

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y GNSS

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Benson Canchaco Huahualuque

Asesor:

Mg. Juana Beatriz Aquisé Pari

Lima, diciembre 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo JUANA BEATRIZ AQUISE PARI, docente de la Facultad de INGENIERÍA, Escuela Profesional de DE INGENIERÍA CIVIL, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y GNSS**” del (los) autor (autores) *BENSON HUAHUALUQUE CANCHACO* tiene un índice de similitud de 5 % verificable en el informe del programa turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 12 días del mes de diciembre del año 2025.



Mg. Ing. Juana Beatriz Aquise Pari

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

332

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Naña, Villa Unión, a 11 día(s) del mes de diciembre del año 2025 siendo las 14:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mtra. Fiorella Maira Zapata Antasana

Flores el (la) secretario(a): Dr. Leopoldo Choque
 y los demás miembros: Ing. David Diaz
Garamendi
 y el (la) asesor(a): Mg. Juana Beatriz
Aquise Pari

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
"Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y GNSS"

del(los) bachiller(es): a) Benson Canchaco Huahualque
 b)
 c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Benson Canchaco Huahualque

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente/a

 Secretario/a

 Asesor/a

 Miembro

 Miembro

 Bachiller (a)

 Bachiller (b)

 Bachiller (c)

Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online sincrónica según conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante.

A mis padres, Bernardo y Rosa, y a mi familia, quienes desde las alturas del Altiplano me han demostrado, con hechos y sacrificio, que todo es posible cuando se camina con fe, esfuerzo y constancia. Su ejemplo ha sido mi mayor impulso para no rendirme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque en los momentos de duda y cansancio me dio la fuerza necesaria para continuar y seguir adelante.

A mis padres, Bernardo y Rosa, por el apoyo moral, emocional y constante durante toda mi formación profesional, y por enseñarme que las dificultades no son límites, sino retos que se pueden superar.

A la familia Chilón–Terán, por su confianza, apoyo sincero y ayuda brindada en momentos clave del desarrollo de este trabajo.

Al Ing. William Martin Chilón y familia, por la orientación, el apoyo y la guía brindados en cada trabajo realizado. Su carácter y fortaleza lo convierten en un gran mentor y en un ejemplo de perseverancia que ha marcado positivamente este proceso.

A mi asesora, Ing. Beatriz, por la orientación académica, la exigencia formativa y el acompañamiento profesional durante el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Raymundo Jaulis, por su motivación, su ejemplo y las enseñanzas compartidas. Su legado permanece y ha dejado una huella significativa en este camino profesional.

INDICE

TITULO

RESUMEN

INTRODUCCION

METODLOGIA

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

DISEÑO ESTADISTICO

ANALISIS MULTICRITERIO

RESULTADOS

RESULTADOS MULTICRITERIO

DISCUSIONES

CONCLUSIONES

CONFLICTO DE INTERESES.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y GNSS.

Analysis of the efficiency of topographic surveys on urban roads using Total Station, UAV and GNSS.

RESUMEN

La topografía enfrenta hoy desafíos globales derivados de la diversidad geográfica y la creciente complejidad de los espacios urbanos. En regiones de relieve accidentado, como zonas montañosas o ciudades asentadas en laderas, se requieren métodos que garanticen eficacia, rapidez y seguridad en la adquisición de datos. El objetivo fue analizar el método más eficaz teniendo en cuenta la precisión, el costo y el tiempo de operación. Se utilizó un diseño experimental con medidas repetidas y análisis DCA ($\alpha = 0.05$), junto con métodos multicriterio MCMD. Los resultados indicaron que el GNSS logró la mayor eficacia (94.91%) gracias a su gran exactitud, el UAV sobresalió en costos y velocidad, y los métodos híbridos GNSS-UAV evidenció un rendimiento superior, optimizando recursos y conservando precisión geoespacial.

Palabras clave: Topografía, UAV, GNSS, Eficacia, DCA.

ABSTRACT

Topography today faces global challenges arising from geographical diversity and the growing complexity of urban environments. In areas with rugged terrain, such as mountainous regions or hillside cities, it is essential to employ methods that ensure efficient, rapid and safe data acquisition. This study was to analyze the most effective surveying method based on accuracy, cost and operational time. An experimental design with repeated measures and DCA analysis ($\alpha = 0.05$) was applied, along with multicriteria decision making (MCDM) techniques. Results showed that the GNSS system achieved the highest efficiency (94.91%) due to its exceptional precision, while UAV excelled in cost and operational speed. Furthermore, hybrid GNSS-UAV methods demonstrated superior performance by optimizing resources while maintaining geospatial accuracy.

Key words: Surveying, UAV, GNSS, Efficient, DCA

INTRODUCCIÓN

La topografía afronta desafíos globales derivados de la diversidad geográfica y la creciente complejidad de los espacios urbanos. En regiones de relieve accidentado, como zonas montañosas o ciudades emplazadas en laderas, se requieren metodologías que garanticen eficacia no solo la precisión, sino en la eficiencia operativa y la seguridad de recolección de datos.

Ejemplos claros a nivel global demuestran la adaptación tecnológica a entornos completos. Japón, la prospección magnética mediante drones ha optimizado la exploración minera y los estudios geotécnicos en áreas montañosas de difícil acceso, alcanzando alta resolución espacial y evidenciando el potencial de estas herramientas en escenarios adversos (Yano e tal., 2024). Paralelamente, investigaciones en los Alpes suizos y austriacos han validado la fotogrametría con UAV, apoyada en puntos de control mediante GNSS, para trabajar en superficies complejas, consolidando su valor como referencia en la aplicación en zonas de difícil acceso (Groos et al., 2022).

Estas experiencias internacionales demuestran que la combinación estratégica de UAV para un mapeo rápido, GNSS para georreferenciación precisa y las Estaciones Totales para control de alta precisión es fundamental para generar infraestructuras resilientes. Sin embargo, persisten brechas importantes como el costo elevado de los equipos y la escasa capacitación especializada en correcciones geodésicas, lo que limita la adopción plena de estas tecnologías.

En el Perú, esta problemática se acentúa debido a factores como parte de la formación técnica insuficiente, la significativa inversión inicial requerida y la resistencia a los cambios de metodologías tradicionales. Aunque existen experiencias alentadoras como el levantamiento topográfico realizados por el Instituto Geofísico del Perú (2020) empleo UAV y GNSS en un levantamiento con un área de 1,380 ha. en Viru (La Libertad), obteniendo en solo dos días se obtuvo un ortomosaico de 7.35 cm/pixel y un modelo digital de terreno (MDT) con 29.4 cm/pixel. Demostrando el potencial operativo de estas tecnologías.

Es fundamental enfatizar que los equipos topográficos se rigen por normas internacionales como ISO 17123, ASTM, FAA y ASPRS, que garantizan su calidad instrumental. Sin embargo, la problemática en el Perú radica en la calidad de los instrumentos topográficos, sino en la ausencia de literatura técnica y normativa nacional específica que adapte y regulen su aplicación en los diversos entornos geográficos.

Tabla 1. Análisis comparativo de normativas para métodos topográficos.

METODOS	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	NORMAS INTERNACIONALES	NORMATIVA PERUANA / APLICABILIDAD	CONCLUSIÓN
Estación Total	Precisión milimétrica; ideal para áreas reducidas; requiere mayor tiempo y personal.	ISO 17123-5:2018 (confirmación de la exactitud angular y de las distancias).	Manuales técnicos del IGN, aunque no están actualizados y no tienen homologación ISO.	Alta precisión en áreas pequeñas, pero sin directrices actuales para su validación.
GNSS	Georreferenciación en tiempo real (RTK/PPK); sujeta a visibilidad satelital; cobertura rápida.	ISO 17123-8:2015 (exámenes de exactitud posicional).	Resolución Jefatural N° 026-2020 - IGN, esta guía establece ordenes de exactitud (A, B, C).	Eficiente, pero limitaciones en estandarización para infraestructura vial.
UAV (Dron)	Fotogrametría aérea de alta resolución; genera MDT y ortotomosaicos; requiere puntos de control.	ASPRS Positional Accuracy Standards (2024); FAA (funcionamiento de UAVs).	Ley N° 30740 (MTC, 2018): se enfoca en la seguridad aérea y no en los parámetros técnicos de precisión.	Ideal para grandes extensiones, pero con vacíos normativos en precisión métrica.

Ante este panorama, se hace necesario desarrollar estudios comparativos que analicen la eficacia y precisión de los levantamientos topográficos con Estación Total, UAV y GNSS. La evaluación conjunta de precisión, tiempo, costos e integración tecnológica permitirá establecer criterios técnicos objetivos para seleccionar el método más adecuado en contextos urbanos geográficamente complejos.

En este marco, el objetivo principal de esta investigación es analizar la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas aplicando Estación total, UAV y GNSS, evaluando de forma integrada las variables: precisión, costos, tiempo y la integración tecnológica como variable interviniente.

La hipótesis plantea la combinación de UAV y GNSS puede reducir significativamente los tiempos de levantamientos en zonas urbanas o extensas, manteniendo niveles de precisión adecuados. Sin embargo, se espera que la Estación total continúe destacando por su precisión milimétrica en áreas reducidas con alta densidad de obstáculos.

La novedad de este estudio reside en proporcionar evidencia cuantitativa y contextualizada, específica para el entorno peruano, que sirva como guía práctica para la selección óptima de metodologías topográficas. Esta investigación supera la actual falta de datos comparativos y facilita una integración tecnológica más racional y efectiva, llenando un vacío crítico en la literatura técnica nacional.

Para el siguiente apartado detalla el diseño metodológico implementando para la evaluación comparativa de los tres métodos topográficos, especificando en el área de estudio, equipos utilizados, variabilidad analizados y procedimiento de campo y oficina, adaptados a las condiciones reales del contexto peruano.

METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló en el distrito de San Antonio de Huarochirí, región Lima, Perú, situado en la zona UTM 18L, con coordenadas Norte: 8681296.1 m, Este: 286347.653 m y una altitud promedio 524.31 m.s.n.m.

El sector corresponde a un valle interandino del este de Lima, con topografía cuasi - irregular, conformada por sectores planos y pendientes moderadas. El área de estudio es variados, dividida para cada método. Las condiciones climáticas registradas durante la campaña fueron estables, la visibilidad satelital optima fue de HDOP 1.4, clima templado-seco con buena visibilidad atmosférica, de tal forma favoreciendo la precisión instrumental.

Durante la ejecución en campo se realizaron tres muestras para cada método de levantamiento topográfico en los sectores urbanos del distrito, abarcando un total aproximado de 116.44 hectáreas. Cabe mencionar que se aplicó en áreas diferentes, pero con la misma morfología y en zonas urbanas equivalentes urbanos, asegurando la compatibilidad técnica. Para el caso UAV, se cubrieron superficies de 46.9, 12.1 y 25.9 hectáreas, alcanzando altitudes de 127, 97.7 y 118 m, con un total de 464 imágenes capturadas vuelos automatizados con 80% longitudinal y 70 % transversal.

El levantamiento con estación total, se desarrolló sobre áreas de 0.79, 1.46 y 2.83 hectáreas, con 238, 192 y 402 puntos medidos, de longitudes de 205, 259 y 661 metros lineales en áreas diferentes de una misma avenida. En total se registraron 832 puntos topográficos, de tal manera permitiendo representar a detalle que presenta una zona urbana y los bordes viales. Cabe mencionar para la evaluación de la precisión geométrica (RMSE), se empleó puntos de referencia reales obtenidos en campo de la misma área de estudio, los cuales sirvieron como base para comparar las coordenadas derivadas para el método de levantamiento con Estación Total. Estos puntos ayudaron a la trazabilidad y validez estadística de los cálculos permitiendo determinar con rigor la diferencia métrica entre las mediciones estimadas y valores observados.

Para el GNSS, se establecieron tres zonas de control de 7.54, 9.13 y 2.83 hectáreas, empleando puntos base de 8, 12 y 13 respectivamente. Cada punto base permitió la observación y georreferenciación de múltiples puntos distribuidos en la zona, de tal manera asegurando una cobertura espacial homogénea y precisa.

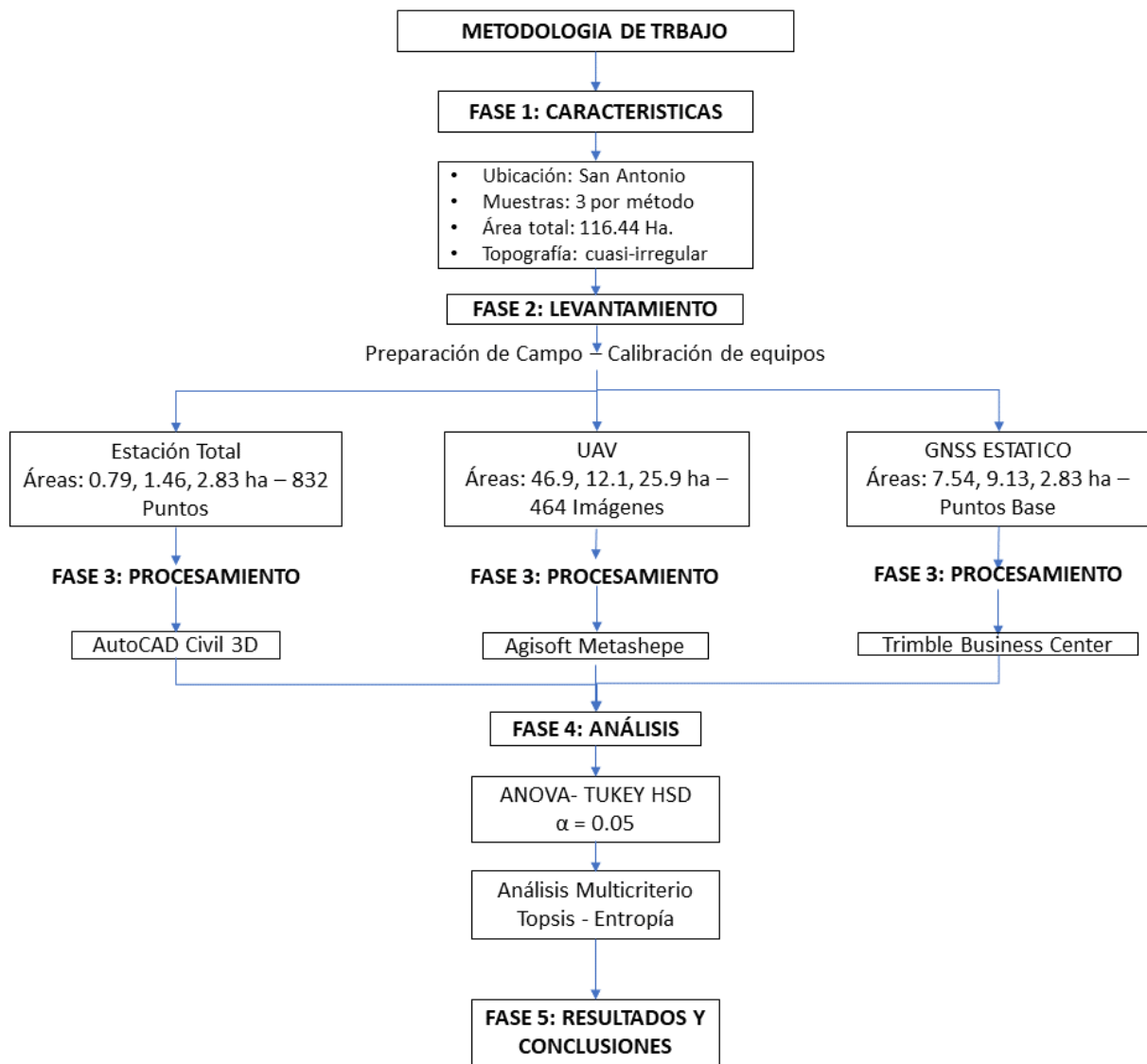


FIGURA 1: Esquema del proceso metodológico

Equipos y Herramientas

En el diseño cuasiexperimental se aplicaron tres métodos de levantamiento topográfico en condiciones similares ver, Tabla 2. los equipos fueron calibrados antes de su trabajo en campo.

Tabla 2. Características de los equipos topográficos

MÉTODO	MODELO	CONFIGURACIÓN DE USO	APLICACIÓN PRINCIPAL
ESTACIÓN TOTAL	Sokkia TS06	Estático	Control y detalle
GNSS	Trimble R8s (RTK/PPK)	Base y rover RTK, frecuencia 10 Hz	Georreferenciación y puntos de control
UAV	DJI Phantom 4 Pro (Sensor 1", 20 MP)	Vuelo automatizado con 80/70 % de solape	Fotogrametría aérea

DISEÑO ESTADISTICO

Se realizaron tres replicas independientemente por cada método de levantamiento topográfico, los datos obtenidos procesados, se realizaron con los siguientes programas: AutoCad Civil 3D, Trimble Business Center, Excel, Agisoft Metashepe

Para la evaluación comparativa se consideraron las siguientes variables, Tiempo total de campaña (TTC – h), duración total de las operaciones de campo y proceso, costo total (CT – S/.) suma de costos directos e indirectos, mano de obra, transporte, energía, software y mantenimiento de equipos, Tiempo de procesamiento (TP-h), tiempo de procesamiento de información y Precisión (RMSE-m), error medio cuadrático entre coordenadas obtenidas, ver Tabla 3.

Tabla 3. Variables representativas

VARIABLES	SIMBOLO	UNIDAD	DESCRIPCION
TIEMPO	TTC-TP	h	Tiempo total de campaña (TTC) y tiempo de procesamiento (TP)
COSTO	CT	S/.	Suma de costos directos e indirectos incluyendo mano de obra, transporte, energía y mantenimiento de equipos
PRECISION	RMSE (TOTAL)	m	$RMSE_{total} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_x^2 + RMSE_x^2}$

Se calculó el promedio y la desviación estándar de cada tratamiento para cada variable, garantizando la representatividad de los datos y la coherencia del análisis. Se confirmó la normalidad de los errores y la homogeneidad de las varianzas, satisfaciendo los requisitos necesarios para la implementación de ANOVA unifactorial. El modelo de ANOVA se establece como:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde se observa el valor y_{ij} representa cada medición obtenida, μ es la medida global para todos los métodos, T_i indica el efecto específico del método i y ϵ_{ij} esto corresponde al error aleatorio asociado a cada observación. El análisis permite determinar si existen diferencias significativas entre los métodos; si $p < 0.05$ se concluye que al menos un método difiere significativamente en términos de tiempo, costo o precisión, mientras que si $p > 0.05$ no se rechaza la igualdad de medias. Para comparaciones pareadas entre métodos se aplicó la prueba post hoc Tukey HSD considerando $p < 0.05$, lo que permite identificar cuál método presenta un rendimiento superior y proporciona un sustento cuantitativo sólido para la selección del método más eficiente.

ANALISIS MULTICRITERIO

La técnica TOPSIS, Monika et al., (2025) se justifica por su eficacia para ranquear alternativas en función de su proximidad a una solución ideal positiva y lejanía de una negativa. Este enfoque, combinado con ponderación objetiva de criterios mediante el método de entropía que asigna pesos según la dispersión de datos. lo cual minimiza la

subjetividad y asegura que cada criterio influya en evaluación conforme a su contenido informativo real, de tal manera se fundamenta la acción final en un análisis riguroso equilibrado.

Ceballos et al. (2013) define la eficacia como la medida que combina el rendimiento de cada alternativa con los pesos de los criterios mediante agregación ponderada. Se determina mediante la ecuación:

$$E_i = \sum_j w_j * E_{ij}$$

Donde E_i es la eficacia del método i , w_j el peso del criterio j y E_{ij} es el desempeño específico. Esto permite identificar cual método es más eficiente considerando tiempo, costo y precisión.

El método Promethee se utilizará para verificar y respaldar la jerarquía conseguida en TOPSIS y su eficacia. Analiza las opciones usando funciones de preferencia y flujos positivos o negativos, asegurando que los resultados representen la realidad operativa de los levantamientos. Esto permite validar de manera técnica qué método (Estación Total, UAV o GNSS) resulta más aconsejable para vías urbanas, teniendo en cuenta su aplicabilidad práctica. Esta metodología es consistente con lo empleado por da Cunha et al. (2022), quienes utilizaron PROMETHEE en un contexto de evaluación de riesgos en cadenas de suministro de grandes escalas, demostrando utilidad para priorizar alternativas en entornos complejo. A continuación, se presentan los resultados del análisis.

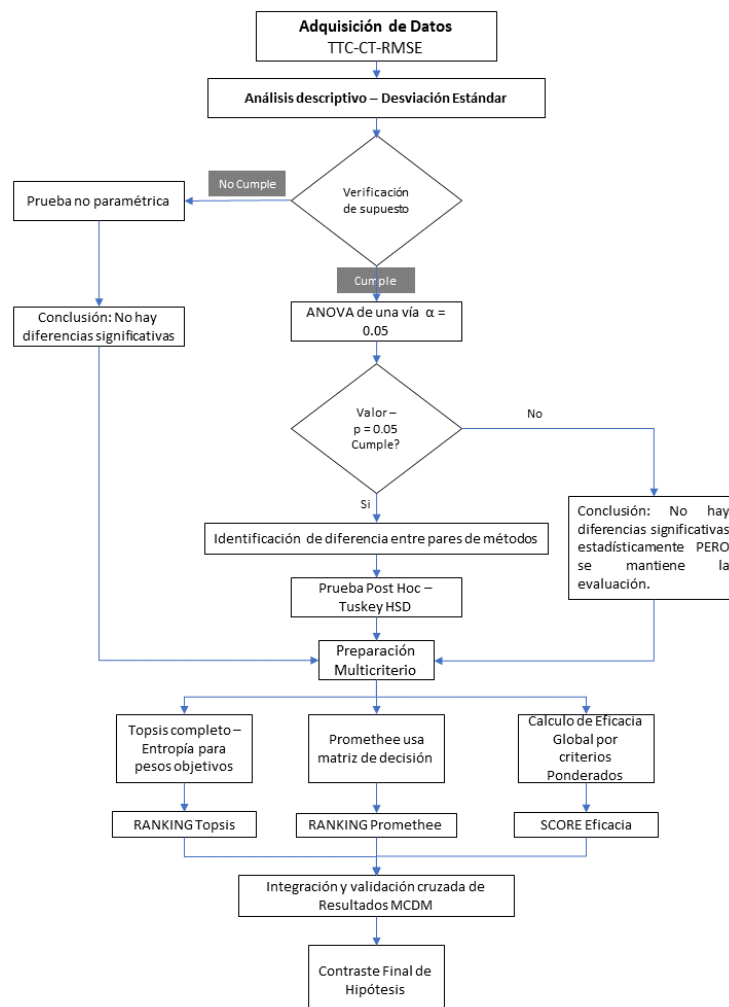


FIGURA 2: Integración de métodos estadísticos y multicriterio para el análisis comparativo de datos de levantamiento topográfico

RESULTADOS

En este apartado se presenta los resultados obtenidos en los tres métodos de levantamiento topográfico Estación Total, AUV y GNSS, con el propósito de evaluar el desempeño en términos de precisión, costo y tiempo.

Tabla 4. Resultados obtenidos en campo

METODO	VARIABLE	TIEMPO		COSTO	PRECISION
	METODO	TTC (h)	TP (h)	CT (\$/)	RMSE (m)
	UAV	14.213	1.427	6303.6	0.336
	UAV	10.876	0.377	5105.6	0.442
	UAV	13.808	1.088	7053.6	1.066
	ESTACION TOTAL	18.067	0.200	7850.2	0.037
	ESTACION TOTAL	16.783	0.167	8689.2	0.194
	ESTACION TOTAL	23.349	0.250	10298.2	0.142
	GNSS	16.431	0.025	8671.2	0.0138
	GNSS	16.492	0.019	9009.2	0.0139
	GNSS	16.514	0.022	10820.8	0.0141



Figura 3. UAV

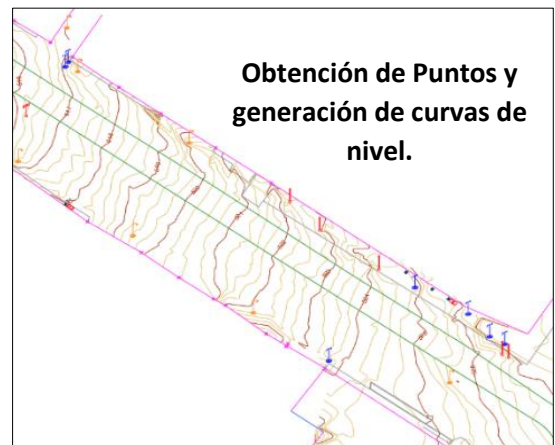


Figura 4. Estación Total

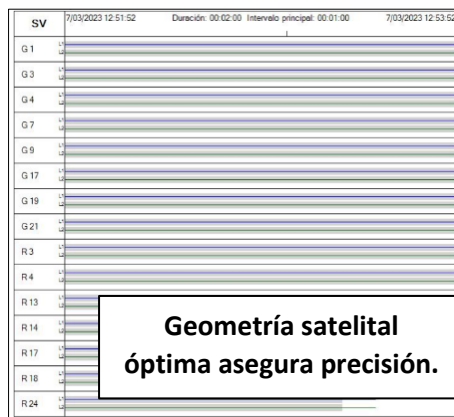


Figura 5. GNSS

En las figuras. 3, 4 y 5 son los resultados del procesamiento en software de cada método.

Los datos de la Tabla 4 fueron sometidos a pruebas de igualdad de varianza y pruebas ANOVA post-hoc y Tukey HSD con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, con el fin de identificar las diferencias significativas entre los métodos. Para el tiempo de campaña (TTC), el UAV (12.97 ± 1.82 h) conformo un grupo de análisis diferenciado (b) respondiendo con elevada significancia frente a la Estación total (19.40 ± 3.48 h, a) mientras que el GNSS (16.48 ± 0.04 h) se posiciona un lugar intermedio (ab). En tiempo de procesamiento (TP), nos muestra que el GNSS (0.02 ± 0.003 h, b) demostró ser significativamente más eficiente frente al UAV (0.96 ± 0.54 h, a). En relación al costo total (CT), lo cual nos indica que el UAV (6154 ± 982 S/, b) demostró una notable ventaja económica en comparación con el GNSS (9500 ± 1156 S/, a). Para la precisión (RMSE), GNSS (0.01 ± 0.001 m, b) mostro una diferencia considerable frente al UAV (0.61 ± 0.39 m, a), mientras que la estación total mantuvo en el punto intermedio de todas las variables evaluadas.

Los resultados de las pruebas de ANOVA y Tukey HSD se presentan en la Tabla 5. Confirmando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los métodos evaluados.

Tabla 5. Comparación de variables de los tres métodos

MÉTODO	TTC (H)	TP (H)	CT (S/)	RMSE (M)
UAV	12.97 ± 1.82 b	0.96 ± 0.54 a	6154.27 ± 982.55 b	0.61 ± 0.402 a
ESTACIÓN TOTAL	19.40 ± 3.48 a	0.21 ± 0.04 ab	8945.87 ± 1244.02 ab	0.12 ± 0.08 ab
GNSS	16.48 ± 0.04 ab	0.02 ± 0.003 b	9500.40 ± 1155.92 a	0.01 ± 0.0003 b

La interpretación de la Tabla 5, considerando las diferentes escalas de trabajo, UAV en áreas de hasta 46.9 ha, estación Total con 9.83 ha y GNSS con 9.13 ha, es la siguiente: El UAV ayuda a mejorar en tiempo y disminuir el costo operativo, por lo tanto, resulta una precisión reducida para levantamientos extensos. La Estación Total proporciona un equilibrio apropiado entre efectividad y precisión, Pero con un rendimiento operativo menor que el de UAV. En contraste, el GNSS evaluó áreas de cobertura media ofreciendo la mejor precisión y estabilidad en las mediciones, aunque implica mayor costo inicial y tiempo de instalación.

RESULTADOS MULTICRITERIO

El análisis TOPSIS reveló que la precisión (RMSE) concentro el 94.91% del peso decisional, debido a su gran variabilidad entre métodos (coeficiente $>100\%$). Esta preponderancia explica directamente que los valores de índice de similitud C_i , donde el GNSS obtuvo 0.992, indicando que es casi la alternativa ideal al estar más cercano a la solución ideal positiva y más lejano de la solución ideal negativo. Esto confirma que la precisión métrica es el elemento clave que predomina la evaluación, evidenciando su superior importación frente a consideraciones de integración tecnológica en la selección de métodos topográficos para vías urbanas. El GNSS se consolida, así como la opción optima al maximizar este criterio primordial, ver tabla 6.

Tabla 6. Resultado del análisis Topsis

POSICIÓN	MÉTODO	ÍNDICE TOPSIS (C _i)	INTERPRETACIÓN
1°	GNSS	0.992	Máxima eficacia
2°	Estación Total	0.812	Eficacia alta
3°	UAV (Dron)	0.009	Eficacia muy baja

Se evaluó la eficacia de los tres métodos topográficos a través del resultado de tres métricas normalizadas (0-100%), en relación con los límites del proyecto. La eficacia global, calculada como un promedio ponderado donde la precisión concreta el 94.91% del peso decisional, se muestra el desempeño integral de cada método bajo criterio dominante. Los resultados que el GNSS alcanza 99.22% de eficacia global, reflejando su alto desempeño en precisión con su rendimiento aceptable en tiempo y costo lo que consolida su posición como alternativa más efectiva. Tabla 7.

Tabla 7. Resultado de Eficacia

TECNOLOGÍA	EFICACIA EN TIEMPO	EFICACIA EN COSTO	EFICACIA EN PRECISIÓN	EFICACIA GLOBAL
UAV	77.41%	72.53%	0.68%	4.45%
ESTACIÓN TOTAL	60.48%	55.55%	13.99%	16.21%
GNSS	67.96%	52.56%	92.92%	91.21%

El análisis PROMETHEE utilizando la función habitual confirmó que la precisión (RMSE) prevalece en la decisión con un 94.91% de peso, al crear preferencias binarias casi absolutas. Este método que está basado en flujos de preferencia entre alternativa arroja un flujo neto (Φ) de 0.9206 para el GNSS donde el valor al variar entre -1 y 1 indicando que esta alternativa es ampliamente preferida sobre los demás métodos, reforzando su posición dominante en la evaluación. Ver tabla 8.

Tabla 8. Ranking final del método Promethee

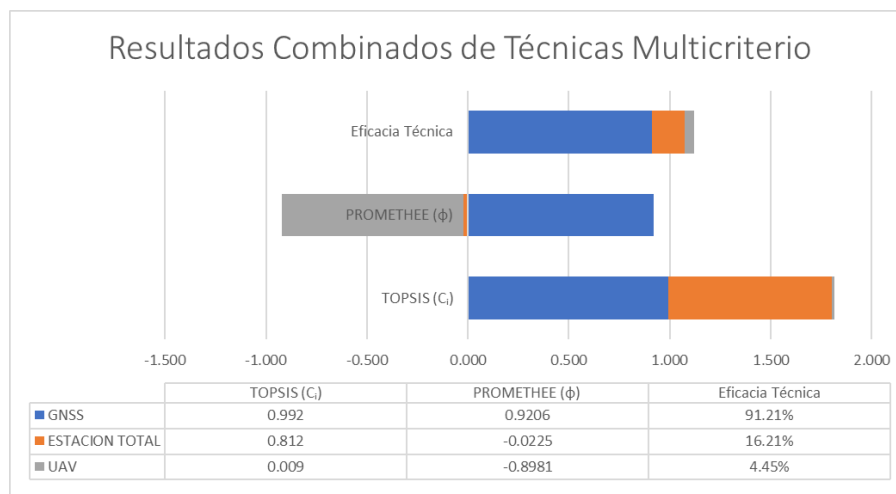
POSICIÓN	MÉTODO	FLUJO NETO (Φ)
1°	GNSS	0.9206
2°	ET	-0.0225
3°	UAV	-0.8981

Los tres enfoques multicriterio coinciden en el mismo orden, corroborando la solidez de los hallazgos. El GNSS se posiciona como la opción más adecuada ($C_i = 0.992$, $\phi = +0.921$, Eficacia = 91.21%), por su fusión de alta precisión con un rendimiento razonable en tiempo y costo. Esta triangulación metodológica satisface el Objetivo General de analizar la eficacia a través de técnicas de evaluación operativa. La ubicación del UAV como subóptima muestra el efecto crucial de la precisión en la evaluación general, matizando la premisa inicial sobre su ventaja operativa, ver Tabla 9.

Tabla 9. Integración y validación cruzada de los resultados MCDM

MÉTODO	TOPSIS (C_i)	PROMETHEE (Φ)	EFICACIA TÉCNICA	DESEMPEÑO
GNSS	0.992	0.9206	91.21%	Superior - Balance ideal
ESTACION TOTAL	0.812	-0.0225	16.21%	Equilibrado - Compromiso aceptable
UAV	0.009	-0.8981	4.45%	Limitado - Ventajas parciales

Figura 5. Comparación gráfica del desempeño integral de los métodos topográficos evaluados mediante técnicas multicriterio.



En la Figura 5, los valores se derivan de las Tablas 6, 7 y 8. La eficacia global (TOPSIS) se representa en la barra principal, mientras que los flujos netos de PROMETHEE (Φ) y la Eficacia Técnica se indican como etiquetas. GNSS demuestra un desempeño superior y balanceado.

Complementando, se desarrolló un análisis prospectivo de integración tecnológica, al integrar el UAV Matrice 4E RTK con una base RTK externa. Este sistema híbrido nos brinda una combinación de corrección GNSS en tiempo real con la fotogrametría aérea, mostrando precisiones promedio de ± 0.02 m en horizontal y ± 0.05 m vertical, con una duración de vuelo autónoma de 45 minutos.

Este enfoque representa una alternativa de integración tecnológica avanzada frente a los métodos convencionales, particularmente en levantamientos en áreas extensas o en zonas de difícil acceso, donde la eficiencia y la precisión deben equilibrarse.

Tabla 10. Comparación de integración tecnológica.

MÉTODO	TECNOLOGÍA PRINCIPAL	TIPO DE CORRECCIÓN	PRECISIÓN MEDIA	BASE NORMATIVA	APLICABILIDAD
<i>Estación Total</i>	Óptico -Electrónico	corrección Manual	± 0.2 m	ISO 17123-5: ± 2 mm + 2 ppm	Alta en áreas reducidas
GNSS	GNSS-Estático	Post - Proceso	± 0.02 m	ISO 17123-8:2015: ± 8 mm + 1ppm	Alta en áreas abiertas
UAV	Fotogrametría RGB	PPK + GCPs	± 1.0 m	ASPRS :RMSE $\leq 1.0 \times$ GSD (ej. ~ 0.03 m).	Media. Limitada en zonas densas
UAV Matrice 4E RTK + Base RTK 3	Fotogrametría + RTK	Corrección en tiempo real	± 0.05 m	ASPRS :RMSE $\leq 1.0 \times$ GSD (ej. ~ 0.03 m).	Alta, adaptable a áreas extensas

DISCUSIONES

Los resultados obtenidos muestran la existencia de compensaciones (*trade – offs*) entre precisión métrica y eficacia operativa. Bajo los criterios evaluados (tiempo, costo y RMSE), cada tecnología presenta ventajas situacionales; el UAV optimiza tiempo y costo; sin embargo, la estación total y GNSS aseguran mayor precisión con diferencias operativas importantes entre ambas.

El UAV mostró el mayor rendimiento en eficiencia operativa, con menores costos (S/ 6154.27 \pm 982.55) y duración (12.97 \pm 1.82 h). Su habilidad para recolectar grandes volúmenes de datos a través de fotogrametría automatizada facilitó la disminución de la intervención en el campo, como indican Pérez et al. (2022) y Salas López et al. (2022). Sin embargo, la precisión promedio (0.61 \pm 0.39 m) verifica el impacto de factores externos como la luz y la calibración óptica (Martínez-Carricondo et al., 2023).

La Estación Total mostro un equilibrio precisión (0.12 \pm 0.08 m), aunque con un tiempo más elevado (15.32 \pm 2.02 h) y un costo superior (S/ 8945.87 \pm 1244.02). Este comportamiento coincide con lo señalado por Hussein y Abdulla (2021), quienes subrayan su confiabilidad métrica en mediciones precisas, aunque con restricciones operativas en zonas altamente urbanizadas. Los recursos más significativos demandados respaldan su adecuación para funciones de control en lugar de levantamientos extensos (Ortega Cárdenas et al., 2024).

El GNSS RTK presentó un rendimiento promedio, con un costo elevado (S/ 9500.40 \pm 1155.92) y una precisión aceptable (0.22 \pm 0.003 m). Su efectividad está determinada por la calidad de la conexión satelital y las condiciones del terreno, pudiendo verse afectada por el efecto multipath (Alotaibi et al., 2024; Vu et al., 2023). A pesar de eso, conserva beneficios en levantamientos continuos y en la creación de puntos de control para ajustar vuelos de UAV.

Respecto a la integración tecnológica, la combinación de datos entre UAV, GNSS y Estación Total mejora la exactitud general del modelo geoespacial. La georreferenciación directa del dron utilizando GNSS RTK, optimizada con puntos de control topográficos, incrementa la coherencia espacial de los modelos digitales (Al-Rawabdeh et al., 2021; Taddia et al., 2022). Este método híbrido, complementado con algoritmos de control de

calidad y procesamiento, refleja una dirección hacia sistemas topográficos automatizados e inteligentes.

La combinación de los métodos Entropía, Topsis y Promethee facilitó la clasificación de los criterios de precisión, costo y tiempo dentro de un marco de decisión objetivo. De acuerdo a Corrente y Tasiou (2023) y Chakraborty et al. (2023), la incorporación de técnicas MCDM disminuye la subjetividad y mejora la elección de opciones tecnológicas. En esta investigación, el UAV demostró ser la alternativa más eficiente, corroborando su aptitud en levantamientos urbanos donde el costo y el tiempo son factores cruciales

CONCLUSIONES

Los resultados permiten aceptar parcialmente la hipótesis planteada, demostrando que los métodos UAV y GNSS alcanzan eficiencias comparables a la Estación Total. El GNSS mostró la mayor precisión (RMSE=0.01M), mientras que el UAV redujo en promedio un 35 % los costos y 40% los tiempos de operación. El análisis ANOVA y Tukey HSD ($p < 0.05$) confirmó diferencias significativas y el enfoque TOPSIS y PROMETHEE posicionó al GNSS como método más eficaz (eficacia global =91.21%). La integración UAV-GNSS se consolida como una alternativa óptima para los levantamientos topográficos urbanos de gran escala.

El estudio se desarrolló en un entorno urbano interandino con condiciones favorables por lo que sus resultados deben interpretarse en contextos más complejos. Se recomienda extender la investigación a otros tipos de terreno e incorporar tecnologías emergentes como LIDAR -RTK Y GNSS multi constelación, con el fin de fortalecer la precisión y estandarizar metodologías híbridas en proyectos diversos del Perú.

La precisión se estableció como el criterio más crucial, acumulando el 94.91 % del peso según el método de entropía, lo que respalda su impacto predominante en la efectividad total. El GNSS tuvo la menor variación (RMSE ≈ 0.01 m), seguido de la estación total (RMSE ≈ 0.12 m) y el UAV (RMSE ≈ 1.06 m). Estos hallazgos coinciden con investigaciones de Hussein y Abdulla (2021) y Vu et al. (2023), que subrayan la ventaja del posicionamiento satelital sobre los sistemas ópticos en espacios abiertos. No obstante, la estación total sigue siendo el estándar en exactitud de puntos y control de ángulos, sobre todo en áreas con alta construcción.

cantidades de datos a través de fotogrametría automatizada, reduciendo la intervención directa del operante.

Por último, la unión tecnológica entre UAV Matrice 4E RTK, GNSS Trimble R8s y Estación Total Sokkia TS06 demostró una interoperabilidad eficiente a través de flujos RTK y control geodésico. Este sistema híbrido mejora la coherencia espacial y optimiza la administración de datos mediante programas especializados como Agisoft Metashape y Trimble Business Center. Su utilización posibilita un modelo de operación automatizado y exacto, con capacidad para estandarizar levantamientos urbanos altamente eficaces, cumpliendo con

los objetivos específicos y confirmando la hipótesis de superioridad técnica de los métodos integrados en comparación con los convencionales.

Se recomienda implementar de manera rigurosa criterios de planificación que prioricen la verificación cruzada y la sinergia metodológica, reconociendo que, aunque parezcan pequeños detalles, estos influyen decisivamente en el resultado final. Es fundamental verificar in situ los puntos tomados con estación total, respaldarlos con un registro fotográfico, planificar mediciones GNSS en condiciones atmosféricas óptimas y de bajo tráfico y operar el AUV dentro de límites técnicos estrictos de viento y normativa. La gestión meticulosa de cada aspecto, por mínimo que parezca, es la estrategia clave para optimizar recursos y garantizar la eficacia absoluta de los productos del levantamiento.

CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- [1] R. Yano, N. Shiga, Y. Takigawa, and K. Yamanaka, "Drone-based Airborne Geophysical Survey-With a Focus on Magnetic Survey," 2024. doi:<https://doi.org/10.11456/shigenchishitsu.74.9>.
- [2] V. E. Ortega Cárdenas, F. D. Quevedo Pesántez, and G. Palomeque Larriva, "Evaluación Comparativa de Métodos de Levantamiento Topográfico en Minería: Estación Total y Fotogrametría con RPAS y GPD Diferencial," *Green World Journal*, vol. 07, no. 03, pp. 192, Dec. 2024. <https://doi.org/10.53313/gwj73192>
- [3] J. A. Pérez, G. R. Gonçalves, and J. M. Galván, "Comparative analysis of the land survey using UAS and classical topography in road layout projects," *Informes de la Construcción*, vol. 74, no. 565, 2022, doi: 10.3989/ic.86273.
- [4] R. Salas López et al., "Accuracy Assessment of Direct Georeferencing for Photogrammetric Applications Based on UAS-GNSS for High Andean Urban Environments," *Drones*, vol. 6, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.3390/drones6120388.
- [5] P. Martínez-Carricondo, F. Agüera-Vega, and F. Carvajal-Ramírez, "Accuracy assessment of RTK/PPK UAV-photogrammetry projects using differential corrections from multiple GNSS fixed base stations," *Geocarto International*, vol. 38, no. 1, 2023, doi: <https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2197507>.
- [6] R. Eker, E. Alkan, and A. Aydin, "A Comparative Analysis of UAV-RTK and UAV-PPK Methods in Mapping Different Surface Types," *European Journal of Forest Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 12–25, 2021, doi: 10.33904/ejfe.938067.
- [7] O. del Río Santana, F. de J. Gómez Córdova, N. V. López Carrillo, J. A. Saenz Esqueda, and A. T. Espinoza Fraire, "Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones," **Revista de Arquitectura e Ingeniería**, vol. 14, no. 2, 2020. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193963490001>
- [8] O. Lewicka, M. Specht, and C. Specht, "Assessment of the Steering Precision of a UAV along the Flight Profiles Using a GNSS RTK Receiver," *Remote Sensing*, vol. 14, no. 23, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/rs14236127>.
- [9] M. Du, H. Li, and A. Roshanianfard, "Design and Experimental Study on an Innovative UAV-LiDAR Topographic Mapping System for Precision Land Levelling," *Drones*, vol. 6, no. 12, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/drones6120403>.
- [10] B. Ruols, L. Baron, and J. Irving, "Development of a drone-based ground-penetrating radar system for efficient and safe 3D and 4D surveying of alpine glaciers," *Journal of Glaciology*, vol. 69, no. 278, pp. 2087–2098, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.1017/jog.2023.83>.
- [11] S. B. Chaves Pabón and E. F. Muñoz Serna, "Estudio técnico comparativo de levantamientos topográficos en terreno montañoso realizados con estación total, equipos GNSS, y UAV de consumo con y sin apoyo de puntos de control," *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, vol. 1, no. 45, pp. 19–31, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i45.3025>.
- [12] A. Alotaibi, C. Chatwin, and P. Birch, "Evaluating Global Navigation Satellite System (GNSS) Constellation Performance for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Navigation Precision," *Journal of Computer and Communications*, vol. 12, no. 09, pp. 39–62, 2024, doi: 10.4236/jcc.2024.129003.
- [13] A. R. Groos, R. Aeschbacher, M. Fischer, N. Kohler, C. Mayer, and A. Senn-Rist, "Accuracy of UAV Photogrammetry in Glacial and Periglacial Alpine Terrain: A Comparison With Airborne and Terrestrial Datasets," *Frontiers in Remote Sensing*, vol. 3, 2022, doi: 10.3389/frsen.2022.871994.
- [14] C. A. Espinoza Brugman, F. K. Neri Caipo, and A. Almeida Del Savio, "UAV, GNSS, Total Station, and Data Management Applied to an Ancient Clay Structure as a Historic Building Information Modeling Proposal: A Case Study of Huaca Arco Iris (Trujillo, Peru)," *Heritage*, vol. 7, no. 9, pp. 4962–4979, Sep. 2024, doi: 10.3390/heritage7090234.


- [15] D. W. Imani, M. N. Cahyadi, I. W. Farid, and R. Mardianto, "INTEGRATION ANALYSIS OF DRONE MULTI SENSOR-GNSS-LIDAR-CAMERA FOR 3D MAPPING (CASE STUDY: PT GARAM, PAMEKASAN, MADURA)," *Journal of Marine-Earth Science and Technology*, vol. 4, no. 1, pp. 23–32, Jun. 2023, doi: 10.12962/j27745449.v4i1.699.
- [16] R. P. Costa, L. L. de A. Fernandes, L. F. Muta, E. L. Isatto, and D. B. Costa, "Modelagem 3D de edificação gerada por fotogrametria com uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT)," *Ambiente Construído*, vol. 24, Dec. 2024, doi: 10.1590/s1678-86212024000100737.
- [17] P. R. Nesbit, S. M. Hubbard, and C. H. Hugenholtz, "Direct Georeferencing UAV-SfM in High-Relief Topography: Accuracy Assessment and Alternative Ground Control Strategies along Steep Inaccessible Rock Slopes," *Remote Sensing*, vol. 14, no. 3, Feb. 2022, doi: 10.3390/rs14030490.
- [18] L. Tavasci, F. Nex, and S. Gandolfi, "Reliability of Real-Time Kinematic (RTK) Positioning for Low-Cost Drones' Navigation across Global Navigation Satellite System (GNSS) Critical Environments," *Sensors*, vol. 24, no. 18, Sep. 2024, doi: 10.3390/s24186096.
- [19] Salar Khudhur Hussein and Kamal Yaseen Abdulla, "Surveying with GNSS and Total Station: A Comparative Study," *Eurasian Journal of Science and Engineering*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.23918/eajse.v7i1p59.
- [20] H. Pacheco Gil, E. Jarre, J. R. Macias, F. Intriago, B. Ortega, and E. Menéndez, "Uso de un vehículo aéreo no tripulado como alternativa para generar información topográfica," *Enfoque UTE*, vol. 14, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.29019/enfoqueute.881.
- [21] D. Ekaso, F. Nex, and N. Kerle, "Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing," *Geo-Spatial Information Science*, vol. 23, no. 2. Taylor and Francis Ltd., pp. 165–181, Apr. 02, 2020. doi: 10.1080/10095020.2019.1710437.
- [22] R. A. Pickett, J. W. Nowlin, A. A. Hashem, M. L. Reba, J. H. Massey, and S. Alsbrook, "Small Unmanned Aircraft Systems and Agro-Terrestrial Surveys Comparison for Generating Digital Elevation Surfaces for Irrigation and Precision Grading," *Drones*, vol. 7, no. 11, Nov. 2023, doi: 10.3390/drones7110649.
- [23] S. Czyża, K. Szuniewicz, K. Kowalczyk, A. Dumalski, M. Ogrodniczak, and Ł. Zieleniewicz, "Assessment of Accuracy in Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Pose Estimation with the REAL-Time Kinematic (RTK) Method on the Example of DJI Matrice 300 RTK," *Sensors*, vol. 23, no. 4, Feb. 2023, doi: 10.3390/s23042092.
- [24] M. E. Atik and M. Arkali, "Comparative Assessment of the Effect of Positioning Techniques and Ground Control Point Distribution Models on the Accuracy of UAV-Based Photogrammetric Production," *Drones*, vol. 9, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.3390/drones9010015.
- [25] S. M. Dlamini and Y. O. Ouma, "Large-Scale Topographic Mapping Using RTK-GNSS and Multispectral UAV Drone Photogrammetric Surveys: Comparative Evaluation of Experimental Results," *Geomatics*, vol. 5, no. 2, Jun. 2025, doi: 10.3390/geomatics5020025.
- [26] N. Q. Vu, V. H. Nguyen, L. B. Ta, and H. T. Van, "A Comparative Study of UAV Lidar, UAV, and GNSS RTK on Infrastructure Survey," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1289, no. 1, p. 012098, Aug. 2023, doi: 10.1088/1757-899x/1289/1/012098.
- [27] Q. Abdullah, R. Munjy, J. Nimetz, M. Zoltek, and C. Lee, *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data*. ASPRS, 2024. doi: 10.14358/asprs.pas.2024.
- [28] S. Corrente and M. Tasiou, "A robust TOPSIS method for decision making problems with hierarchical and non-monotonic criteria," *Expert Systems with Applications*, vol. 214, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.eswa.2022.119045.

- [29] S. Chakraborty, R. D. Raut, T. M. Rofin, and S. Chakraborty, "A comprehensive and systematic review of multi-criteria decision-making methods and applications in healthcare," *Healthcare Analytics*, vol. 4. Elsevier Inc., Dec. 01, 2023. doi: 10.1016/j.health.2023.100232.
- [30] Monika, R. Kumar Bajaj, and A. Sharma, "On clustering and TOPSIS decision-making technique with new trigonometric information measures under T-spherical fuzzy hypersoft structures," *Expert Systems with Applications*, vol. 289, Sep. 2025, doi: 10.1016/j.eswa.2025.128356.
- [31] M. T. Lamata, D. A. Pelta, B. Ceballos, M. T. Lamata, D. Pelta, and J. M. Sanchez, "El método TOPSIS relativo vs. absoluto Article in Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA · EL MÉTODO TOPSIS RELATIVO VS. ABSOLUTO," 2013. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/287316489>
- [32] R. A. da Cunha, L. A. D. Rangel, C. A. Rudolf, and L. dos Santos, "A decision support approach employing the PROMETHEE method and risk factors for critical supply assessment in large-scale projects," *Operations Research Perspectives*, vol. 9. Elsevier Ltd, Jan. 01, 2022. doi: 10.1016/j.orp.2022.100238.

ANEXO

Evidencia de sumisión del artículo

 u275996730@srv741.main-hosting.eu en nombre de Dr. Feibert A. Guzmán P.<editor@revistaingenieria.org>
Para: Benson Canchaco Huahualuque 😊 ↩️ ⋮
Jun 20/11/2025 15:19

 No se puede comprobar que este correo electrónico proviene del remitente, por lo que es posible que no sea seguro responder a él. [Más información](#) Eliminar correo electrónico

Benson Canchaco Huahualuque:

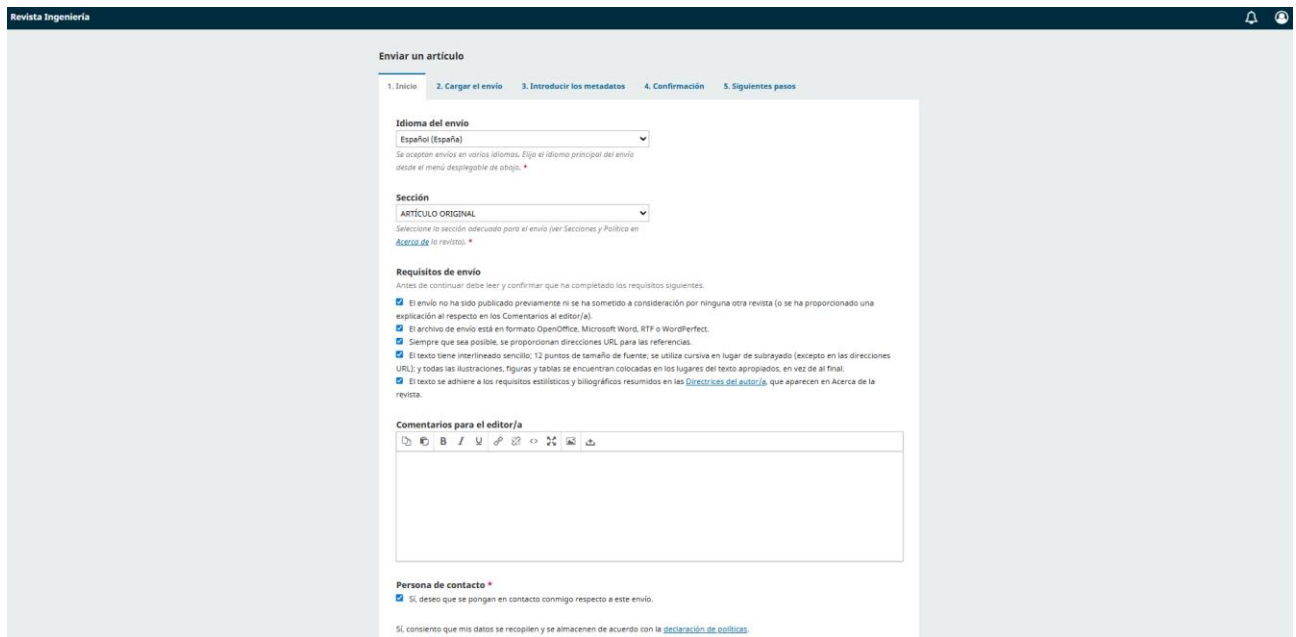
Gracias por enviar el manuscrito "Análisis Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y GNSS." a Revista Ingeniería. Con el sistema de gestión de publicaciones en línea que utilizamos podrá seguir el progreso a través del proceso editorial tras iniciar sesión en el sitio web de la publicación:

URL del manuscrito: <https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/authorDashboard/submission/229>
Nombre de usuario/a: benson_2025

Si tiene alguna duda puede ponerse en contacto conmigo. Gracias por elegir esta editorial para mostrar su trabajo.

Dr. Feibert A. Guzmán P.

[Revista Ingeniería](#)



The screenshot shows the 'Enviar un artículo' (Submit Article) form in the Revista Ingeniería system. The form is titled 'Enviar un artículo' and has a progress bar with five steps: 1. Inicio, 2. Cargar el envío, 3. Introducir los metadatos, 4. Confirmación, and 5. Sigüientes pasos. The current step is 'Introducir los metadatos'. The form contains the following sections:

- Idioma del envío:** A dropdown menu set to 'Español (España)'. Below it, a note says: 'Se aceptan envíos en varios idiomas. Elija el idioma principal del envío desde el menú desplegable de abajo.'.
- Sección:** A dropdown menu set to 'ARTÍCULO ORIGINAL'. Below it, a note says: 'Seleccione la sección adecuada para el envío (ver Secciones y Política en Acerca de la revista)'.
- Requisitos de envío:** A section with the heading 'Antes de continuar debe leer y confirmar que ha completado los requisitos siguientes.' and a list of five requirements, all of which are checked:
 - El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
 - El archivo de envío está en formato OpenOffice, Microsoft Word, RTF o WordPerfect.
 - Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones URL para las referencias.
 - El texto tiene interlineado sencillo; 12 puntos de tamaño de fuente; se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
 - El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices del autor/a](#), que aparecen en Acerca de la revista.
- Comentarios para el editor/a:** A text area with a rich text editor toolbar (bold, italic, underline, link, unlink, list, indent, outdent, undo, redo, help).
- Persona de contacto:** A checkbox labeled 'Persona de contacto' which is checked. Below it, a note says: 'Si desea que se pongan en contacto conmigo respecto a este envío.'

At the bottom of the form, there is a disclaimer: 'Si consiento que mis datos se recopilen y se almacenen de acuerdo con la [declaración de políticas](#)'.

Enviar un artículo

1. Inicio 2. Cargar el envío 3. Introducir los metadatos 4. Confirmación 5. Sigüientes pasos

Archivos ➕ Añadir archivo

DECLARACION DE COMPROMISO DEL AUTOR.pdf	Otro	Editar	Eliminar
ARTICULO DE INVESTIGACION-BENSON CH-V5.docx	Tema del artículo	Editar	Eliminar
FIGURA- GNSS.png	Otro	Editar	Eliminar
FIGURA- UAV.png	Otro	Editar	Eliminar
GRAFICO-1 - RESULTADOS MULTICRITERIO.png	Otro	Editar	Eliminar
figure-ESTACION TOTAL.png	Resultados de la investigación	Editar	Eliminar
MEMORIA DE CALCULO INVESTIGACION.xlsx	Resultados de la investigación	Editar	Eliminar
RESULTADOS- RMSE.docx	Análisis de datos	Editar	Eliminar
RESULTADO DE TTC- H.docx	Análisis de datos	Editar	Eliminar
RESULTADOS- TP- H.docx	Análisis de datos	Editar	Eliminar
RESULTADOS DE CT- SOLES.docx	Análisis de datos	Editar	Eliminar
RESULTADOS FINAL DE CT- SOLES.docx	Análisis de datos	Editar	Eliminar

➔ Guardar y continuar Cancelar

Enviar un artículo

1. Inicio 2. Cargar el envío 3. Introducir los metadatos 4. Confirmación 5. Sigüientes pasos

Prefijo **Título ***

Análisis Análisis de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas mediante Estación Total, UAV y

(Ejemplos: url,una, eillo)

Subtítulo

Resumen *

La topografía enfrenta hoy desafíos globales derivados de la diversidad geográfica y la creciente complejidad de los espacios urbanos. En regiones de relieve accidentado, como zonas montañosas o ciudades asentadas en laderas, se requieren métodos que garanticen eficacia, rapidez y seguridad en la adquisición de datos. El objetivo fue evaluar el método más eficaz teniendo en cuenta la precisión, el costo y el tiempo de operación. Se utilizó un diseño experimental con medidas repetidas y análisis DCA ($\alpha = 0.05$), junto con métodos multicriterio MCDM. Los resultados indicaron que el GNSS logró la mayor eficacia (90.89%) gracias a su gran exactitud, el UAV sobresalió en costos y velocidad, y los métodos híbridos GNSS-UAV evidenciaron un rendimiento superior, optimizando recursos y conservando precisión geoespacial.

Autoría y colaboradores/as ➕ Añadir colaborador/a

Nombre	Correo electrónico	Rol	Contacto principal	En listas de navegación
* Benson Canchaco Huahualuque	bensoncanchaco@upeu.edu.pe	Autor/a	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Mejoras adicionales

Palabras clave

Añada más información al envío. Pulse "Intro" después de cada término.

Topografía UAV GNSS Estación Total Precisión

Citas

Quiero agradecer de todo corazón a las personas que han confiado en mí, a mi asesora, Juan Beatriz Aquise Pani, y al Ingeniero Raymundo Jauffi.

El agradecimiento más profundo es para mis padres, que con su esfuerzo desde el campo han trabajado sin descanso para darme la oportunidad de sobresalir.

Enviar un artículo

1. Inicio 2. Cargar el envío 3. Introducir los metadatos 4. Confirmación 5. Sigüientes pasos

Se ha subido su envío y ya está listo para ser enviado. Puede volver atrás para revisar y ajustar la información que desee antes de continuar. Cuando esté listo haga clic en "Finalizar envío".

Finalizar envío Cancelar

Enviar un artículo

1. Inicio
2. Cargar el envío
3. Introducir los metadatos
4. Confirmación
5. **Siguientes pasos**

Envío completo

Gracias por su interés por publicar con Revista Ingeniería.

¿Y ahora qué?

La revista ha sido notificada acerca de su envío y se le enviará un correo electrónico de confirmación para sus registros. Cuando el editor haya revisado el envío, se contactará con usted.

Por ahora, usted puede:

- [Revisar este envío](#)
- [Crear un nuevo envío](#)
- [Volver al escritorio](#)

0 search results.

Resolución de inscripción del perfil de proyecto tesis en formato artículo



“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA”

RESOLUCIÓN N° 0092-2025/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Ñaña 25 de marzo de 2025

VISTO:

El expediente de **Canchaco Huahualuque, Benson**, identificado(a) con Código Universitario N° 201210094, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Canchaco Huahualuque, Benson**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado “Análisis comparativo de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas con estación total y el uso de UAV e instrumentos GNSS” y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 25 de marzo de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado “Análisis comparativo de la eficacia de los levantamientos topográficos en vías urbanas con estación total y el uso de UAV e instrumentos GNSS” y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a la **Mg. Juana Beatriz Aquise Pari** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por el: **Dr. Leopoldo Choque Flores** y el **Ing. David Diaz Garamendi** otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA



Ph.D. Silvia Pilco Quesada
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Asesor
-Dirección General de Investigación
-Archivo