South American Publishing

SAP Land and Architecture. 2025; 4:266
doi: 10.56294/la2025266

ORIGINAL

The Digital Transformation: Challenges in Topographer Education

La transformación digital: los retos en la formación del topógrafo

Adrián Eliceo Reyna-García[1], Douglas Gabriel Pichucho-Morales[1]

[1]Universidad San Gregorio de Portoviejo, Carreras de Arquitectura y Topografía, Portoviejo. Ecuador.

Cite as
Reyna-García AE, Pichucho-Morales DG. The Digital Transformation: Challenges in Topographer Education. SAP Land and Architecture. 2025; 4:266. https://doi.org/10.56294/la2025266

Publication History
Submitted: 08-01-2025
Revised: 01-04-2025
Accepted: 28-08-2025
Published: 29-08-2025

Corresponding Author
Adrián Eliceo, Reyna-García

ABSTRACT

From its origins, topography has been a cornerstone in the design and materialization of civil engineering projects, forming the basis for accurate planning and construction. Globalization and technological evolution have minimized historical limitations in topographic surveys, enabling more extensive work with less personnel and in less time. Currently, this progress is driven by digital transformation, such as Artificial Intelligence (AI), which is revolutionizing the discipline by potentially influencing nearly most of topographers' main tasks in the next decade, according to a recent report by the Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). This presents the challenge of training professionals capable of mastering these new technologies and generating high-quality geoinformation for construction projects. This essay explores how digital transformation is modifying the field of topography and geomatics, analyzing the benefits and risks that emerge for professionals and the training of future topographers, in a context where the importance of topography is undeniable, but its evolution requires a deeper and more current examination.

Keywords: Civil Engineering Works; Digital Transformation; Geomatics; Professional Training; Revolution 4.0.

RESUMEN

Desde sus orígenes, la topografía ha sido una piedra angular en el diseño y la materialización de proyectos de obras civiles, siendo la base para una correcta planificación y construcción. La globalización y la evolución tecnológica han minimizado las limitaciones históricas en los levantamientos topográficos, permitiendo trabajos más extensos con menos personal y en menor tiempo. Actualmente, este avance se ve impulsado por la transformación digital como la Inteligencia Artificial (IA), que está revolucionando la disciplina al influir potencialmente en casi la mayoría de las tareas principales de los topógrafos en la próxima década, según un informe reciente de la Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). Esto plantea el desafío de formar profesionales capaces de dominar estas nuevas tecnologías y generar geoinformación de alta calidad para proyectos constructivos. El presente ensayo explora cómo la transformación digital está modificando el campo de la topografía y la geomática, analizando los beneficios y riesgos que emergen para los profesionales y la formación de futuros topógrafos, en un contexto donde la importancia de la topografía es innegable, pero su evolución requiere una mirada más profunda y actual.

Palabras clave: Formación Profesional; Geomática; Obras Civiles; Revolución 4.0; Topografía.

© 2025; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCCIÓN

La topografía, descrita como ciencia, técnica, arte o disciplina, permite medir la superficie terrestre y sus características naturales o antrópicas para representarlas en planos a escala. Es considerada una de las artes más antiguas e importantes, esencial para la demarcación de límites y la cuantificación de superficies desde tiempos remotos.[1] En la actualidad, sus aplicaciones son vastas, abarcando desde la orientación y dimensionamiento de terrenos, hasta el levantamiento de líneas base para proyectos de obras civiles y su replanteo en campo.[2] Diversas ramas de la ingeniería y la arquitectura se nutren de la topografía para obtener información precisa sobre la posición, dimensiones y forma del terreno, que es el punto de partida para cualquier estudio o proyecto.[3,4]

Si bien la topografía ha sido siempre fundamental, los cambios generados por la aparición de nuevas tecnologías han impulsado su evolución hacia caminos llenos de oportunidades.[5] Instrumentos como teodolitos de alta precisión, distanciómetros electrónicos, colimadores láser, y la percepción remota mediante drones e imágenes satelitales, han facilitado enormemente los trabajos topográficos. No obstante, comprender el funcionamiento de estos instrumentos y las nuevas técnicas requiere un sólido conocimiento de los fundamentos teóricos para asegurar su correcta aplicación y evitar que el profesional se convierta solo en un aprieta botones sin entender el porqué de los resultados.[3,6]

La transformación digital exige una revisión profunda de la formación de los profesionales en topografía, un reto que ya se manifiesta en la industria de la construcción del Reino Unido, donde la escasez de habilidades en este campo restringe su crecimiento.[7] Para superarlo, la educación en topografía debe priorizar un componente práctico fuerte y el uso de instrumentos y softwares actualizados. Esto se enmarca en la innovación educativa, que implica transformar didácticas, incorporar tecnologías y mejorar la práctica docente.[8] El objetivo es formar profesionales con las competencias necesarias para integrarse rápidamente al mercado laboral, manteniendo siempre una sólida base teórica.

En este contexto de rápida evolución tecnológica, la Inteligencia Artificial (IA) y su aplicación en el ámbito geoespacial, emerge como un factor transformador sin precedentes.[9,10,11] La IA no solo optimiza las herramientas existentes, sino que redefine el rol del topógrafo y la forma en que se conciben y ejecutan los proyectos de ingeniería civil. Este ensayo profundizará en cómo la IA está modificando drásticamente el campo de la topografía y la geomática, sus beneficios y los desafíos que presenta para los profesionales y la formación académica.

DESARROLLO

Historia y Evolución de la Topografía hacia la era de la IA

La topografía, entendida como la descripción detallada de la superficie terrestre, ha acompañado la historia de la humanidad, encargándose de la representación gráfica de formas y detalles del terreno en planos a escala.[12,13] Se estima que los antiguos egipcios realizaron los primeros trabajos topográficos hace más de 3000 años, empleando la geometría para dividir parcelas y restaurar linderos arrasados por las crecidas del Nilo, utilizando “mecates anudados”.[14,15,16]

Figura 1. Representación simbólica de los trabajos topográficos realizados en el Canal de Panamá. Escena con figuras de yeso en el Museo del Canal

A lo largo de la historia, la topografía ha sido crucial en grandes proyectos constructivos mundiales, desde las líneas férreas y la presa Hoover en Estados Unidos, hasta la construcción del Canal de Panamá (figura 1) y viaductos en Europa. La evolución de los instrumentos topográficos ha sido constante, desde el Gnomon (560 a.C.) y la Dioptra que permitía la medición de ángulos y descripciones de Vitruvio sobre carros medidores de distancias por medio de contadores de vueltas, hasta la invención del primer teodolito en 1720 por Jonathan Sisson.[6]

El siglo XX y XXI presenciaron una evolución vertiginosa, impulsada por el aumento del costo de los terrenos y el progreso tecnológico. La fotogrametría, los computadores, las estaciones totales robotizadas, el láser 3D y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se incorporaron al trabajo topográfico, permitiendo levantamientos de zonas extensas con mayor precisión y eficiencia.

https://doi.org/10.56294/la2025266

Estos avances sentaron las bases para lo que hoy conocemos como la Topografía Moderna, caracterizada por el uso de estaciones totales robóticas, GPS de alta precisión y escáneres digitales que generan nubes de puntos tridimensionales.[3,17] La tecnología dron, en particular, ha emergido como una herramienta versátil y multidisciplinaria para la adquisición de datos geoespaciales, revolucionando la fotogrametría y la teledetección (figura 1 y 2).

En la actualidad, esta evolución está transitando hacia la era de la Inteligencia Artificial. La IA no es solo una nueva herramienta; es un paradigma que potencia las tecnologías existentes. Por ejemplo, los algoritmos de Machine Learning y Deep Learning permiten procesar y clasificar automáticamente las vastas nubes de puntos generadas por escáneres láser y drones, identificando objetos, superficies y anomalías con una velocidad y precisión inalcanzables manualmente.[18,19] La IA facilita la integración y el análisis de datos geoespaciales provenientes de múltiples sensores (satélites, drones, sensores IoT), creando modelos predictivos y gemelos digitales de infraestructura.[20] Este salto cualitativo transforma la topografía de una disciplina de "recolección de datos" a una de "análisis inteligente y gestión proactiva de geoinformación", impulsando la toma de decisiones estratégicas en cada fase de un proyecto.

Figura 2. Equipo GPS con técnica GNSS diferencial RTK.

Figura 3. Aplicación de aeronaves tripuladas a distancias (Drones) para realizar ortofotografías aéreas y modelos digitales de elevaciones (MDE)

Impacto de la IA en el campo profesional de la Topografía y la Geomática

La integración de la Inteligencia Artificial está modificando profundamente el campo de la topografía y la geomática. Este impacto se manifiesta en varios aspectos clave:

- *Automatización y eficiencia:* La IA automatiza tareas repetitivas y de gran volumen, como la clasificación de nubes de puntos, la detección de características del terreno y la generación de modelos 3D. Esto no solo reduce significativamente el tiempo y el costo, sino que también minimiza los errores humanos.[21] Los profesionales pueden dedicar más tiempo al análisis crítico de los datos y a la toma de decisiones complejas, en lugar de a la recolección y procesamiento manual.
- *Precisión y calidad de los datos***:** Los algoritmos de IA mejoran la calidad y la fiabilidad de los datos geoespaciales, permitiendo la detección de inconsistencias y la optimización de los modelos (Zambrano)[11]. Esto resulta en información más robusta para el diseño y la ejecución de obras civiles, reduciendo riesgos y costos asociados a imprecisiones.

https://doi.org/10.56294/la2025266

- *Nuevos servicios y aplicaciones:* La IA abre la puerta a servicios innovadores. Por ejemplo, el monitoreo inteligente de la infraestructura en tiempo real mediante el análisis de datos de sensores y drones, el mantenimiento predictivo de obras civiles, o la simulación de escenarios constructivos complejos para optimizar recursos y seguridad.[22] La capacidad de generar y analizar "gemelos digitales" de proyectos permite una gestión integral desde la fase de planificación hasta la operación.
- *Integración de fuentes de datos:* La IA facilita la fusión de información heterogénea proveniente de distintas plataformas (imágenes satelitales, datos obtenidos mediante tecnología Light Detection and Ranging <LiDAR>, fotografías aéreas, sensores terrestres) en un único entorno de análisis. Esto proporciona una visión holística y multidimensional del terreno y de los proyectos.[23]

Los beneficios y riesgos para los profesionales y la formación

La industria de la topografía experimenta un impacto de los servicios digitales tan profundo y transformador como cualquier otra profesión. A diferencia de lo que ocurrió en revoluciones tecnológicas previas, donde la naturaleza tangible de los edificios ofrecía cierto resguardo, la topografía ya no contará con ese aislamiento. La convergencia de tecnologías como el Internet de las Cosas, los sistemas de gestión de edificios y el Modelado de Información de la Construcción (BIM) expondrá a los topógrafos a cambios rápidos y sin interrupciones.[24]

La incorporación de la IA en la topografía conlleva tanto beneficios sustanciales como desafíos significativos para los profesionales y los procesos educativos:

Beneficios

- Mayor productividad y nuevas oportunidades: La IA permite realizar más trabajo en menos tiempo, aumentando la productividad de los topógrafos. Esto no implica necesariamente una reducción de personal, sino una reorientación hacia roles de mayor valor agregado, como analistas de datos geoespaciales, desarrolladores de algoritmos, o gestores de proyectos de IA.[25]
- Reducción de riesgos en campo: La implementación de nuevas tecnologías como los drones y vehículos autónomos en la automatización de levantamientos topográficos optimiza las operaciones, relevando al personal de tareas arduas, repetitivas y tediosas.[26] Esto resulta en una reducción crucial de la exposición humana a entornos geográficos de riesgo o inaccesibles.
- Mejora de la calidad del trabajo: La IA puede identificar patrones y anomalías en grandes conjuntos de datos que pasarían desapercibidos para el ojo humano, elevando la precisión y la calidad de los entregables topográficos.[27]
- Impulso a la innovación: La aplicación de la IA fomenta la investigación y el desarrollo de nuevas metodologías y herramientas, manteniendo a la topografía en la vanguardia tecnológica.[28]

Riesgos y Desafíos

- *Necesidad de actualización constante:* Los profesionales deben adquirir nuevas habilidades en áreas como programación (Python, R), análisis de datos, Machine Learning, y gestión de bases de datos geoespaciales. La obsolescencia de habilidades es un riesgo real si no hay un compromiso con el aprendizaje continuo.
- *Brecha de habilidades***:** La rapidez del avance de la IA puede generar una brecha entre los profesionales que dominan estas nuevas herramientas y aquellos que no.
- *Inversión tecnológica***:** La implementación de soluciones de IA requiere una inversión significativa en software especializado, hardware de alto rendimiento y capacidad de almacenamiento en la nube.
- *Pérdida de la intuición si no hay fundamentos:* Como ya se mencionó, el riesgo de convertir al topógrafo en un aprieta botones es latente si no se refuerzan los fundamentos teóricos y la capacidad de interpretación crítica de los resultados generados por la IA. La comprensión de los principios topográficos es esencial para validar y contextualizar la información de la IA.
- *Cuestiones éticas y de privacidad:* El manejo de volúmenes masivos de datos geoespaciales, incluyendo información de terrenos y propiedades, plantea desafíos éticos y de privacidad que deben ser abordados con marcos regulatorios adecuados.

Los retos de los profesionales en Topografía y su formación

En un mundo globalizado y altamente competitivo, los profesionales de la ingeniería y la construcción, incluyendo los topógrafos, requieren habilidades y competencias alineadas con el desarrollo tecnológico actual. Para Alcántara[3], la topografía es fundamental en la formación de ingenieros y arquitectos, no solo por las habilidades técnicas que confiere, sino por su influencia didáctica.

El futuro del topógrafo radica en la capacidad de adaptarse a estos cambios tecnológicos. Como lo estableció Cabel por Jiménez et al.[17], uno de los principales desafíos es implementar un nuevo paradigma basado en las teorías informáticas y un enfoque interdisciplinario en los planes de estudio tradicionales de topografía. El perfil educativo ideal debe integrar las Ciencias de la Medición y la Administración del Territorio bajo el amplio paraguas de la Manejo de la Información Geográfica, ahora profundamente influenciado por la IA.

El Dr. Israel Quintanilla, en 2013, ya destacaba que "todo va muy rápido porque al igual que evoluciona la teledetección, evoluciona también la fotogrametría con el láser escáner y eso es lo que significa ser el topógrafo del futuro, adaptarse a las nuevas tecnologías en las condiciones del entorno en donde nos encontramos".[29] Hoy, esa adaptación se extiende de manera crucial a la Inteligencia Artificial.

Las aplicaciones de (IA) requieren equipos informáticos potentes y eficientes para satisfacer las nuevas demandas de los estudiantes. Sin embargo, un problema común en los centros educativos y hogares es la carencia de recursos o la financiación insuficiente, lo que resulta en la presencia de equipos obsoletos o, directamente, la ausencia de cualquier dispositivo, creando una barrera significativa para el aprendizaje.[8]

CONCLUSIONES

La topografía mantiene su rol esencial en el diseño y la construcción de obras civiles, actuando como el punto de partida fundamental y facilitando los procesos subsiguientes a través de levantamientos y replanteos precisos. El crecimiento poblacional global y la consecuente demanda de infraestructura han intensificado la necesidad de labores topográficas frecuentes y de alta calidad, requiriendo profesionales capaces de generar insumos confiables para los diseñadores.

La globalización y la irrupción de las nuevas tecnologías, especialmente la Inteligencia Artificial, han acelerado vertiginosamente la forma en que se realizan los trabajos topográficos. Hoy en día, la combinación de aeronaves tripuladas a distancia (drones) y otras técnicas avanzadas de georreferenciación, potenciadas por algoritmos de IA, permiten ejecutar tareas con mayor rapidez, eficiencia y con menos personal. La IA no solo optimiza la adquisición de datos, sino que transforma la capacidad de análisis y la generación de información de valor, permitiendo una toma de decisiones más informada y estratégica.

Es imperativo que los procesos educativos se adapten a esta nueva realidad. Las Instituciones de Educación Superior deben implementar una enseñanza con un alto componente práctico, sin descuidar la sólida base teórica, y deben contar con instrumentos y programas actualizados que integren la IA. Se deben generar programas de formación que permitan a los profesionales incorporarse rápidamente al ámbito laboral, manteniéndose al ritmo del crecimiento tecnológico de los instrumentos y softwares, pero siempre fundamentados en los principios de la disciplina. El topógrafo del futuro debe ser un experto en la aplicación de la IA para los trabajos topográficos, un analista de datos geoespaciales y un estratega en la implementación de soluciones que optimicen el ciclo de vida de las obras civiles.

Los programas de formación en topografía deben evolucionar para:

- *Fortalecer los fundamentos teóricos:* Asegurar que los profesionales comprendan los principios subyacentes de la topografía y la geomática, lo cual es vital para interpretar y validar los resultados complejos que la transformación digital produce.
- *Integrar habilidades de programación y análisis de datos:* Capacitar a los estudiantes en lenguajes de programación relevantes y en el uso de herramientas para el análisis masivo de datos geoespaciales.
- *Enseñar Machine Learning y Deep Learning aplicados:* Proporcionar conocimientos específicos sobre cómo aplicar algoritmos de IA para la clasificación, segmentación, predicción y modelado en entornos geoespaciales.
- *Promover el uso de plataformas y herramientas de IA:* Familiarizar a los futuros topógrafos con software especializado, plataformas de computación en la nube para geoprocesamiento y herramientas de visualización avanzada.
- *Fomentar el pensamiento crítico y la resolución de problemas*: Desarrollar la capacidad de los estudiantes para enfrentar desafíos complejos donde la IA es una herramienta, no la solución final.

Este enfoque garantizará que el profesional de la topografía no solo sea competente en el uso de las tecnologías actuales, sino que sea un agente de cambio, capaz de innovar y liderar la implementación de soluciones basadas en la IA para responder a las exigencias de la ingeniería civil del siglo XXI.

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Adrián Eliceo, Reyna-García, Douglas Gabriel, Pichucho-Morales.
Investigación: Adrián Eliceo, Reyna-García, Douglas Gabriel, Pichucho-Morales.
Metodología: Adrián Eliceo, Reyna-García, Douglas Gabriel, Pichucho-Morales.
Redacción – borrador original: Adrián Eliceo, Reyna-García, Douglas Gabriel, Pichucho-Morales.
Redacción – revisión y edición: Adrián Eliceo, Reyna-García, Douglas Gabriel, Pichucho-Morales.

REFERENCIAS

1. Castro J, Vélez M. La importancia de la topografía en la ingeniería y la arquitectura. Polo del Conocimiento. 2017;9(2-7):1071-81. https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.331

2. García F. Curso básico de topografía. Planimetría – Agrimensura – Altimetría. Ciudad de México: Árbol Editorial; 2017.

3. Alcántara D. Topografía y sus aplicaciones. Ciudad de México: Editorial Continental; 2014.

4. Construcciones Almozara 2000. La importancia de la Topografía en obra civil. Construcciones Almozara 2000. 2018. https://www.almozara2000.es/la-importancia-la-topografia-obra-civil/

5. Taboada J. Las múltiples caras de los drones: Entrevista a José Quintanilla. TYSMAG. 2016. https://tysmagazine.com/las-multiples-caras-los-drones-entrevista-israel-quintanilla/

6. Mantilla F. Aplicación de nuevas tecnologías en topografía. Ciudad de Quito: Escuela Politécnica Nacional; 2012.

7. Clarkson S, Hind L, Zulu SL. Evaluating Strategies to Increase the Number of Women Working in the UK Surveying Profession. Merits. 2023;3(2):263-96. https://doi.org/10.3390/merits3020016

8. Martínez-Santiago CJ, Navas-Berbel A. La Geo Inteligencia Artificial (GeoAI) como una herramienta de participación e innovación en el aula: el Alcázar Real, un estudio de caso en el espacio urbano de Ciudad Real. ENSAYOS, Revista de la Facultad de Educación de Albacete. 2024;39(2):97-112. https://doi.org/10.18239/ensayos.v39i2.3523

9. Díaz-Contino CG, Padrón-Quindemil F, Martínez Gutiérrez R. Propuesta de un modelo de Oficina de Gestión de Proyectos I+ D+ i en universidades públicas manabitas. Revista San Gregorio. 2023;1(54):57-78. https://doi.org/10.36097/rsan.v0i54.2442

10. Petruk GV, Shashlo NV. A Regional University in the Conditions of the Transition to Digital Technologies: Trends, Opportunities and Prospects for Managing Research Activities. Revista san gregorio. 2020;1(41). http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i41.1509

11. Zambrano M. La Revolución de la Inteligencia Artificial en los Sistemas de Información Geográfica. Ciencia Latina. 2024;8(5):10196-10217. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14405

12. Ameneiro A, Cadenas de Llano E, Sierra J. Topografía: trabajo de campo y gabinete. Madrid: Editorial MAD; 2011.

13. Rincón M, Vargas W, González C. Topografía. Conceptos y Aplicaciones. Bogotá: Ecoe Ediciones Ltda.; 2017.

14. Peralta J, Cordero M, Jaramillo J. Topografía I. Alicante: 3Ciencias; 2020.

15. Pérez M. Historia de la Topografía. Sutori. https://www.sutori.com/es/historia/historia-de-la-topografia--DvgQfGxWyFQmVHsH5J9ocR5k

16. Alcántara D. Apuntes de Topografía. Ciudad de México: UAM-Azcapotzalco; 1999.

17. Jiménez G, Garzón J, Duque J, Díaz J. Programa de Tecnología en Topografía. Armenia: Universidad de Quindío; 2011.

18. Cero Mas Tres Ceros S.A. La Integración de Inteligencia Artificial en la Topografía Moderna. Cero Mas Tres Ceros. 2024. https://0mas000.com/la-integracion-de-inteligencia-artificial-en-la-topografia-moderna/

19. Cero Mas Tres Ceros S.A. Cómo la inteligencia artificial está transformando la topografía moderna. Cero Mas Tres Ceros. 2025. https://0mas000.com/como-la-inteligencia-artificial-esta-transformando-la-topografia-moderna/

20. Molacchino P. La Evolución de la Agrimensura en la Era de las Tecnologías Emergentes: IA, Machine Learning e Internet de las Cosas. ResearchGate; 2024. https://www.researchgate.net/publication/383823117_La_Evolucion_de_la_Agrimensura_en_la_Era_de_las_Tecnologias_Emergentes_IA_Machine_Learning_e_Internet_de_las_Cosas

21. Geoavance. La importancia de la topografía en proyectos de obra civil. Geoavance. 2025. https://geoavance.es/importancia-topografia-proyectos-obra-civil/

22. Royal Institution of Chartered Surveyors. What impact will artificial intelligence have on building surveying?. RICS. 2023. https://www.rics.org/news-insights/what-impact-will-artificial-intelligence-have-on-building-surveying

23. Molacchino P. Inteligencia Artificial en la Agrimensura. ResearchGate; 2025. https://www.researchgate.net/publication/391400685_Inteligencia_Artificial_en_la_Agrimensura

24. Thompson B, Waller A. The Impact of Emerging Technologies on the Surveying Profession. RICS, Parliament Square, London SW1P 3AD; 2017.

25. Finn T, Downie A. Productividad de la IA. IBM. 2025. https://www.ibm.com/es-es/think/insights/ai-productivity

26. Pérez-Domínguez L. Las principales tecnologías de la era de la industria 5.0. Revista Ingenio. 2024;29(2):60–70. https://doi.org/10.22463/2011642X.4352

27. Chaturvedi V, de Vries WT. Machine Learning Algorithms for Urban Land Use Planning: A Review. Urban Science. 2021;5(3):68. https://doi.org/10.3390/urbansci5030068

28. Molacchino P. Robótica en Topografía: Desarrollos Actuales y Perspectivas Futuras. ResearchGate; 2025. https://www.researchgate.net/publication/393145298_Robotica_en_Agrimensura_-_Presente_y_futuro

29. Salas O. Nuevas tecnologías son aliadas de la topografía. Vida UCR – Universidad de Costa Rica. 2013. https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/07/16/nuevas-tecnologias-son-aliadas-de-la-topografia.html