921.336	248925.849	1.9 - 2.9	30
8B	561844.777	248989.832	2.2 - 2.8	29
2B	561811.466	248780.138	1.8 - 2.8	32
9B	561764.127	248891.011	1.6 - 2.6	27
1B	561733.531	248770.192	1.5 - 1.9	33

2.3.1 Nivelación geométrica

Método tradicional

Las mediciones alimétricas se realizaron por el método de la nivelación geométrica compuesta, en dos puestas de instrumento, con el nivel óptico H-3T y miras plegables (Geocuba, 2000). Figura 6.

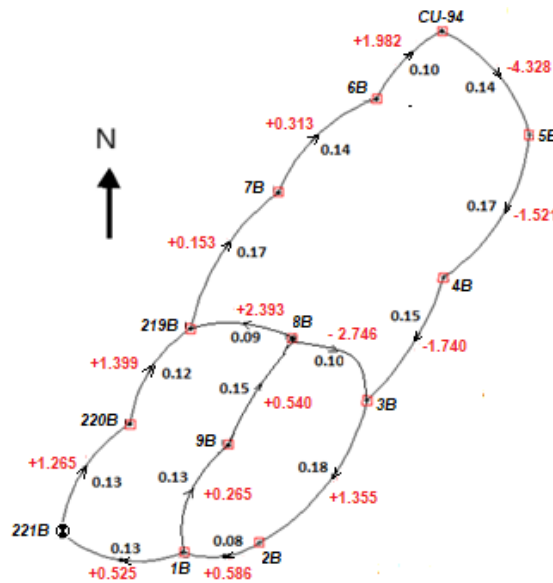


Figura 6. Esquema del itinerario de la nivelación (Escobar, 2018)

En la Tabla 4 se muestran los resultados del cálculo de la nivelación geométrica de enlace, con los errores de cierres, los cuales se encuentran entre los límites fijados por las normativas vigentes para la nivelación técnica y al final se obtienen los valores patrones de las alturas ajustadas (z).

Tabla 4. Registro de ajuste nivelación geométrica

Punto	D (km)	Δz (m)	Corrección (m)	Δz (ajustado)	Z (m)
221					147.570
1B	0.13	-0.525	-0.001	-0.526	147.044
2B	0.08	-0.586	-0.001	-0.587	146.462
3B	0.18	-1.355	-0.001	-1.356	145.104
4B	0.15	1.740	-0.001	1.739	146.835
5B	0.17	1.521	-0.001	1.520	148.346
CU94	0.14	4.328	-0.001	4.327	152.687
6B	0.10	-1.982	-0.001	-1.983	150.704
7B	0.14	-0.313	-0.001	-0.314	150.390
219	0.17	-0.153	-0.001	-0.154	150.236
220	0.12	-1.399	-0.001	-1.400	148.836
221	0.13	-1.265	-0.001	-1.266	147.570
Σ	1.51	0.011	-0.011	0.000	

Nuevas tecnologías

Se utilizó el Nivel Digital (ND) LS15, lo que permite la realización de una nivelación geométrica de alta precisión, para el procesamiento se utilizó el software Leica Infinity. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Registro de ajuste nivelación geométrica de alta precisión (Rodríguez, 2019)

No.	Nombre del punto	Longitud sección (Km)	Dist.desde CF inicial (Km)	Desnivel (m)	Correc. (mm)	Desnivel ajustado (m)	Elevaciones Ajustadas (m)
1	614334						155,993
2	CU-94	0,45	0,45	-3,221	-0,000333	-3,222	152,771
3	5B	0,14	0,60	-4,323	-0,000104	-4,324	148,448
4	4B	0,17	0,77	-1,523	-0,000125	-1,523	146,925
5	3B	0,15	0,91	-1,745	-0,000109	-1,745	145,179
6	8B	0,11	1,02	2,745	-0,000078	2,744	147,924
7	9B	0,13	1,15	-0,533	-0,000094	-0,533	147,391
8	2B	0,13	1,28	-0,850	-0,000093	-0,850	146,541
9	1B	0,08	1,35	0,585	-0,000058	0,585	147,126
10	221B	0,13	1,49	0,523	-0,000096	0,523	147,649
11	220B	0,13	1,62	1,269	-0,000096	1,269	148,917
12	219B	0,12	1,73	1,401	-0,000085	1,401	150,319
13	7B	0,17	1,90	0,152	-0,000122	0,152	150,471
14	6B	0,14	2,04	0,317	-0,000102	0,317	150,788
15	614334	0,55	2,59	5,205	-0,000403	5,205	155,993
		Σ	2,586	0,0019			

Análisis y discusión de los resultados

Los principales resultados en las diferentes etapas del proyecto de investigación se sintetizan en una base de datos (x, y, z), obtenidos a partir de la combinación de los métodos tradicionales y las nuevas tecnologías (GNSS, Estación Total y Nivel Digital), que permiten realizar los análisis comparativos correspondientes, facilitan el trabajo de docentes, estudiantes y especialistas del sector empresarial, así como la ejecución de los futuros proyectos en el área de estudio, que se han generado a partir del creciente vínculo Universidad-Empresa.

Evaluación de la calidad de las mediciones de campo

Los resultados de las mediciones, tanto planimétricas como altimétricas cumplen los requisitos establecidos (Geocuba, 2000) para este tipo de polígono. En cuanto a la precisión obtenida a partir de las mediciones GNSS, se encuentra en el orden de la I Categoría de la poligonación.

Análisis comparativo

Como resultado fundamental de la investigación en el Polígono Patrón, se obtienen las coordenadas (x,y,z) de la base de apoyo plano-altimétrica por el método tradicional y con el empleo de nuevas tecnologías, a partir de las cuales fue posible establecer un análisis comparativo de las diferencias obtenidas con respecto a los valores patrones, es decir, la Estación Total TS-11 (x,y) y el Nivel LS-15 para la altura (z). Tabla 6.

Tabla 6. Análisis comparativo

Punto	Diferencias (m)					
	Poligonación "Patrón TS-11"				Nivelación "Patrón LS-15"	
	Tradicional		Nuevas tecnologías		Tradicional	Nuevas tecnologías
	Theo		GS-14		H-3T	TS-11
	Δx	Δy	Δx	Δy	Δz	Δz
221B	0	0	0,000	0,000	-0,079	-0,079
220B	0,223	0,261	0,014	0,017	-0,081	-0,074
219B	0,148	0,077	0,038	0,020	-0,083	-0,075
7B	0,037	-0,172	0,048	0,004	-0,081	-0,075
6B	0,164	-0,146	0,041	0,028	-0,084	-0,076
CU-94	0,257	-0,125	0,045	0,029	-0,084	-0,072
5B	0,178	-0,206	0,061	0,025	-0,102	-0,081
4B	0,049	-0,234	0,042	0,052	-0,090	-0,076
3B	0,063	-0,007	-0,006	0,062	-0,075	-0,078
8B	-	-	-0,001	0,071	-0,079	-0,098
2B	0,002	0,09	0,002	0,070	-0,079	-0,080
9B	-	-	-0,017	0,040	-0,085	-0,079
1B	-0,142	0,074	-0,006	0,050	-0,082	-0,084

Conclusiones

1. El Polígono Patrón es una herramienta de apoyo para la gestión de la calidad en las Instituciones de la Educación Superior, que permite el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines para la formación del profesional de la construcción a partir del vínculo Universidad - Empresa.
2. Los resultados se sintetizan en una base de datos (x, y, z), que facilitan el trabajo de docentes y estudiantes, posibilitan la formación de posgrado y la ejecución de futuros proyectos en el área de estudio.
3. Con la realización del proyecto se generan impactos favorables en lo social, tecnológico, medioambiental y científico, evidenciado a través del perfeccionamiento del trabajo metodológico y del PEA, con la actualización de los contenidos de las asignaturas de Topografía (I y II), Proyectos Integradores (1 y 2) y Diseño Geométrico de Carreteras, en correspondencia con las exigencias del nuevo plan de estudios E.

Referencias bibliográficas

1. Acosta González, L.E., 2016. Perfil del Proyecto Institucional 2016-65 "Creación del Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines en las carreras de Ingeniería Civil y Licenciatura en Educación Construcción, Universidad de Holguín", Cuba.
2. GEOCUBA, 2000. Normas Cubanas para la realización de los trabajos topográficos de levantamiento y replanteo.
3. Geocuba MAN 31, 2011. Manual para ajuste de poligonales sobre plataforma CartoMap.
4. MET 30-09, 2010. Metodología para el trazado de viales con el empleo de estaciones totales Leica- FlexLine de la serie TS 02-06 y 09 (Trabajo de campo). Documento Técnico 30-19. Cuba. 49p.
5. Rojas Mora, L., 2017. Creación del Polígono Patrón para el desarrollo de la Topografía y sus disciplinas afines (Trabajo de Diploma), Universidad de Holguín, Cuba.
6. Escalona Escobar, L., 2018. Ajuste de las mediciones topográficas en el Polígono Patrón de la Universidad de Holguín (Trabajo de Diploma).
7. Rodríguez Pérez , Y., 2019. Perfeccionamiento de Polígono Patrón de Topografía a partir del empleo de nuevas tecnologías (Trabajo de Diploma).