

CUANTIFICACIÓN GEOMÉTRICA DE BACHES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES MEDIANTE SENSORES LIDAR MÓVILES DE CONSUMO MASIVO

GEOMETRIC QUANTIFICATION OF POTHOLES IN FLEXIBLE PAVEMENTS USING CONSUMER-GRADE MOBILE LIDAR SENSORS

Ana Gabriela Romero Pisco ^{1*}

¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8682-5421>. Correo: romero-ana8600@unesum.edu.ec

Johanna Elizabeth Romero Pisco ²

² Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3631-1073>. Correo: romero-johanna8618@unesum.edu.ec

Jaime Adrián Peralta Delgado ³

³ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-9719>. Correo: jaime.peralta@unesum.edu.ec

Diego Sornoza Parrales ⁴

⁴ Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9319-9298>. Correo: diego.sornoza@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: romero-ana8600@unesum.edu.ec

Resumen

Las administraciones viales con recursos limitados requieren métodos de auscultación ágiles y económicos para cuantificar el deterioro de los pavimentos flexibles. Este estudio evaluó la precisión geométrica y la eficiencia operativa del sensor LiDAR incorporado en un teléfono inteligente de consumo masivo (iPhone 16 Pro Max, aplicación 3D Scanner App) para la cuantificación de baches, tomando como método de referencia el Nivel Óptico. Se midieron de forma pareada cinco baches ubicados en la red vial interna de un campus universitario en Jipijapa, Ecuador, registrando ancho máximo, largo máximo, profundidad máxima y tiempo de captura con ambas tecnologías. El análisis del error absoluto, el error relativo y la prueba de Wilcoxon no



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

evidenció diferencias sistemáticas relevantes en las variables dimensionales (error absoluto medio entre 0,8 y 1,0 cm), mientras que el tiempo de captura del LiDAR fue considerablemente menor y constante (5 minutos frente a 18–35 minutos del método de referencia). Se concluye que el LiDAR móvil de consumo masivo constituye una alternativa técnicamente viable y más eficiente que la nivelación óptica para la cuantificación geométrica de baches en contextos de exigencia moderada, aunque el tamaño de muestra reducido limita la generalización de los hallazgos.

Palabras clave: LiDAR móvil; pavimento flexible; baches; precisión geométrica; auscultación vial

Abstract

Road agencies with limited resources require agile, low-cost auscultation methods to quantify flexible pavement deterioration. This study evaluated the geometric accuracy and operational efficiency of the LiDAR sensor embedded in a consumer-grade smartphone (iPhone 16 Pro Max, 3D Scanner App) for quantifying potholes, using an Optical Level as the reference method. Five potholes located on the internal road network of a university campus in Jipijapa, Ecuador were measured in parallel, recording maximum width, maximum length, maximum depth, and capture time with both technologies. Analysis of absolute error, relative error, and the Wilcoxon test showed no relevant systematic differences in the dimensional variables (mean absolute error between 0.8 and 1.0 cm), while LiDAR capture time was markedly shorter and constant (5 minutes versus 18–35 minutes for the reference method). Consumer-grade mobile LiDAR is a technically viable and more efficient alternative to optical leveling for geometric pothole quantification in moderate-demand contexts, although the small sample size limits the generalizability of the findings.

Keywords: mobile LiDAR; flexible pavement; potholes; geometric accuracy; pavement auscultation

Fecha de recibido: 27/05/2025

Fecha de aceptado: 11/08/2026

Fecha de publicado: 14/08/2026

Introducción

La gestión de la infraestructura vial representa uno de los desafíos técnico-económicos más significativos para la ingeniería civil global. Las redes de transporte terrestre son esenciales para el desarrollo socioeconómico; sin embargo, los pavimentos flexibles sufren una degradación continua por factores climáticos, deficiencias de drenaje y el incremento del tráfico vehicular. Como sostienen Cárdenas Resines et al. (2023) la exposición prolongada a estas acciones desgasta la vida útil de la vía, afectando sus propiedades mecánicas y funcionales. Este deterioro repercute directamente en los costos de operación vehicular y en los índices de serviciabilidad. Por ello, la detección oportuna de anomalías superficiales es fundamental, pues las grietas y baches constituyen el daño inicial del cual derivan fallas estructurales severas.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Históricamente, la evaluación superficial se realiza mediante inspección visual y mediciones manuales usando índices como el PCI o VIZIR. Aunque estos enfoques proveen clasificaciones estandarizadas, presentan limitaciones importantes: el levantamiento manual demanda extensas jornadas de medición directa, induce subjetividad, eleva costos operativos, restringe el rendimiento de los inventarios viales y expone al personal a riesgos de seguridad laboral en entornos de alta transitabilidad.

Ante esto, la ingeniería vial requiere una transición hacia herramientas automatizadas de digitalización. La obtención de nubes de puntos tridimensionales mediante tecnología *Light Detection and Ranging* (LiDAR) permite capturar con precisión geométrica los deterioros de forma rápida y sin contacto. Sin embargo, la adopción de equipos LiDAR profesionales se ve frenada en administraciones locales debido a los elevados costos de adquisición y post-procesamiento, limitándose a macroproyectos de gran presupuesto (Trujillo-Talavera et al., 2024).

Por consiguiente, la integración de sensores LiDAR de consumo masivo en dispositivos móviles comerciales abre una oportunidad para optimizar la inspección vial. Estos sensores embebidos permiten el mapeo tridimensional continuo de la superficie con una flexibilidad operativa inédita (Beavers et al., 2024). La relevancia de investigar esta tecnología de bajo costo radica en dotar a las agencias de transporte de un mecanismo de auscultación ágil y económicamente viable, capaz de proveer información geométrica confiable para priorizar el mantenimiento preventivo urbano.

El objetivo de este trabajo es evaluar la precisión geométrica y la eficiencia operativa de los sensores LiDAR móviles de consumo masivo en la cuantificación de baches en pavimentos flexibles, tomando como método de referencia el Nivel Óptico en las vías internas del campus universitario.

Tecnologías de escaneo LiDAR móvil y smartphones

La modelación basada en nubes de puntos 3D adquiere un valor estratégico en la ingeniería vial contemporánea. Históricamente, la obtención de estos datos tridimensionales dependía de sofisticados sistemas LiDAR profesionales o escáneres láser terrestres fijos. Trujillo-Talavera et al. (2024) señalan que el elevado costo económico de adquisición y la complejidad del procesamiento técnico de los equipos LiDAR industriales restringen críticamente su adopción en administraciones locales y distritales.

Como alternativa, estos autores evaluaron la precisión de los sensores LiDAR embebidos en dispositivos móviles de consumo masivo (Apple iPad Pro e iPhone), concluyendo que, si bien su alcance operativo óptimo es acotado (hasta 5 metros) y sus desviaciones milimétricas son mayores que las de un escáner industrial, generan nubes de puntos tridimensionales con una fidelidad geométrica aceptable y útil para levantamientos rápidos y económicos en entornos menos exigentes. Spreafico et al. (2021) confirman este comportamiento para el LiDAR embebido en el iPad Pro, reportando una resolución del orden de 1 cm adecuada para mapeos rápidos a escala 1:200, aunque con limitaciones para el registro de detalles finos.

Esta perspectiva es respaldada por Beavers et al. (2024), quienes realizaron un análisis comparativo del desempeño de sensores LiDAR integrados en tabletas y teléfonos inteligentes para el mapeo de texturas y condiciones de pavimentos, encontrando una resolución de mejor caso de 1 cm y limitaciones para detectar grietas pequeñas y baches poco profundos. Al-Sabaei et al. (2024), en una revisión reciente sobre aplicaciones de smartphones para el monitoreo de pavimentos, confirman que la densidad espacial y la



resolución geométrica de las nubes de puntos capturadas por dispositivos de consumo masivo son técnicamente viables para identificar y cuantificar anomalías superficiales, abriendo un campo fértil para la democratización de la auscultación automatizada.

Evolución de los métodos de auscultación vial

El desarrollo de los métodos de auscultación vial refleja una tendencia hacia la automatización digital como respuesta a las limitaciones operativas de los enfoques convencionales. Amândio et al. (2021), en su revisión sistemática sobre integración de datos inteligentes de pavimentos, destacan que los sistemas de gestión de pavimentos (PMS) tradicionales dependen fuertemente de inspecciones manuales, y que la incorporación de tecnologías inteligentes permite mejorar tanto la recolección como el análisis de los datos de condición vial.

En las fases iniciales de esta transición tecnológica, distintos autores demostraron la viabilidad de implementar algoritmos de visión artificial para aislar geoméricamente el contorno de las fallas asfálticas y extraer descriptores morfológicos. Flórez-Pareja et al. (2023), por ejemplo, estimaron irregularidades en pavimentos —baches, grietas y piel de cocodrilo— mediante procesamiento digital de imágenes, obteniendo precisiones de hasta 0,87 en la detección de baches. Sin embargo, Ríos Cotazo et al. (2020), en su revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales, señalan que el procesamiento de imágenes fotográficas 2D convencionales exhibe una marcada susceptibilidad ante las variaciones de la iluminación natural, la proyección de sombras y las manchas de humedad o aceite sobre la calzada, factores que inducen errores de clasificación y falsos positivos en los inventarios viales.

Para resolver estas restricciones del entorno, las tendencias actuales se orientan hacia la combinación de inteligencia artificial y arquitecturas computacionales avanzadas. Goicochea Limay et al. (2023) validaron la aplicación del algoritmo de detección de objetos YOLOv5 en redes viales urbanas, concluyendo que el aprendizaje automático dota a los sistemas de gestión de pavimentos de una consistencia estadística y una velocidad de procesamiento inalcanzables para los métodos puramente visuales. Reyes Ortiz et al. (2019) coinciden en que las técnicas de inteligencia artificial aplicadas al procesamiento de imágenes de pavimentos optimizan la sensibilidad ante perturbaciones externas que limitan al procesamiento digital tradicional. No obstante, como matizan Cárdenas Resines et al. (2023), las herramientas basadas exclusivamente en capturas ópticas bidimensionales carecen inherentemente de la capacidad para medir atributos geométricos de profundidad y volumen, elementos críticos para diagnosticar patologías con componente tridimensional.

Materiales y métodos

La presente investigación se clasifica como Investigación Aplicada, dado que emplea conocimientos tecnológicos y de ingeniería ya existentes (LiDAR móvil y nivelación óptica) con el propósito de resolver un problema técnico operativo en la gestión de infraestructuras viales, transformando la teoría en una solución práctica, medible y de beneficio inmediato para la auscultación de pavimentos.

La investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo, secuencial, probatorio y objetivo, empleado para garantizar la rigurosidad en el estudio de la degradación superficial de los pavimentos flexibles. Bajo esta perspectiva, los fenómenos patológicos de la vía se transforman en entidades numéricas discretas mediante un proceso de medición directa, permitiendo aplicar la estadística descriptiva e inferencial para contrastar la precisión de la tecnología de consumo masivo evaluada frente al método de referencia.



El diseño de la investigación es no experimental, dado que las variables de estudio (dimensiones geométricas de los baches) no son manipuladas deliberadamente por las investigadoras. El estudio adopta un enfoque observacional y transversal, donde los datos físicos se recolectan en su entorno natural y de forma directa para su posterior análisis comparativo.

El presente estudio se define bajo un alcance descriptivo, comparativo y transaccional. Su propósito no radica en la manipulación deliberada de variables ambientales o estructurales, ni en la determinación de las causas mecánicas o de fatiga de materiales que originan las patologías viales. La investigación se limita a caracterizar, registrar y cuantificar el estado geométrico y morfológico actual de los baches existentes en pavimentos flexibles mediante el uso de tecnologías de sensores remotos de consumo masivo.

La población está constituida por el universo total de baches activos y visibles en la capa de rodadura de los pavimentos flexibles (mezclas asfálticas) correspondientes a la red de vías internas que conforman el Campus Universitario "Los Ángeles".

La muestra seleccionada para este estudio es de tipo no probabilística por conveniencia, conformada por cinco (5) baches identificados y georreferenciados (coordenadas X, Y) dentro de la red de vías internas del campus universitario, seleccionados según criterios técnicos, logísticos y de accesibilidad. Para cada bache, ambas tecnologías (Nivel Óptico y sensor LiDAR móvil) registraron de forma independiente las mismas cuatro variables de contraste: ancho máximo, largo máximo, profundidad máxima y tiempo de captura, lo que permite un análisis pareado del error absoluto por unidad de medición.

Para la ejecución del levantamiento métrico se emplearon dos tecnologías de recolección de datos con principios físicos independientes: un Nivel Óptico y un teléfono inteligente con sensor LiDAR integrado. El Nivel Óptico actuó como el método de referencia (*Ground Truth*) por su amplia validación en la práctica topográfica convencional, obteniendo las coordenadas y dimensiones de cada falla mediante lectura directa con mira topográfica. Por su representatividad como instrumento de referencia ampliamente utilizado en levantamientos topográficos convencionales, sus mediciones se consideran la línea base de comparación de este estudio.

Por otro lado, el instrumento móvil evaluado es un iPhone 16 Pro Max, equipado con un sensor LiDAR ToF de estado sólido, el cual proyecta ráfagas láser infrarrojas para medir distancias en movimiento sobre el pavimento flexible. El hardware se opera de forma nativa con la aplicación 3D Scanner App (versión 2.5), cuyo motor fotogramétrico emplea algoritmos SLAM para unificar la nube de puntos del sensor con el posicionamiento inercial de la IMU del teléfono. El ecosistema digital de 3D Scanner App fusiona estos rangos métricos con la textura cromática RGB de la cámara, generando mallas poligonales 3D de alta densidad aptas para ser segmentadas y contrastadas frente a los datos del Nivel Óptico.

Se explican las tres dimensiones técnicas que estructuran la recolección de datos mediante la siguiente tabla:



Tabla 1. Dimensiones técnicas para la recolección de datos

Dimensión técnica	Parámetros específicos	Descripción del contraste
1. Precisión planimétrica (X, Y)	Ancho máximo y largo máximo del bache.	Comparación de las distancias horizontales medidas con el Nivel Óptico frente al modelo mallado 3D del celular.
2. Precisión altimétrica (Z)	Profundidad máxima del bache.	Comparación de las cotas verticales o profundidades de la superficie entre ambos métodos.
3. Eficiencia operativa	Tiempo de ejecución (minutos).	Medición del tiempo cronometrado desde la instalación del equipo hasta la obtención del dato final.

El esquema analítico anterior establece la matriz fundamental para el posterior tratamiento y contraste de los datos cuantitativos. Al desglosar la evaluación en dimensiones planimétricas (X, Y), altimétricas (Z) y de eficiencia temporal (t), la investigación busca cuantificar el margen de error absoluto del dispositivo móvil frente al Nivel Óptico, así como evaluar el costo-beneficio de su implementación en campo.

Resultados y discusión

La Tabla 2 resume el contraste entre el Nivel Óptico y el sensor LiDAR móvil para las cinco unidades de falla evaluadas, expresado como error absoluto medio (MAE), raíz del error cuadrático medio (RMSE), error relativo medio respecto al Nivel Óptico y el estadístico de la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas ($n = 5$).

Tabla 2. Resumen del contraste dimensional y operativo entre el Nivel Óptico y el LiDAR móvil

Variable	Media Nivel Óptico	Media LiDAR	MAE	RMSE	Error relativo medio	Wilcoxon (p)
Ancho máximo (cm)	152.6	151.8	0.8	1.10	0.51 %	0.250
Largo máximo (cm)	248.4	247.6	0.8	1.10	0.37 %	0.250
Profundidad máxima (cm)	25.6	24.6	1.0	1.18	5.78 %	0.125
Tiempo de captura (min)	22.2	5.0	17.2	18.37	76.03 %	0.063

Nota. El detalle de las mediciones individuales por unidad de falla se presenta en el Anexo. $n = 5$ pares por variable.

Los resultados muestran que el Nivel Óptico y el LiDAR ofrecen mediciones prácticamente equivalentes en cuanto a exactitud dimensional. En las cinco unidades evaluadas, los errores absolutos entre ambos métodos fueron mínimos: 0,8 cm en promedio tanto para el ancho como para el largo máximo, y 1,0 cm para la profundidad máxima, con errores relativos entre 0,4 % y 5,8 %. La correlación de Spearman entre ambos métodos fue muy alta en las tres variables dimensionales (ρ entre 0,97 y 1,00); dado que $n = 5$, este valor descriptivo debe interpretarse con cautela, ya que el valor p asociado no resulta estadísticamente fiable con un tamaño de muestra tan reducido. La prueba de Wilcoxon para muestras pareadas tampoco detectó diferencias sistemáticas significativas en ninguna de las tres variables dimensionales ($p = 0,250$ para ancho y largo; $p = 0,125$ para profundidad), aunque cabe señalar que, con $n = 5$, esta prueba tiene una potencia estadística muy limitada: la ausencia de significancia no debe interpretarse como evidencia concluyente de equivalencia, sino como un resultado descriptivo consistente con la magnitud reducida de los errores observados.



Donde sí se observa una diferencia relevante es en el tiempo de captura: el Nivel Óptico varió entre 18 y 35 minutos por bache (con un promedio de 22,2 minutos), mientras que el LiDAR mantuvo un tiempo constante de 5 minutos independientemente de la complejidad de la falla, como se evidencia en el Bache 3, donde el método de referencia tardó 35 minutos frente a los 5 del LiDAR. El error relativo en esta variable (76,03 %) refleja la magnitud de esta diferencia operativa. Aunque la prueba de Wilcoxon para esta variable se aproximó al umbral convencional de significancia sin alcanzarlo ($p = 0,063$) —de nuevo, una consecuencia esperable de la potencia limitada con $n = 5$ —, la consistencia direccional del efecto en las cinco unidades evaluadas (el LiDAR fue más rápido en el 100 % de los casos) constituye un hallazgo operativo relevante para la práctica, más allá de la significancia estadística formal.

Estos hallazgos corroboran lo señalado por Trujillo-Talavera et al. (2024) y Beavers et al. (2024) respecto a la aptitud de los sensores LiDAR embebidos en dispositivos comerciales para levantamientos rápidos y económicos en entornos de exigencia moderada. La magnitud de los errores dimensionales observados en este estudio (0,8–1,0 cm) es consistente con la resolución de aproximadamente 1 cm reportada por Beavers et al. (2024) y por Spreafico et al. (2021) para sensores LiDAR embebidos similares, lo que sugiere que el desempeño del iPhone 16 Pro Max se encuentra dentro del rango esperado para esta familia de dispositivos. Asimismo, Al-Sabaei et al. (2024) señalan que las aplicaciones basadas en smartphones ofrecen una alternativa de bajo costo con capacidad de monitoreo en tiempo real, lo cual es coherente con la marcada ventaja operativa del LiDAR observada en este estudio.

En términos de implicancias, los hallazgos aportan evidencia empírica que respalda la incorporación de sensores LiDAR de consumo masivo como herramienta complementaria, y no sustitutiva, de los métodos topográficos tradicionales, particularmente en contextos donde la rapidez y el bajo costo son prioritarios frente a la máxima exactitud milimétrica. Para la práctica profesional, esto se traduce en la posibilidad de que administraciones viales con recursos limitados, como los gobiernos autónomos descentralizados o las propias instituciones universitarias, dispongan de un mecanismo ágil de auscultación preventiva que permita priorizar intervenciones de mantenimiento sin incurrir en los costos asociados a equipos LiDAR profesionales. Para la investigación, el estudio contribuye a la línea de digitalización de la gestión de infraestructura vial, complementando los trabajos previos de Trujillo-Talavera et al. (2024) y Beavers et al. (2024) con evidencia específica sobre baches en un contexto universitario latinoamericano.

Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten evidenciar que el sensor LiDAR incorporado en un teléfono inteligente de consumo masivo (iPhone 16 Pro Max) alcanza niveles de precisión geométrica cercanos a los del método de referencia (Nivel Óptico), con errores absolutos medios entre 0,8 y 1,0 cm en las dimensiones evaluadas (ancho, largo y profundidad) en los cinco baches analizados, sin un patrón sistemático de sobreestimación o subestimación detectado mediante la prueba de Wilcoxon. En materia de eficiencia operativa, la diferencia fue considerablemente mayor y consistente en toda la muestra: mientras el levantamiento con Nivel Óptico demandó entre 18 y 35 minutos por falla, el sensor LiDAR mantuvo un tiempo constante de 5 minutos, independientemente de la complejidad geométrica de la falla.

Estos hallazgos son consistentes con la hipótesis de trabajo planteada, según la cual los sensores LiDAR móviles de consumo masivo constituyen una alternativa técnicamente viable a la nivelación óptica



convencional para la cuantificación geométrica de baches en pavimentos flexibles, al ofrecer una precisión comparable con una eficiencia operativa sustancialmente superior en el contexto estudiado. No obstante, dado el reducido tamaño de la muestra ($n = 5$) y su carácter no probabilístico, estas conclusiones deben entenderse como evidencia preliminar que requiere validación en muestras de mayor tamaño y en contextos viales más diversos antes de sustentar recomendaciones de adopción generalizada.

Referencias

- Al-Sabaei, A. M., Souliman, M. I., & Jagadeesh, A. (2024). Smartphone applications for pavement condition monitoring: A review. In *Construction and Building Materials* (Vol. 410). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134207>
- Amândio, M., Parente, M., Neves, J., & Fonseca, P. (2021). Integration of smart pavement data with decision support systems: A systematic review. In *Buildings* (Vol. 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/buildings11120579>
- Beavers, C., Day, C., Krietemeyer, A., Peterson, S., Ahn, Y., & Li, X. (2024). *Mapping of Pavement Conditions Using Smartphone/Tablet LiDAR Case Study: Sensor Performance Comparison*. <https://doi.org/10.31979/mti.2024.2224>
- Cárdenas Resines, C. L., Carrillo Sinche, J. L., Izarra Vargas, A. D., Murga Tirado, C. E., & Vásquez Salazar, A. G. (2023). Herramientas tecnológicas de evaluación de fallas en la superficie de pavimento flexible, una revisión sistemática. *Llamkasun*, 4(2), 10–23. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i2.121>
- Flórez-Pareja, L. D., Escobar-Arenas, J. P., & Fernandez Mc Cann, D. S. (2023). Estimación de irregularidades en pavimentos mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista Politécnica*, 19, 20–28. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n37a2>
- Goicochea Limay, K. J. D., Quiliche Marín, L. K. del R., Romero Cueva, Y. J., Quevedo Porras, V. Z., & Martinez Zapana, C. A. (2023). Identification of failures in flexible pavement using Machine Learning, Cajamarca 2022. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, 2023-July*. <https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.326>
- Reyes Ortiz, O. J., Mejia, M., & Useche Castelblanco, J. S. (2019). Técnicas de inteligencia artificial utilizadas en el procesamiento de imágenes y su aplicación en el análisis de pavimentos. *Revista EIA*, 16, 189–207. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.1215>
- Ríos Cotazo, N. X., Bacca Cortés, B., Caicedo Bravo, E., & Orobio Quiñónez, A. (2020). Revisión de métodos para la clasificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 30, 109–127. <https://doi.org/10.18359/rcin.4385>
- Spreafico, A., Chiabrando, F., Teppati Losè, L., & Giulio Tonolo, F. (2021). The Ipad Pro Built-In Lidar Sensor: 3d Rapid Mapping Tests And Quality Assessment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B1-2021, 63–69. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-63-2021>





Trujillo-Talavera, A., Valverde-Cantero, D., & González-Arteaga, J. (2024). Precisión del escáner LIDAR de dispositivos apple para toma de datos en edificación. *Anales de Edificación*, 10(2), 75–80. <https://doi.org/10.20868/ade.2024.5476>



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com