

UAI-UFLO-UCU
CIAU 1
I CONGRESO DE INVESTIGACION EN ARQUITECTURA&URBANISMO
19-20 de Noviembre de 2025

Auspicio de Universidad Atlántida / Universidad Católica de Santa Fé /
Universidad San Pablo de Tucuman / Universidad de Mendoza / Universidad
Privada de Santa Cruz de la Sierra-Bolivia

**LIDAR INTEGRADO EN SMATPHONES PARA LA PLANIFICACION
TERRITORIAL EN AREAS FORESTALES**

Santiago José Machado Flores¹

Palabras clave: Precisión, Cartografía, Tecnología móvil, Diagnóstico

Introducción y contexto

La ausencia de información geoespacial de alta resolución constituye una limitación recurrente en numerosos contextos urbanos y territoriales, que dificulta la planificación y la toma de decisiones basadas en evidencia.

Esta carencia se vuelve aún más crítica en regiones con recursos institucionales restringidos, donde las políticas públicas, los proyectos de infraestructura o las intervenciones de restauración ambiental requieren datos precisos que, en muchos casos, no se encuentran disponibles o resultan demasiado costosos de producir.

A finales del año 2024 se iniciaron los estudios de base para el desarrollo del proyecto ejecutivo de un parque ribereño en la localidad de Villa Traful (Neuquén, Argentina).

En una primera aproximación, se analizaron las áreas factibles de intervención, se identificó como problemática principal la necesidad de facilitar el acceso público al Lago Traful, dado que gran parte de la ribera se encuentra ocupada por propiedades privadas, principalmente destinadas a alojamientos turísticos.

Durante el proceso, el área de intervención definida en los términos de referencia —que comprendía originalmente la traza vial de la Ruta Provincial 65 y el espacio público comprendido entre esta y el lago— fue ampliada.

Finalmente, se establecieron cuatro sectores temáticos principales: (1) Área recreativa *La Portada* (más de 16000 m²), (2) Predio de feria de artesanos y arboretum (más de 18000 m²), (3) Centro de convenciones y espacio costero (más de 19000 m²) y (4) Reserva *La Puntilla* (más de 38000 m²).

¹ Investigador en el Laboratorio de Ecología de Bordes, UFLO.



Imagen 1: Imagen satelital de fondo, marcado en rojo la traza vial a intervenir, marcado en blanco los sectores. A Reserva *La Puntilla*. B Predio de feria de artesanos y arboretum. C Centro de convenciones y espacio costero. D Área recreativa *La Portada*.

Estos sectores se articulan mediante la intervención en la trama vial, a lo largo de aproximadamente 3 km, los mismos complementan los distintos puntos de acceso a la ribera.

En este marco se identificó la necesidad de contar con información topográfica de alta precisión, fundamental tanto para el diseño arquitectónico como para la implementación de *Soluciones Basadas en la Naturaleza* (SBN). El *Modelo Digital de Elevación* (MDE) de 5 m de resolución espacial, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (2014), resultó insuficiente debido a las condiciones específicas del terreno y a la densa cobertura arbórea —con ejemplares de más de 20 m de altura— presente en la mayor parte de los sectores a intervenir. Su utilidad se limitó a tramos concretos de la red vial, coincidentes con pendientes suaves y áreas despejadas de vegetación, donde se descartó la interferencia del follaje en la medición altimétrica.

Complementariamente, se dispuso de material georreferenciado en formato shapefile que incluía la situación dominial del área, verificada in situ mediante la ubicación de medidores de gas como referencia legal para los límites medianeros de las parcelas.

Metodología y procesamiento

Debido a las limitaciones detectadas en las fuentes oficiales, se llevó a cabo un relevamiento peatonal donde se utilizó un sensor LiDAR integrado en un iPhone 13 Pro Max, con el objetivo de generar *Modelos Digitales de Terreno* (MDT) de las áreas de interés.

La elección de este método, frente a alternativas de mayor costo y complejidad técnica, se fundamentó en criterios de accesibilidad, economía y eficiencia operativa, así como en la posibilidad de movilizar el dispositivo en zonas de difícil acceso, donde la topografía y la vegetación dificultaban el uso de instrumental tradicional.

Para el relevamiento se empleó la aplicación gratuita 3D Scanner App, se seleccionó el modo de escaneo avanzado de LiDAR. Este modo permitió

controlar distintos parámetros del registro: (1) Rango de captura, configurado en 5 m para ampliar el contexto del escaneo en los senderos relevados, (2) Resolución de malla, establecida en 50 mm con el fin de evitar un peso excesivo en los modelos, en consideración a la amplia extensión del terreno y (3) Nivel de confianza de los puntos, ajustado a medio en sectores de baja complejidad y a alto en áreas con vegetación densa que obstruía la visibilidad del suelo.

Cada escaneo fue exportado en formato .gltf, para garantizar la conservación de la estructura tridimensional y la compatibilidad con software de modelado posterior.

Durante el procedimiento, se mantuvo una metodología de desplazamiento controlado: el dispositivo se sostuvo con un ángulo aproximado de 45° respecto del suelo, procurando un paso regular y evitando movimientos bruscos o giros abruptos que pudieran generar desfases en la nube de puntos. Con base en experiencias previas, se definieron rutas claras y de corta extensión, con puntos de inicio y cierre fácilmente reconocibles. Estos puntos sirvieron posteriormente para vincular y ensamblar los distintos modelos parciales, asegurando la continuidad espacial y reduciendo los errores de solapamiento.

Los estudios recientes sobre el desempeño de sensores LiDAR integrados en smartphones han evaluado su precisión para la captura de geometrías complejas y la generación de MDT de alta resolución. Entre ellos, un trabajo presentado en *The Digital Reality of Tomorrow* (2022) comparó datos obtenidos con sensores LiDAR de teléfonos móviles frente a equipos topográficos de alta gama, donde se demostró desviaciones del orden de ± 3 cm en el plano horizontal y ± 7 mm en el vertical bajo condiciones controladas. Estos resultados respaldan la viabilidad del uso de sensores portátiles como herramientas complementarias en tareas de relevamiento y monitoreo territorial, especialmente cuando se prioriza la agilidad y el bajo costo operativo (University of New Brunswick, 2022).

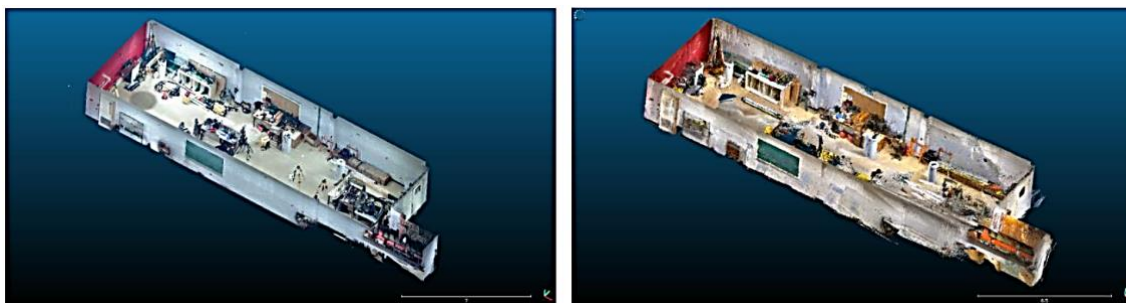


Imagen 2: Nubes de puntos segmentadas del estudio mencionado. Nube de puntos TLS (izquierda) y nube de puntos de iPhone de Modelar (derecha).

En coherencia con dichos antecedentes, el presente trabajo aplicó esta metodología en un contexto real de planificación territorial, en el cual se evaluó su desempeño en áreas boscosas de difícil acceso y verificando su fiabilidad mediante comparaciones con puntos de control y modelos oficiales de referencia. Dado que la literatura existente se centra principalmente en ensayos de laboratorio o entornos controlados, se consideró necesario contrastar la precisión del método en superficies amplias y condiciones naturales complejas. La verificación se realizó en un tramo de 300 m de la Ruta Provincial 65, donde se disponía de datos satelitales confiables y el relieve presentaba condiciones constantes, sin interferencia de vegetación. Los puntos de control se identificaron dentro de sectores planos del MDE oficial, aprovechando celdas completas de 5

m de resolución como referencia inicial para la corrección altimétrica del MDT. Dado que el modelo generado por el dispositivo proporciona valores relativos (0x, 0y, 0z), se utilizó como parámetro una cota conocida de +816 m s.n.m. para ajustar los valores absolutos y reducir las desviaciones verticales del modelo.

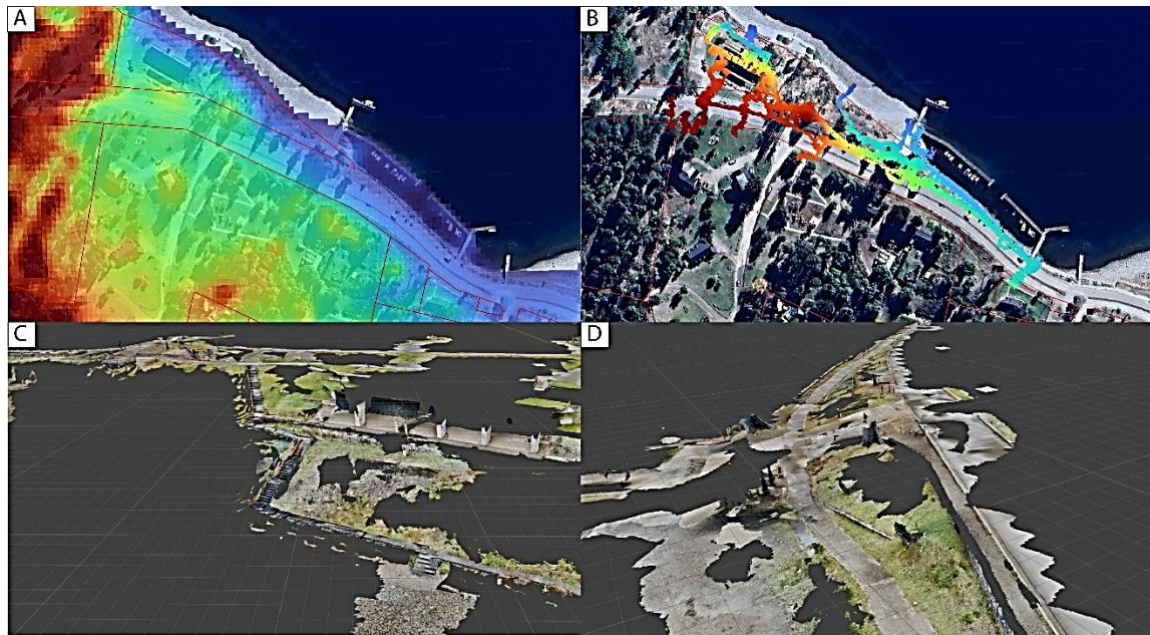


Imagen 3: Área de estudio de 300m para validar el método. A- MDE del IGN con resolución de 5m. B- MDT generado en el relevamiento con resolución de 1cm. C y D- Captura dentro de Blender del modelo 3D generado.

Una vez completado el relevamiento, las nubes de puntos obtenidas se integraron en Blender (versión 4.4), donde se realizó una coincidencia visual entre los modelos parciales, se alinearon tanto los extremos como puntos intermedios de solapamiento para maximizar la exactitud posicional. Luego, los modelos consolidados se exportaron en formato .ply para su procesamiento cartográfico.

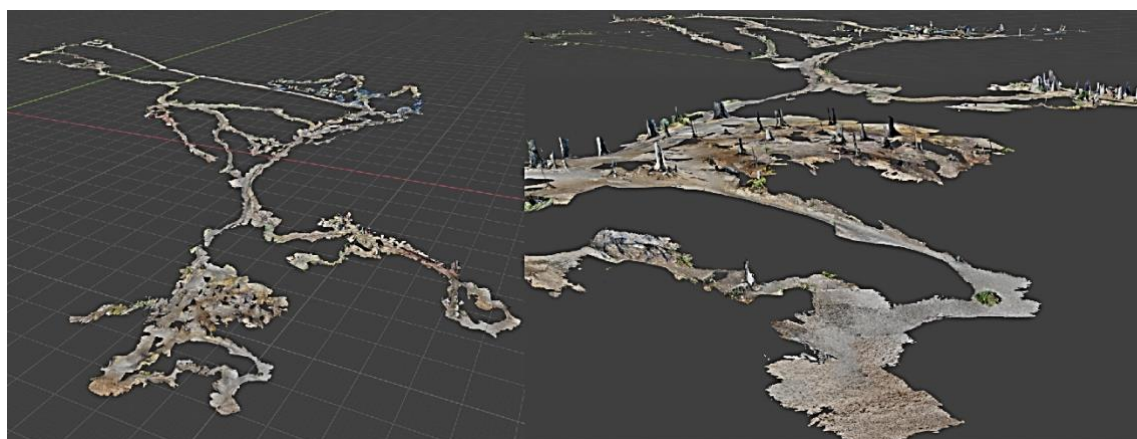


Imagen 4: Captura de el modelo 3d generado en la reserva "La Puntilla" dentro de Blender.

Estos modelos tridimensionales se utilizaron para generar un MDT a partir del cual se derivaron curvas de nivel, ortoimágenes de referencia para la identificación de solados, relevamiento de troncos con estimación de diámetro y

observación del estado superficial de raíces, así como un modelo topográfico general destinado al diseño arquitectónico.

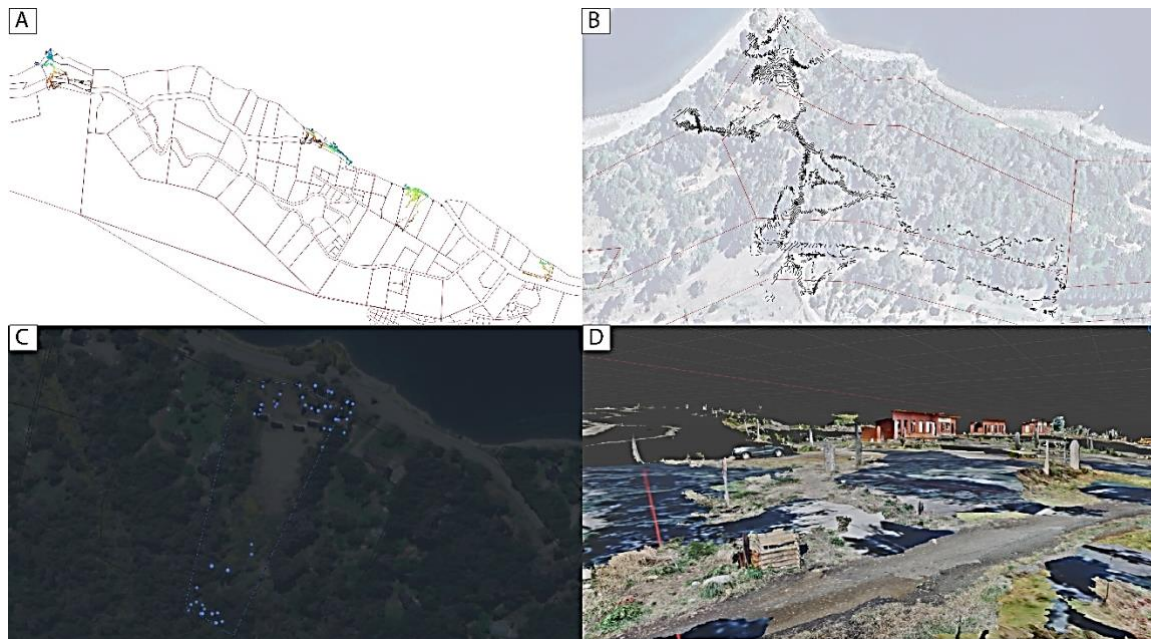


Imagen 5: Productos extraídos del relevamiento. A- MDT parcial del sector. B- Curvas de nivel cada 25cm. C- Ubicación georeferenciada con diámetro de los troncos de los árboles existentes. D- Modelo 3d texturizado en escala 1 a 1.

En una etapa posterior, los archivos .ply fueron importados a QGIS (versión 3.40.6) y procesados mediante rasterización de malla con una resolución de 1 m por píxel. Esta reducción buscó equilibrar el detalle topográfico y la manejabilidad del archivo. La georreferenciación se efectuó mediante la herramienta de transformación polinomial de primer orden, se utilizó remuestreo por nearest neighbour y un mínimo de cuatro puntos de control por raster, alcanzando desviaciones en los ejes X e Y menores a 10 cm y un promedio general de ± 3 cm.

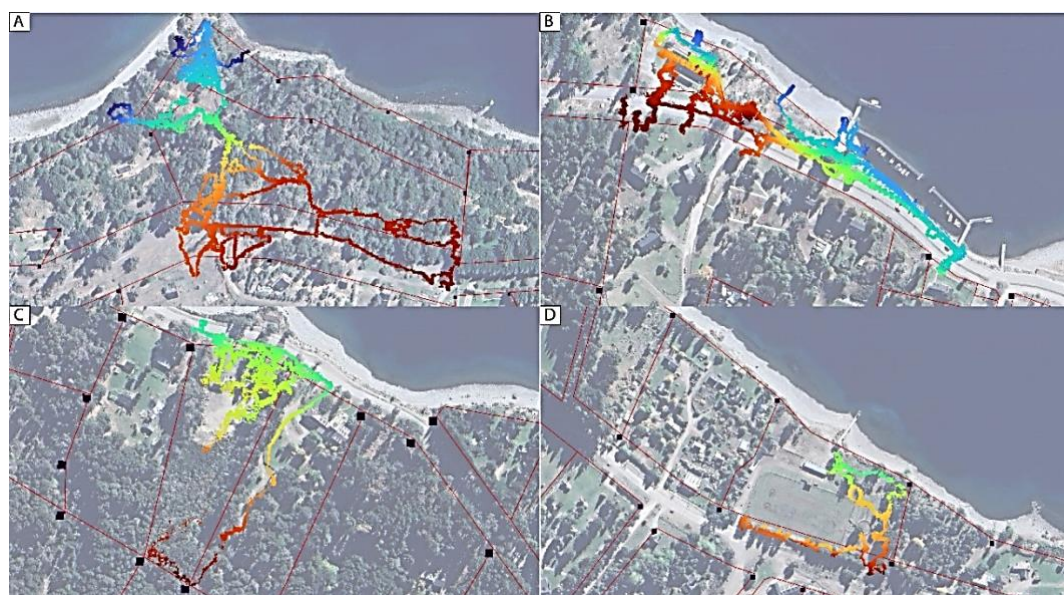


Imagen 6: MDT parciales de los sectores. A- Reserva *La Puntilla* B- Centro de convenciones y espacio costero. C- Predio de feria de artesanos y arboretum. D- Área recreativa *La Portada*.

Los resultados obtenidos confirmaron que el uso de sensores LiDAR integrados en dispositivos móviles constituye una herramienta viable, económica y confiable para la generación de insumos técnicos en la planificación territorial. Su precisión fue suficiente para complementar los MDE oficiales, especialmente en áreas con vegetación densa y cartografía de detalle limitada.

Experiencia complementaria y antecedentes

De manera complementaria al caso de Villa Traful, se desarrolló una experiencia similar en la localidad de Aluminé (provincia del Neuquén), centrada en el relevamiento de un sector temático denominado *Arboretum*, con una superficie aproximada de 29000 m². En esta oportunidad se aplicó el mismo procedimiento metodológico, y se incorporó un ajuste adicional dentro de QGIS mediante la herramienta *Análisis ráster – Rellenar sin datos*, con el fin de interpolar los valores ausentes y suavizar la superficie generada.

El relevamiento comprendió tanto el perímetro completo como múltiples escaneos en zonas intermedias, lo que permitió una reconstrucción integral del terreno. Se trabajó sobre un ráster de resolución de 1 cm, posteriormente suavizado por interpolación hasta un radio de 250 píxeles, con el objetivo de obtener una superficie continua y coherente, adecuada para la planificación de la disposición vegetal y la definición de microrelieves destinados a drenajes naturales.

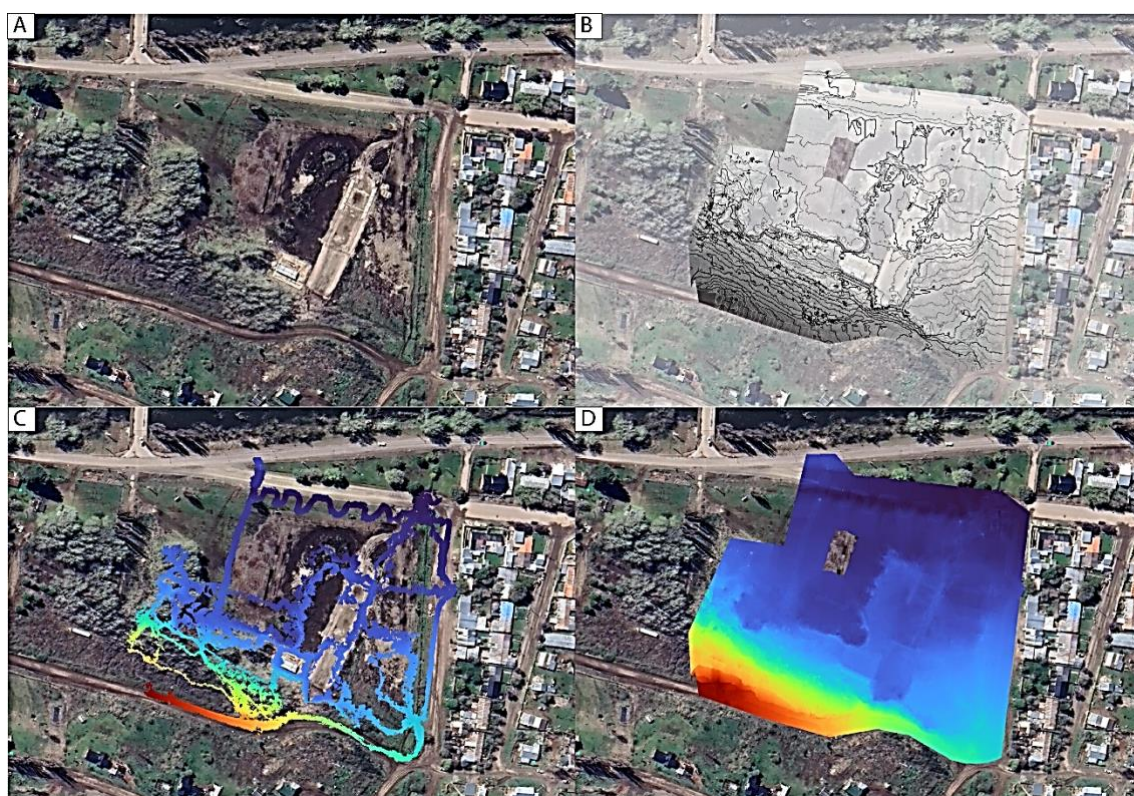


Imagen 7: Caso complementario en Aluminé, sector “Arboretum”. A- Imagen satelital. B- Curva de nivel cada 25cm. C- MDT parcial generado. D- MDT ampliado.

Entre otras experiencias que sirvieron como antecedentes se incluyen un relevamiento de árboles en el área medianera del barrio privado Villa Muluen, en la ciudad de Neuquén, y la recreación tridimensional de un terreno con pendiente pronunciada y borde rocoso próximo a la localidad de Contraalmirante Cordero

(provincia de Río Negro). Ambas experiencias fueron fundamentales para ajustar criterios operativos, como la elección del rango de escaneo y la distancia óptima entre rutas de relevamiento, que luego se aplicaron en los casos de Villa Traful y Aluminé.

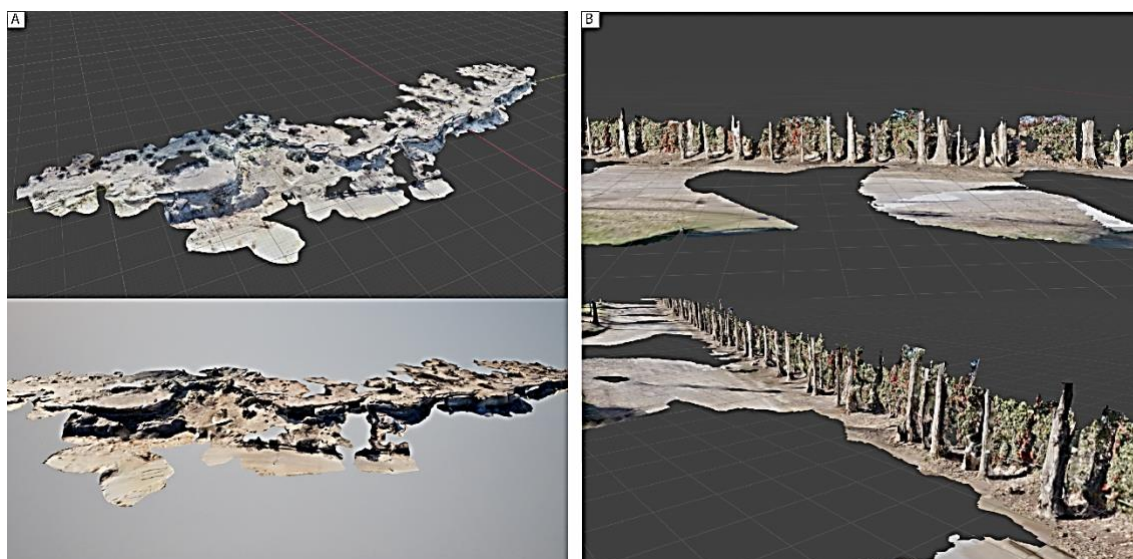


Imagen 8: Experiencias complementarias. A- Relevamiento de formación rocosa en Contraalmirante Cordero, Río Negro. B- Relevamiento de arboles en barrio privado Villa Muluen, Neuquén Capital, Neuquén.

Conclusión

Las experiencias desarrolladas demuestran que el uso de sensores LiDAR integrados en dispositivos móviles constituye una alternativa técnica viable para la obtención de información topográfica precisa y de bajo costo, especialmente en contextos donde los recursos para instrumentación convencional son limitados o donde las condiciones del terreno dificultan el acceso con equipos voluminosos.

Si bien la precisión alcanzada no reemplaza la de los levantamientos topográficos especializados, los resultados obtenidos —con desviaciones horizontales menores a 10 cm— resultan suficientemente fiables para tareas de diagnóstico, modelado y planificación territorial, así como para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) y proyectos de infraestructura verde-azul.

La accesibilidad de esta tecnología, sumada a su portabilidad y bajo requerimiento de formación técnica, abre la posibilidad de democratizar el acceso a la información geoespacial de detalle, promoviendo que municipios, instituciones educativas o comunidades locales puedan generar sus propios insumos cartográficos de base. En este sentido, los dispositivos móviles equipados con LiDAR se consolidan como una herramienta intermedia entre la observación empírica y la topografía instrumental, favoreciendo la incorporación de criterios cuantitativos en etapas tempranas de diseño y gestión del territorio. Más allá de los casos aquí presentados, la replicabilidad del enfoque es alta: con un protocolo de relevamiento y procesamiento sencillo, puede aplicarse a diversas escalas —desde parques urbanos hasta áreas rurales o forestales—, contribuyendo al fortalecimiento de la base cartográfica y a la mejora de la toma de decisiones en planificación territorial sustentable.

Referencia bibliográfica

Chase, P. P. C., Clarke, K. H., Hawkes, A. J., Jabari, S., & Jakus, J. S. (2022, August 23–25). Apple iPhone 13 Pro LiDAR accuracy assessment for engineering applications. In *The Digital Reality of Tomorrow: Transforming Construction with Reality Capture Technologies* (pp. 1–9). University of New Brunswick, Fredericton, Canada.