

**METODOLOGÍA PARA EL EMPLEO DE ESTACIONES TOTALES DE LA SERIE
LEICA TPS 800 EN TRAZADOS Y ESTUDIOS GEOMÉTRICOS DE OBRAS VIALES**
**METHODOLOGY FOR THE USE OF TOTAL STATIONS OF THE LEICA SERIES
TPS 800 IN ROADS AND GEOMETRIC STUDIES OF ROAD WORKS**

Yenisleidy Herrera Cotera¹
Manuel Montejo Cabrera²

Fecha de recepción: 28 /11/2019

Fecha de aprobación: 10 /12/2019

DOI: <https://doi.org/10.26495/rikti.1906.29003>



Resumen

Los métodos tradicionales utilizados para la realización de trabajos topográficos en la construcción de obras viales, garantizan la precisión exigida por los proyectistas e inversionistas, pero la Topografía, en todas sus ramas, ha experimentado un avance tan rápido y sorprendente que, en muchos de sus aspectos, abandona los métodos clásicos para obtener los mismos resultados con mayor exactitud, el desarrollo de la electrónica y la informática en los últimos tiempos y su aplicación en esta disciplina ha sido causa de la aparición de las llamadas estaciones totales. Partiendo de los problemas que presentan los trabajos topográficos aplicados a la construcción de obras viales en la provincia Ciego de Ávila, Cuba, se propone una metodología para realizar el trazado y los estudios geométricos de obras lineales utilizando la Estación Total de la serie Leica TPS 800. La metodología propuesta tiene como premisa fundamental las tendencias actuales de los métodos topográficos y tecnologías avanzadas, aplicadas al trazado y estudios geométricos de las obras viales lo cual permite elevar la calidad y productividad de los trabajos topográficos y por consiguiente la calidad constructiva de la obra. Con la cooperación de especialistas, la revisión de documentos y consultas bibliográficas, de análisis y síntesis se diseña una metodología que permite sentar las bases para satisfacer la calidad y eficiencia en la preparación de los técnicos que ejecutan los trabajos topográficos relacionados con el trazado y estudios geométricos de obras ingenieras. Se utilizaron métodos del nivel teórico, empírico y estadístico.

Palabras clave: Manual de diseño; red de alcantarillado; software AutoCAD Civil 3D; proyectos.

Abstract

The traditional methods used for the realization of topographic works in the construction of road works, guarantee the precision demanded by the designers and investors, but the Topography, in all its branches, has experienced such rapid and surprising progress that, in many of its aspects, abandon the classic methods to obtain the same results with greater accuracy, the development of electronics and computer science in recent times and its application in this discipline has been the cause of the appearance of the so-called total stations. Based on the problems presented by topographic works applied to the construction of road works in the province of Ciego de Ávila, Cuba, a methodology is proposed to carry out the layout and geometric studies of linear works using the Total Station of the Leica TPS 800 series The proposed methodology has as a fundamental premise the current trends of the topographic methods and advanced technologies, applied to the layout and geometric studies of the road works which allows to raise the quality and productivity of the topographic works and therefore the construction quality of the work . With the cooperation of specialists, the review of documents and bibliographic, analysis and synthesis consultations, a methodology is designed to lay the foundations to satisfy the quality and efficiency in the preparation of the technicians who execute the topographic works related to the layout and studies Geometric engineering works. Methods of the theoretical, empirical and statistical level were used.

keywords: Design manual; sewerage system; AutoCAD Civil 3D software; Projects

¹ *Ingeniera Civil; Universidad de Ciego de Ávila , Cuba; yenisleidy9204@gmail.com. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0394-6649>*

² *Ingeniero Civil, Universidad de Ciego de Ávila, Cuba; manymontejo@gmail.com. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-1102-254X>*

I Introducción

Desde hace algún tiempo, Cuba ha venido aplicando un programa de recuperación vial, potenciando en mayor magnitud los mantenimientos de las vías pavimentadas con hormigones asfálticos. No es menos cierto que las carreteras sufrieron un alto grado de deterioro debido a la difícil situación financiera por la que transitó la economía cubana, unido a la inclemencia de las lluvias casi permanente. Es objetivo y tarea fundamental del Estado Cubano insertar la recuperación vial dentro de la actualización del modelo socialista de la economía con el objeto de llevar adelante el desarrollo sostenible del país.

La amplia red vial de la provincia Ciego de Ávila juega un importante papel en el desarrollo económico y turístico del territorio, constituyendo el enlace entre la región occidental y oriental del país debido a su posición geográfica. Los trabajos topográficos aplicados a la construcción vial desempeñan una labor fundamental para la ejecución de las obras en el tiempo establecido y con la calidad requerida.

Durante estos últimos años los trabajos topográficos en esta rama se han visto afectados por un grupo de dificultades que reflejan la falta de una estrategia metodológica y una política coherente para recuperar, a la par de la vial, el aseguramiento topográfico en la construcción de obras viales.

La ejecución de este tipo de obras ingenieras, por su magnitud y complejidad, cada día requiere más de los servicios de la geodesia, por ello se hace necesario aplicar nuevos métodos para el aseguramiento geodésico con una mayor precisión, por lo que se impone la necesidad de la preparación de los especialistas altamente calificados capaces de poder dominar nuevas y complejas metodologías.

Teniendo en cuenta un estudio preliminar realizado en varias entidades especializadas en el mantenimiento y construcción de viales en la provincia de Ciego de Ávila se ha identificado que las principales dificultades relacionadas con el aseguramiento topogeodésico son:

- Baja productividad y calidad en la realización de los trabajos topográficos, a pesar de contar en algunos casos, con tecnología de avanzada.
- Insuficiente aprovechamiento de las nuevas tecnologías en la rama de la topografía, aplicada al aseguramiento de la construcción de obras viales.
- Baja calificación y preparación de los técnicos que ejecutan los trabajos topográficos. Deficiente atención integral a los técnicos que ejecutan los trabajos de topografía a pie de obra. Carencia de documentación técnica (metodologías, normas, guías, etc.) principalmente de tecnologías de avanzada, para la ejecución de trabajos de replanteo y control geométrico de obras viales.

Desde estas manifestaciones internas, se plantea el siguiente problema científico: Deficiencias en la calidad en la ejecución de los trabajos topográficos, limita la construcción de obras viales. Estas manifestaciones causales sugieren profundizar en el estudio de los procedimientos topográficos para la construcción de obras viales en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, objeto del presente trabajo de investigación.

El objetivo general consiste en elaborar una metodología para el empleo de Estaciones Totales de la serie Leica TPS 800 en trazados y estudios geométricos de obras viales.

Para ellos se ha revisado literatura especializada sobre el desarrollo de los instrumentos topográficos y su aplicación en obras viales.

La Topografía como ciencia se ha desarrollado casi desde el surgimiento de la humanidad contribuyendo a su desarrollo. Es una ciencia estrechamente ligada a todas las esferas fundamentales del desarrollo social, entre ellas la construcción de obras arquitecturales y de ingeniería, la agricultura, la industria, la ciencia militar, la cultura, el turismo, por sólo citar algunas de relevancia y actualidad.

Los registros históricos más antiguos sobre la topografía que existen en la actualidad, afirman que esta ciencia se originó en Egipto. Las primeras aplicaciones de la topografía fueron las de medir y marcar los límites de los derechos de propiedad. El Egipto fue dividido en lotes para el pago de impuestos. Las inundaciones anuales del río Nilo arrastraban partes de estos lotes y se designaban topógrafos para redefinir los linderos.

En Cuba, uno de los primeros trabajos geodésicos de envergadura en interés de la construcción de obras ingenieras lo constituyó la nivelación del proyecto de canalización de los Güines, entre la Habana y Batabanó a finales del siglo XVIII. A mediados del siglo XIX, por necesidad de la proyección y construcción del Acueducto de la Habana (el acueducto de Albear) y de la primera red de distribución de la ciudad, se ejecutaron diferentes labores geodésicas y topográficas dirigidas y en algunos casos ejecutados directamente por el ingeniero Francisco Albear.

En la evolución histórica del desarrollo de los instrumentos topográficos y su aplicación en obras viales se ha venido definiendo la topografía como “el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales”. Esta definición demuestra que los instrumentos de medición topográfica están estrechamente vinculados con los métodos para realizar los trabajos de topografía por lo que es imposible que existan métodos sin instrumentos y viceversa. Los métodos topográficos no han variado en gran medida a lo largo de la historia, las metodología son similares a las de las antiguas civilizaciones, sin embargo si han existido modificaciones importantes en los instrumentos de medición, los cuales son muchos más precisos y seguros hoy en día.

Uno de los mayores avances en este sentido ha sido la revolución de la informática y de la electrónica en los últimos años. La combinación de equipos informáticos e instrumentos topográficos, el desarrollo de avanzados programas de cálculos topográficos y modelado digital de terrenos, la utilización ya generalizada de Estaciones Totales que permiten combinar una toma de datos automática con programas de cálculo topográfico y de CAD (Computer Aided Design, o diseño asistido por computadora), así como la gran revolución que ha supuesto el sistema de posicionamiento por satélites (GPS, GLONASS, GALILEO), han aumentado mucho el campo abarcado por la topografía en la construcción de obras viales, permitiendo unas precisiones antes sólo alcanzables por métodos geodésicos, pero que son imprescindibles para las nuevas exigencias que plantea este tipo de obra en la actualidad.

La Estación Total como instrumento de medición, juega un papel importante en la actualidad para el desarrollo de los trabajos topográficos aplicados al trazado y construcción de obras viales. Es definido como un conjunto de instrumentos integrados,

que facilitan las tareas topográficas y permiten la ejecución de obras viales, entre otras, de diversa envergadura.

En la literatura especializada se pueden encontrar varias definiciones que responden a distintos intereses funcionales y prácticos de estos instrumentos. Por ejemplo: La Estación Total es un instrumento topográfico de última generación, que integra en un solo equipo medición electrónica de distancias y ángulos, comunicaciones internas que permiten la transferencia de datos a un procesador interno o externo y que es capaz de realizar múltiples tareas de medición, guardado de datos y cálculos en tiempo real. Además, dispone de los elementos ópticos y mecánicos, imprescindibles en todos los taquímetros topográficos (teodolitos).

La necesidad de la normalización de los trabajos topográficos. La incorporación de poderosas herramientas, en el campo de los trabajos topográficos, como las Estaciones Totales de última generación ha impactado en la productividad y eficacia de los mismos, aplicados al trazado y diseño geométrico de obras viales. Estos cambios están siendo incorporados por las empresas proyectistas y constructoras, porque permiten ampliar el volumen y profundizar el nivel de la información a suministrar a los proyectistas, reducir considerablemente los tiempos de obras (tanto en los levantamientos como en los replanteos), mejorar la acotación de errores y aseguran una mejor calidad de los resultados.

Pero estas mejoras sustanciales en las herramientas de medición y cálculo, obligan el conocimiento y la aplicación de metodologías adecuadas, de modo tal que estas tecnologías precisen ser reglamentadas mediante procedimientos. Una norma o metodología es una forma especificada para llevar a cabo una actividad o desarrollar un proceso.

¿Por qué es necesario que existan metodologías? La aplicación de procedimientos o metodologías permiten:

- Definir un método de trabajo previamente estudiado a conciencia, para asegurar cubrir todos los aspectos técnicos y operativos del mismo.
- Optimizar los procesos, asegurando la mejora continua, si los procedimientos son revisados y estudiados periódicamente. • Estandarizar los procesos, asegurando que siempre se trabaje de la misma forma y mantener una calidad uniforme del servicio, sea quien fuere la empresa que lo preste.
- Dar confianza a los usuarios si se trabaja con normas nacionales o internacionales, las cuales fueron debidamente estudiadas previamente por un equipo de expertos en la materia.
- Mejorar sustancialmente la comunicación entre las distintas organizaciones que participan en un proyecto, si éstas aplican la misma normativa, lo cual unifica el lenguaje y el intercambio de información.
- La normalización promueve la creación de un idioma técnico común a todas las organizaciones y fomenta la competitividad empresarial, principalmente en el ámbito de las nuevas tecnologías. La normalización permite innovar, anticipar y mejorar los productos.

Al no existir actualmente una metodología adecuada para el empleo de la Estación Total en los trabajos de aseguramiento topográfico en el de trazado y diseño de obras viales en las empresas constructoras de la provincia de Ciego de Ávila, Cuba, los problemas técnicos que se presentan en las obras relacionados con este campo presentan deficiencias, por lo

que las soluciones de tipo topográfico en la obra no siempre se presentan de la forma más racional y con la calidad exigida por el proyecto.

En tal sentido, la ventaja de la Estación Total es el componente electrónico en cuanto a memoria interna para almacenar datos de campo, que la hace más versátil y rápida que los instrumentos clásicos, es así que las nuevas tecnologías aplicadas en los trabajos topográficos obligan a la aplicación de metodologías adecuadas.

II. Material y métodos

El empleo de los materiales y métodos en el proceso de diseño y estructura de la Metodología para el empleo de Estaciones Totales de la serie Leica TPS800 en trazados y estudios geométricos de obras viales. Se presenta, además, una breve descripción del proyecto de ejecución del trazado del vial circunvalante noroeste de la Universidad de Ciego de Ávila "Máximo Gómez Báez" utilizando indistintamente métodos clásicos (teodolito y cinta) y la Estación Total Leica TPS 805 con el objetivo de validar la metodología propuesta.

Los métodos y técnicas científicas que se emplearon constituyeron el soporte para el desarrollo del trabajo, debido al carácter abierto, interdisciplinario, y multidimensional de este proyecto, el cual es flexible, adecuándose a las condiciones del entorno. Para esta investigación se utilizó como métodos: El Método histórico – lógico, para precisar la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos en el cursar de la historia, profundizando en los trabajos de trazados y estudios geométricos de obras viales con empleo de Estaciones Totales de la serie Leica TPS800. El Método inductivo – deductivo. Reflejando lo que hay de común en los fenómenos individuales y estableciendo las generalizaciones sobre la base del estudio de los fenómenos singulares, particularmente las referidas a los requerimientos teóricos y metodológicos exigidos para la definición de la metodología. Método de experto. Valoraron el empleo e impacto de la Estación Total en los trabajos de trazados y estudios geométricos de obras viales. Los especialistas se seleccionaron mediante el método de muestreo intencional con el propósito de incorporar en la investigación a los especialistas con mayor preparación en el tema de Geodesia y Topografía y al mismo tiempo obtener un balance entre las disímiles especialidades afines a la investigación; competentes en la representación de los diferentes componentes del objeto de estudio.

Se utilizaron técnicas como la observación; entrevista y el estudio de documentos.

Los trabajos de campo se realizaron con la colaboración de la empresa GEOCUBA Camagüey – Ciego de Ávila que aportó la Estación Total. Se tuvieron en cuenta las instrucciones técnicas vigentes y se tomaron las medidas necesarias para no afectar el medio ambiente en esta zona.

Para validar la metodología se utilizó un método comparativo, el cual es elemental en la aprobación de la propuesta del documento técnico elaborado y el análisis de las partes que lo componen. Este se desarrolló a través de la evaluación de los resultados obtenidos de forma cualitativa.

III. Resultados

Base planimétrica: Se utilizó la red de puntos con precisión de 1ra categoría. Como base de apoyo para la realización de los trabajos de trazado del vial se empleará la red "Polígono topo-geodésico de la universidad de Ciego de Avila. Las coordenadas de los puntos de esta red se determinaron mediante el sistema de posicionamiento global (GPS). Se empleó el modo diferencial o relativo. Se midió una línea base (o base línea), desde un punto fijo, en este caso el punto de IV orden 4481-013 (estación de referencia con coordenadas conocidas) a los restantes puntos de la red con coordenadas desconocidas. Las coordenadas definitivas de los puntos se obtuvieron del ajuste preliminar realizado en gabinete. Todos los puntos de la red del polígono están fijados en el terreno mediante hitos de hormigón fundidos de forma permanente con una chapa de bronce empotrada con la inscripción del nombre del punto o mediante chapas de bronce empotradas directamente en aceras y bordes de contenes de las calles.

En la **tabla 1** se muestran las coordenadas planimétricas de los puntos geodésicos de la base planimétrica empleados en los trabajos del replanteo del vial.

UNIVERSIDAD 1	738260,383	230684,395
UNIVERSIDAD 2	738492,66	230740,158
UNICA 1	738277,555	230566,578
UCT 1	738458,352	230842,976

Fuente: Elaboración propia

Base altimétrica. Se utilizó como base de apoyo altimétrica para la realización de los trabajos de replanteo del vial la red "Polígono topo-geodésico UNICA" del año 2013. La altura de los puntos se determinó mediante una nivelación geométrica en forma de un polígono cerrado de nivelación técnica, desde un punto de partida con alturas calculadas de nivelación de IV orden. La altura del punto de partida se obtuvo de los compendios de los desniveles de la nivelación de IV orden realizada en 1993 en el proyecto "Modesto Reyes". El ajuste de la base altimétrica fue realizado por método aproximado con el empleo del programa de computación TopCal. El error de la línea calculada en el proceso de ajuste se expone en la siguiente tabla.

Tabla 2. Error de cierre de la línea de nivelación empleada.

No.	Denominación		Errores en mm.		Longitud en Km.	Observaciones
	Desde	Hasta	Obst.	Permis.		
1						
	3P-147	3P-147	-2mm	74mm		
					2.191	

Fuente: Elaboración propia

El catálogo de las alturas de los puntos empleados en los trabajos de replanteo se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 3. Altura de los puntos empleados en el replanteo.

Puntos	Cotas (m)
Universidad 1	41.622
Universidad 2	41.017
UNICA 1	42.875
UCT1	40.669

Fuente: Elaboración propia

Por lo que se establecieron los métodos y herramientas de investigación que permitieron realizar el diseño y la estructura de la metodología para el empleo de Estaciones Totales de la serie Leica TPS 800 en trazados y estudios geométricos de obras viales y se describieron las características del proyecto de trazado del vial circunvalante noroeste de la Universidad de Ciego de Ávila con el empleo de la Estación Total Leica TPS 805, para comprobar el diseño de la metodología propuesta.

IV. Discusión

Se describe detalladamente la metodología para el empleo de Estaciones Totales de la serie Leica TPS 800 en trazados y estudios geométricos de obras viales y se muestran los resultados del proceso de comprobación de la misma obtenidos en el trazado del vial circunvalante noroeste de la Universidad de Ciego de Ávila

La presente metodología establece la secuencia lógica para el aseguramiento ingeniero-geodésico en el trazado y estudio geométrico de viales, empleando estaciones totales de la serie Leica TPS 800. Aborda los trabajos de campo para el trazado y el estudio geométrico de los puntos notables de secciones rectas y curvas, tanto circulares como espirales, de los viales, soportado en la aplicación Carreteras 3D de la Estación Total Leica TPS 805.

Se emplean pantallas de la Estación Total Leica TPS 805. La aplicación Trazados (Carreteras 3D) soporta:

- Alineaciones horizontales con los elementos recta, círculo, clotoide (de entrada, de salida y parcial).
- Alineaciones verticales con los elementos recta, círculo y parábola cuadrática.
- Carga de alineaciones horizontales (Trazado en Planta) y alineaciones verticales (Trazado en Alzado) que estén en formato de datos gsi del Leica Road Line Editor.
- Creación, visualización y eliminación de alineaciones en el instrumento. Utilización de las cotas del proyecto contenidas en la alineación vertical o de cotas introducidas manualmente.
- Subprograma Comprobar.
- Subprograma Replanteo.
- Subprograma Comprobar Talud.
- Subprograma Replantar Talud.

En el inicio del trabajo con la Estación Total Leica TPS 805. Una vez encendida y nivelada correctamente la Estación Total Leica TPS 805, se está en condiciones de comenzar a trabajar. La Estación Total está organizada por páginas (PAGE), por lo que se ha de pulsar la tecla fija MENU para acceder a [MENU], donde aparecerán las viñetas que corresponden a Programa, Configuración, EDM, ARCHIVO.

Se aportó los elementos necesarios para conocer que se han introducido modificaciones importantes en los instrumentos topográficos de medición, los cuales son muchos más precisos y seguros hoy en día y precisan de metodologías adecuadas para para el trazado y estudio geométrico de obras viales.

V. Conclusiones

El diseño de la metodología para el empleo de Estaciones Totales en trazados y estudios geométricos de obras viales garantiza la calidad en la ejecución de los trabajos topográficos aplicados a la construcción de obras viales.

A partir del estudio de manuales de usuarios, instrucciones, guías, normas técnicas, etc, se diseñó una metodología que fija los procedimientos para el trazado y estudio geométrico de obras viales empleando la Estación Total.

VI. Referencias

- García, José. Manual de usuario para cálculos geométricos especiales industriales (“COGO”) con el empleo de Estaciones Totales Leica de la serie TPS 1000. 2007. <https://es.scribd.com/document/307771072/Leica-Tps-1100-Series-Espanol>
- Grupo Empresarial GEOCUBA. Manual de usuario para el empleo de Biblioteca Básica de aplicaciones ET “Leica”. Módulo 1. (MAN 30-06:2004) y Módulo 2 (MAN 30-07:2004). 2004.
- Herrera, Y. (2015). Metodología para el empleo de estaciones totales de la serie leica tps 800 en trazados y estudios geométricos de obras viales. Repositorio UNICA. www.unica.cu.
- Leica Geosystems. Manual del Usuario. Leica TPS800 Series. Heerbrugg. Suiza.2007. <http://www.adsoltop.com/leicaTPS-800seriesespaol.pdf>.
- Leica Geosystems. Instrumentos topográficos (plegable). Barcelona, España. 2011. https://www.instop.es/index.php?gclid=EAIaIQobChMIveuE8a2w5QIVsYFaBR0zGAm1EAAAYASAAEgJdc_D_BwE.
- Pérez Sánchez, Armando y otros. Metodología para “Levantamientos a grandes escalas” con el empleo de Estaciones Totales Leica de la serie TPS 800. (MET 30- :2008). <https://docplayer.es/56650654-Geocuba-uct-investigacion-y-consultoria-geocuba-camaguey-ciego-de-avila-3-geocuba-vc-ss.html>.