



DRONES

EN LA CONSTRUCCIÓN

El valor que las tecnologías de drones aportan al sector de la construcción en América Latina





Copyright © 2023 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta obra son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del BID, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa, así como tampoco del Comité de Donantes de BID Lab ni de los países que representa.

Tabla de contenido

Principales hallazgos	5
1 Introducción	6
2 ¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?	7
3 ¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?	26
4 ¿Cómo se puede facilitar la adopción del uso de drones y tecnologías digitales?	48
Próximos pasos	51
Anexos	
1 Metodología aplicada para el relevamiento de PwC	52
2 Cuestionarios	53
3 Tipos de drones - tabla comparativa	56
4 Bibliografía	57
Glosario	58



Reconocimientos

Este informe ha sido elaborado gracias a la colaboración entre IDB Lab, Parque Cibernético de Santo Domingo, PricewaterhouseCoopers Ltda con sede en Uruguay, y PwC Drone Powered Solutions con sede en Polonia.

El equipo de trabajo estaba conformado por las siguientes personas:

Smeldy Ramírez Rufino, Especialista Senior en Desarrollo del Sector Privado, BID Lab
Manuel Rodríguez Porcel, Especialista Senior en Transporte, Banco Interamericano de Desarrollo
Orlando Pérez Richiez, Director Ejecutivo, Centro de Innovación de Drones del Parque Cibernético de Santo Domingo
Jorge Seré, Director, PwC Capital Projects & Infrastructure
Aleksander Buczkowski, Director, PwC Drone Powered Solutions
Matilde Morales, Gerente, PwC Capital Projects & Infrastructure
Kamil Bieniek, Consultor técnico, PwC Drone Powered Solutions

Agradecemos la colaboración de Alexander Riobo, César Buenadicha Sánchez, Isabel Granada, Jesús Tejeda, Luben Petkoff, Martín Duhart, Mauricio Bayona, Mónica Takako Otsuka, Rapha Dewez y Rubén Doboín.

El presente informe ha sido elaborado en colaboración con PricewaterhouseCoopers (PwC) en su calidad de asesor del Parque Cibernético de Santo Domingo.

Parte de los datos, declaraciones, estadísticas, material y comentarios (en conjunto, la "Información") de este informe han sido elaborados por PwC a partir de material disponible públicamente y de conversaciones mantenidas con diversas partes interesadas. PwC asume que la información proporcionada por las partes interesadas es exacta, oportuna e íntegra y no asume ninguna responsabilidad por la exactitud, fiabilidad o corrección de la información, y reconoce que los cambios en las circunstancias después del momento de la publicación de este informe pueden afectar a la exactitud de la información.

La información puede cambiar sin previo aviso y PwC no se responsabiliza en modo alguno de la exactitud de la información utilizada o en la que se basen terceros.

Asimismo, PwC no ha validado o verificado de forma independiente la información que se le ha facilitado a efectos del informe y el contenido del mismo no constituye en modo alguno una auditoría o garantía de la información contenida en el mismo.

PwC ha proporcionado asesoramiento únicamente en beneficio del Parque Cibernético de Santo Domingo y declina toda responsabilidad (incluida la derivada de su negligencia) frente a terceros por cualquier pérdida, daño, costo o gasto incurrido o derivado de cualquier persona que utilice o se base en la información presentada.

Principales hallazgos

Hallazgo clave 1: Aunque todavía en niveles bajos, se ha producido una adopción gradual del uso de drones en la construcción.

Varias industrias ya han implementado drones en sus operaciones diarias, y la tecnología está alcanzando altos niveles de desarrollo y madurez. El sector de la construcción no es una excepción.

Aunque a un ritmo más lento, la tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (Unmanned Aerial Vehicle o "UAV" por sus siglas en inglés) está empezando a desempeñar un papel clave en todo el ciclo de vida de los proyectos de infraestructura, (incluso en proyectos de pequeño y mediano tamaño). En concreto, dentro de las actividades de supervisión, los drones pueden ayudar a realizar cálculos precisos del volumen del movimiento de tierras, preparar datos exactos para los sistemas de dirección de las máquinas, verificar que las obras se llevan a cabo según lo previsto y de acuerdo con el cronograma, detectar errores e identificar las zonas de mayor riesgo, entre otras actividades.

En comparación con otras tecnologías aplicadas en la construcción, los drones son relativamente fáciles de pilotar. Además, los servicios profesionales de drones están ampliamente disponibles en los países de América Latina y el Caribe, y las barreras de entrada en términos de adquisición de hardware y software para drones también son bajas.

Hallazgo clave 2: El uso de drones para el monitoreo de obras de infraestructura presenta diversas ventajas cuantitativas y cualitativas.

Los problemas típicos a los que se enfrenta el sector de la construcción en América Latina (incluyendo demoras y sobrecostos en los proyectos, escasez de personal, problemas de seguridad y litigios) han sido abordados con el uso de drones, mostrando resultados beneficiosos.

Según el relevamiento de PwC elaborado para este informe, un promedio de entre 6-7 de cada 10 encuestados afirman que el uso de drones redujo el cronograma y los costos de sus proyectos en al menos un 10%. Otros beneficios mencionados fueron la mejora de la calidad de la información y una mayor objetividad, la mejora de los procesos de gestión y toma de decisiones, el aumento de la productividad, la reducción del número de errores o su detección precoz, la seguridad de los trabajadores, la mejora de las pruebas frente a litigios y el cuidado del medio ambiente, entre otros.

Los beneficios prácticos dependen fundamentalmente del tipo de proyecto. Por ejemplo, en el caso de grandes obras de infraestructuras (como carreteras), la ventaja reside en la mejora de la gestión del proyecto, y en una visión más precisa del estado de las obras. Por otra parte, la supervisión con drones de la construcción de edificios de varios pisos en espacios urbanos reducidos puede redundar en un mayor nivel de seguridad del personal.

Por último, cabe mencionar que hay casos en los que la actividad de monitoreo y supervisión no podría haberse llevado a cabo de otra forma, ya sea por las dificultades de acceso a la zona (debido a la vegetación, por ejemplo) o por la rapidez con la que se requería el desarrollo de la actividad.

Hallazgo clave 3: Todavía existen varias barreras para la adopción de drones que deberían abordarse.

Aunque en general existe un alto nivel de satisfacción con la tecnología UAV, la adopción y la madurez de los usos y aplicaciones actuales se encuentran aún en una fase temprana, especialmente entre las pequeñas y medianas empresas. Desde un punto de vista técnico, el hardware y el software de los drones están preparados para casos de uso más amplios y complejos, sin embargo, algunos obstáculos siguen sin resolverse.

Uno de ellos es la legislación, que en muchos países aún se encuentra en una fase temprana de madurez y no permite las operaciones más allá de la línea de visión directa (Beyond Visual Line of Sight o "BVLOS" por sus siglas en inglés). A menudo es difícil obtener los permisos y autorizaciones de vuelo necesarios, y a veces no existen procedimientos pertinentes.

La dificultad para calcular los beneficios y ahorros que supone el uso de drones en proyectos de construcción es probablemente un factor adicional que dificulta la adopción de esta tecnología en el sector. La mayoría de las empresas que han utilizado la tecnología UAV no han podido cuantificar la reducción de tiempo, personal necesario o incluso aspectos más cualitativos, lo que significa que los beneficios podrían estar infravalorados.

Hasta que no se tomen medidas más amplias en todos estos ámbitos, no se liberará todo el potencial de esta tecnología. También hay que tener en cuenta que, en algunos casos, las empresas que realizan actividades de supervisión en el sector de la construcción no utilizan la tecnología drones porque las demás partes interesadas (por ejemplo, la Administración) tampoco lo hacen. En otras palabras, los incentivos para implantar esta tecnología serían más significativos si otras partes estuvieran en un nivel de adopción más alto.

1.

Introducción

Se ha producido una rápida adopción de las tecnologías de drones en todo el mundo con un gran número de aplicaciones comerciales. En los últimos años, se han desplegado cientos de miles de drones con casos de uso centrados en la cartografía, las inspecciones industriales, vigilancia y, más recientemente, la entrega de paquetes.

Varias industrias ya han implantado la tecnología de drones en sus operaciones diarias, alcanzando altos niveles de madurez. Al mismo tiempo, las barreras de entrada para las pequeñas y medianas empresas o los particulares son relativamente bajas, tanto en términos de conocimiento técnico como de coste de la tecnología, lo que crea importantes oportunidades para las comunidades locales.

La aplicación de la tecnología de drones en proyectos de infraestructura es un área en pleno crecimiento. A medida que aumenta la disponibilidad de drones, los reguladores permiten gradualmente su uso a gran escala; y con las soluciones de software ahora capaces de explotar los datos con eficacia, la tecnología está empezando a hacerse partícipe en todo el ciclo de vida de los proyectos, filtrándose incluso a los proyectos de infraestructuras más pequeños.

El uso de drones en un proyecto de construcción proporciona un registro inigualable de todas las actividades, reduce los costes de planificación y topografía, aumenta la productividad, mejora la precisión de las mediciones volumétricas y mitiga o elimina las disputas sobre el estado de un proyecto en un momento dado. En el futuro, los datos de los drones se utilizarán para seguir automáticamente el progreso de la construcción y el cumplimiento del diseño, gracias a su integración con modelos CAD y BIM, así como con sistemas de inteligencia artificial.

Aunque la industria de la construcción ha tardado en adoptar las nuevas tecnologías digitales si se compara con otros sectores, las principales empresas mundiales han adoptado ampliamente la tecnología de drones para el seguimiento y monitoreo de proyectos. En América Latina, la adopción de la tecnología es aún limitada, sin embargo, los primeros en adoptarla han validado sus beneficios y continúan utilizando la tecnología.



Figura 1: Casos de uso de la tecnología UAV

PLANEAMIENTO	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	ENTREGA	LITIGIOS
Identificación de las condiciones del terreno y de los riesgos asociados al proyecto.	Productos de fotogrametría 2D y 3D de alta calidad con la información más reciente sobre el terreno.	Inspecciones cíclicas con drones actualizadas con proyectos as-build en 3D superpuestos.	Análisis de datos para detectar posibles defectos antes de realizar la entrega a los inversores.	Documentación fotorrealista completa de cada paso del proceso de construcción.
<ul style="list-style-type: none">• Verificación previa de las condiciones del emplazamiento.• Datos precisos para la localización y verificación de variantes.• Repercusiones sociales y ambientales.	<ul style="list-style-type: none">• Cálculos precisos del volumen del movimiento de tierras.• Identificación de inmuebles a demoler.• Conexiones con infraestructura actual.• Análisis de servidumbres de paso.	<ul style="list-style-type: none">• Planificación de la obra.• Informes periódicos sobre el cumplimiento del diseño y el programa de trabajo.• Control de la seguridad en la obra.	<ul style="list-style-type: none">• Informes de las anomalías detectadas y de los posibles incumplimientos de las especificaciones del proyecto.• Informes de los problemas de seguridad y operativos identificados.	<ul style="list-style-type: none">• Los productos técnicos 2D y 3D permiten revisar y analizar situaciones que no estaban documentadas por otros medios.

Fuente: Analisis de PwC

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?



2.1

Panorama de las principales tecnologías

La tecnología de drones se utiliza en las obras de construcción (a nivel global y en América Latina) desde hace varios años. Actualmente operan en el mercado decenas de empresas que despliegan y desarrollan UAVs, sensores y soluciones de software relacionadas, y algunas de ellas se centran principalmente en el sector de la construcción. La tecnología de drones está lo suficientemente madura como para aportar un valor significativo al sector.

Figura 2: Jugadores globales en el ecosistema de los drones



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Tipos de plataformas de drones utilizadas en el sector de la construcción

La gran variedad de plataformas de drones disponibles en el mercado permite un amplio abanico de oportunidades para adaptar la tecnología a requisitos específicos.

En la actualidad, existen tres grandes tipos de plataformas de UAV. Los multirrotores están equipados con múltiples hélices que proporcionan una posición de vuelo estable y seguridad relacionada con la redundancia del motor. El diseño de los drones de ala fija se basa en gran medida, desde el punto de vista estructural y aerodinámico, en las aeronaves tripuladas. El tipo más reciente de plataforma de drones en el mercado -y que está ganando popularidad rápidamente- considera unidades que combinan aspectos de las dos opciones anteriormente mencionadas, a menudo denominados drones de despegue y

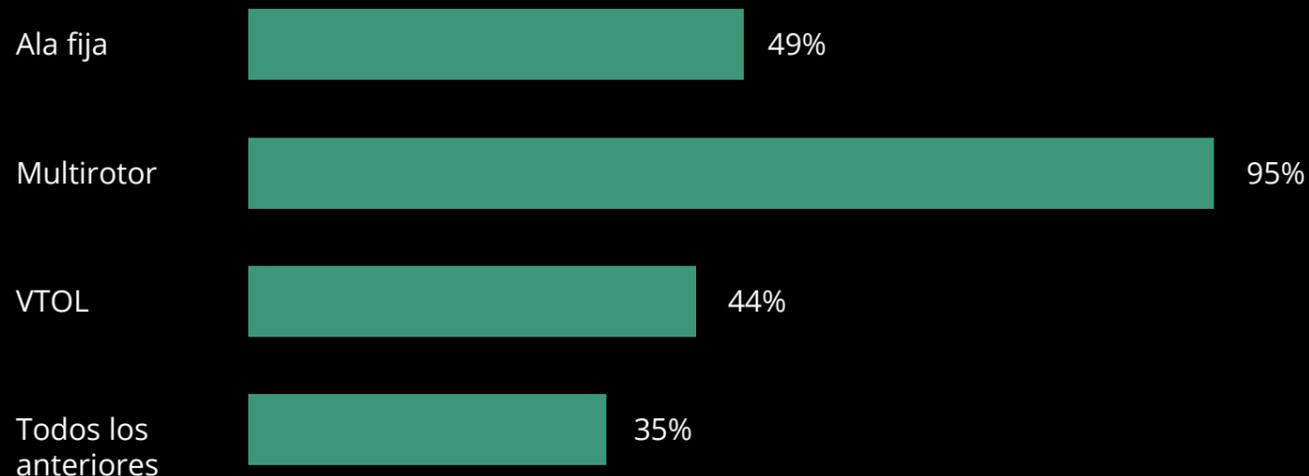
aterrizaje vertical (VTOL por sus siglas en inglés) o híbridos.

Debido a la gran diversidad de proyectos que se ejecutan en el sector de la construcción, todos los tipos de UAV son aplicables y se utilizan actualmente en la industria.

El tipo de equipo y sensores más adecuados para cada proyecto específico se suelen seleccionar en función de las características de la tarea y del presupuesto disponible. Los principales

elementos que determinan la elección del equipo para una tarea específica son la precisión esperada y el tipo de salida requerida por el cliente. Otros factores clave en la selección de la plataforma son los requisitos de seguridad y el cumplimiento de la normativa local, que puede implicar restricciones en el peso del dron, en los sistemas de seguridad requeridos o en el cumplimiento de condiciones adicionales indicadas por la Autoridad de Aviación Civil.

Figura 3: Tipo de plataforma para sistemas aéreos no tripulados (UAS por sus siglas en inglés) utilizadas por las empresas de drones en LATAM



Porcentaje de encuestados que mencionaron el uso de una plataforma

Pregunta: ¿Qué hardware aplica para sus servicios?

Fuente: Encuesta PwC



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Los drones multirrotor son el tipo de drones más utilizado en la industria de la construcción, así como también en muchos otros sectores. Su popularidad se debe principalmente a su manejo relativamente sencillo y su asequibilidad. Basta con una breve formación para aprender las maniobras básicas. Gracias a su capacidad para flotar en el aire, los multirrotores tienen un riesgo reducido de colisiones y otros incidentes. Estos diseños son especialmente útiles para operar a baja altura, donde hay edificios densos u otras estructuras, y para realizar inspecciones de lugares donde se requiere una posición estable de la nave para captar un alto nivel de detalle.

Además de las aplicaciones de inspección, este tipo de dispositivo suele utilizarse para cartografiar zonas más pequeñas (hasta 50 ha), así como para vigilar obras de construcción u objetos volumétricos. La gran popularidad de estas unidades en aplicaciones comerciales también está relacionada con su coste: las unidades básicas de marcas conocidas cuestan a partir de \$1.500 dólares, lo que hace que la barrera de entrada sea relativamente baja.

Para zonas más extensas, el uso de drones multirrotor resulta ineficaz debido a su limitada autonomía de vuelo (normalmente hasta 30 minutos de tiempo de vuelo real utilizable). En estos

Figura 4: Comparación de los principales tipos de construcción de plataformas UAV

	MULTIROTOR	VTOL	ALA FIJA
Precio	\$	\$ \$ \$	\$ \$
Rango	★ ☆ ☆	★ ★ ☆	★ ★ ★
Nivel de Madurez	—○	—○	—○
Nivel de adopción en construcción	—○	—○	—○
Productividad	⚙️ ⚙️	⚙️ ⚙️ ⚙️	⚙️ ⚙️ ⚙️
Capacidad de carga	📦 📦 📦	📦 📦	📦
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies pequeñas. • Estructuras 3D. • Inspecciones. • Vigilancia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Topografía de grandes superficies en terrenos difíciles • Proyectos de carreteras y autopistas. • Proyectos e inspecciones del sector energético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes superficies. • Cartografía de espacios abiertos. • Inspecciones de infraestructuras de transmisión.

Fuente: Análisis de PwC



casos, se utilizan plataformas de ala fija. Gracias a su diseño aerodinámico, estas unidades requieren mucha menos energía para mantenerse en el aire, aumentando el tiempo de vuelo a una media de 1 a 2 horas. Esto se traduce directamente en un mayor alcance operativo. La cobertura de un área mayor sin necesidad de aterrizar para sustituir o recargar la batería, sumada a una mayor velocidad de vuelo, permite a los drones de ala fija cubrir grandes áreas mucho más rápidamente que los drones multirrotor. El control de estas unidades es mucho más complejo y requiere una formación adecuada. A diferencia de los drones multirrotor, estas plataformas no pueden planear en el aire, por lo que el nivel de riesgo asociado a la colisión es mucho mayor, y por tanto las operaciones deben realizarse en un espacio abierto o a una altitud adecuada donde no haya objetos con los que el

dron pueda colisionar. Los precios de este tipo de aparato son bastante más elevados, y las unidades más populares cuestan entre \$20.000 y 30.000 dólares.

En los últimos años, los drones VTOL se utilizan cada vez con más frecuencia en las obras de construcción. Combinan la eficiencia del vuelo de crucero de las aeronaves de ala fija con el cómodo aterrizaje vertical de los drones multirrotor. Este tipo de dron requiere una superficie de aterrizaje menor, lo que en una obra puede ser un factor determinante. Debido a su elevado precio (a partir de unos \$30.000 dólares), se utilizan sobre todo para cartografía, inspecciones o seguimiento del avance del proceso de construcción de proyectos de mayor envergadura; o cuando el riesgo de colisión podría tener graves consecuencias, como en el caso de infraestructuras de carácter estratégico.

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

La alimentación eléctrica sigue siendo el principal reto de ingeniería

Aunque se han producido avances significativos en el desarrollo de la tecnología de drones, el suministro de energía sigue siendo uno de los mayores cuellos de botella. La mayoría de los UAV comerciales funcionan con motores eléctricos y baterías. La autonomía de vuelo está mejorando gradualmente a medida que los fabricantes utilizan baterías de mayor densidad energética y

motores más eficaces, pero el tiempo total de vuelo útil de los drones multirrotor más populares sigue siendo inferior a 30 minutos. Es incluso menor cuando se utiliza una carga más pesada, como una cámara DSLR o LiDAR.

Cuando se capturan datos sobre un área mayor, la necesidad de cambiar las baterías hace que el proceso sea ineficaz. Además, un mayor tiempo de vuelo con una sola batería también implica menos despegues y aterrizajes, lo que debería traducirse en un aumento de la seguridad, ya que son los [momentos del vuelo](#) en los que son más frecuentes las colisiones o los fallos de funcionamiento.

Además, algunos casos de uso de drones (como la supervisión de la construcción de objetos lineales a gran escala o la vigilancia) se abordan de forma más eficaz mediante vuelos BVLOS con una elevada autonomía de vuelo. Aunque las plataformas típicas de ala fija y VTOL permiten operar durante 1-2 horas, no se adaptan a todos los entornos y terrenos y, por tanto, no son adecuadas para todos los casos de uso.

Algunos fabricantes están trabajando en fuentes de energía alternativas. Una de las soluciones posibles es la tecnología de baterías de hidrógeno, que permite aumentar considerablemente el tiempo de vuelo: hasta 2 horas en el caso de un [multicóptero](#). Otra solución es alimentar los drones de forma híbrida: motores eléctricos alimentados por una batería integrada, montados a bordo un pequeño generador de combustión que produce electricidad quemando gasolina. Otro concepto de interés es el de los drones anclados, que trasladan la fuente de energía de la plataforma de vuelo al suelo. En este caso, se instala en tierra una estación con almacenamiento de energía, y la energía se transfiere a través de un cable de alimentación fino y muy duradero. La mayor ventaja de esta solución es una duración de vuelo casi ilimitada. Estos drones suelen utilizarse para aplicaciones de vigilancia estacionaria.

Figura 5: Principales fuentes de energía para sistemas no tripulados



Más del 95% de los drones funcionan con baterías ([Dronerii](#)). Sin embargo, debido a las limitaciones de densidad energética de la actual tecnología de baterías, se están desarrollando nuevas soluciones para hacer frente a tareas más avanzadas y exigentes con mayor duración de vuelo.

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Carga útil de los drones

Aunque las plataformas influyen en el rendimiento de la toma de datos y la seguridad en vuelo, no son más que un insumo para el elemento más importante, que es el sensor que captura los datos. En un inicio, las cámaras DSLR de mano se montaban en los drones, junto con el hardware para disparar el obturador en los momentos adecuados. Hoy en día, los fabricantes diseñan cámaras específicas para drones. Su pequeño tamaño y bajo peso hacen que la plataforma pueda permanecer en el aire más tiempo, y los sistemas de control especialmente diseñados reducen la posibilidad de errores en la toma de datos, lo que mejora la precisión general de la información.

El sensor más comúnmente utilizado es la cámara RGB. Los mejores resultados los proporcionan los dispositivos equipados con sensores de alta resolución y fotograma completo, ya que el mayor tamaño de la matriz permite captar más detalles, lo que se traduce en una mayor precisión y productividad al reducir el número de imágenes necesarias para cubrir una misma zona. Algunos de los primeros usuarios de drones con cámaras RGB fueron equipos de topografía, debido a su conocimiento de los principios de la fotogrametría tradicional y a su conciencia del potencial de los drones. Así, los drones empezaron a utilizarse para crear mapas de alta resolución, en forma de ortomosaicos o Modelos Digitales de Superficie, satisfaciendo las necesidades de la industria de la construcción.

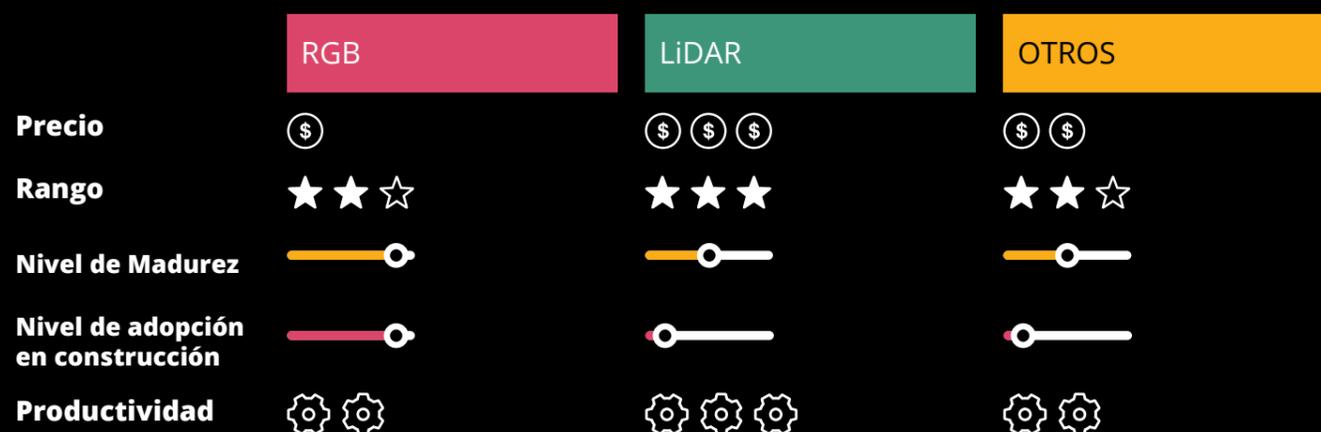


El segundo tipo de sensor más utilizado para tareas de medición es el LiDAR. Durante el vuelo, el dispositivo utiliza un rayo láser de alta densidad y frecuencia para reflejar la luz en los objetos situados en la trayectoria entre el dron y la superficie del suelo, cuyo resultado es una nube muy densa de puntos. La principal ventaja de la tecnología LiDAR sobre los sensores RGB se muestra en las zonas cubiertas de vegetación, donde el rayo láser es capaz de penetrar en la vegetación y cartografiar el terreno que hay bajo ella. La idoneidad de esta tecnología es especialmente notable en la creación de modelos del terreno (MDT) de gran precisión. Éstos se utilizan con fines de diseño, especialmente para infraestructuras viarias, ferroviarias o de transmisión. En estas situaciones, los trabajos de topografía se realizan a menudo en terrenos desfavorables, lo cual reduce la precisión de los resultados y puede llevar mucho más tiempo en comparación con los relevamientos realizados con drones. El uso de LiDAR está menos extendido que el de las cámaras RGB debido a que su precio es más elevado (con soluciones populares a partir de 30.000 dólares).

Se puede montar toda una gama de otros sensores en los drones, incluyendo por ejemplo cámaras infrarrojas o térmicas. Los datos recogidos por un dispositivo de este tipo pueden utilizarse para verificar la integridad de los sistemas de transmisión, detectar capas térmicas mal colocadas o inspeccionar paneles fotovoltaicos. También puede utilizarse para vigilar una obra en construcción en busca de accesos no autorizados, especialmente por la noche, cuando la firma térmica de una persona puede verse a distancia.

Otros sensores que están ganando popularidad cuando se utilizan con drones son los detectores de concentración de gas y polvo, que pueden aplicarse para detectar fugas de gas peligrosas, evaluar si una obra mantiene unas condiciones de trabajo adecuadas o valorar si los trabajadores deben ir equipados con protección adicional.

Figura 6: Sensores más utilizados con UAS para aplicaciones industriales



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

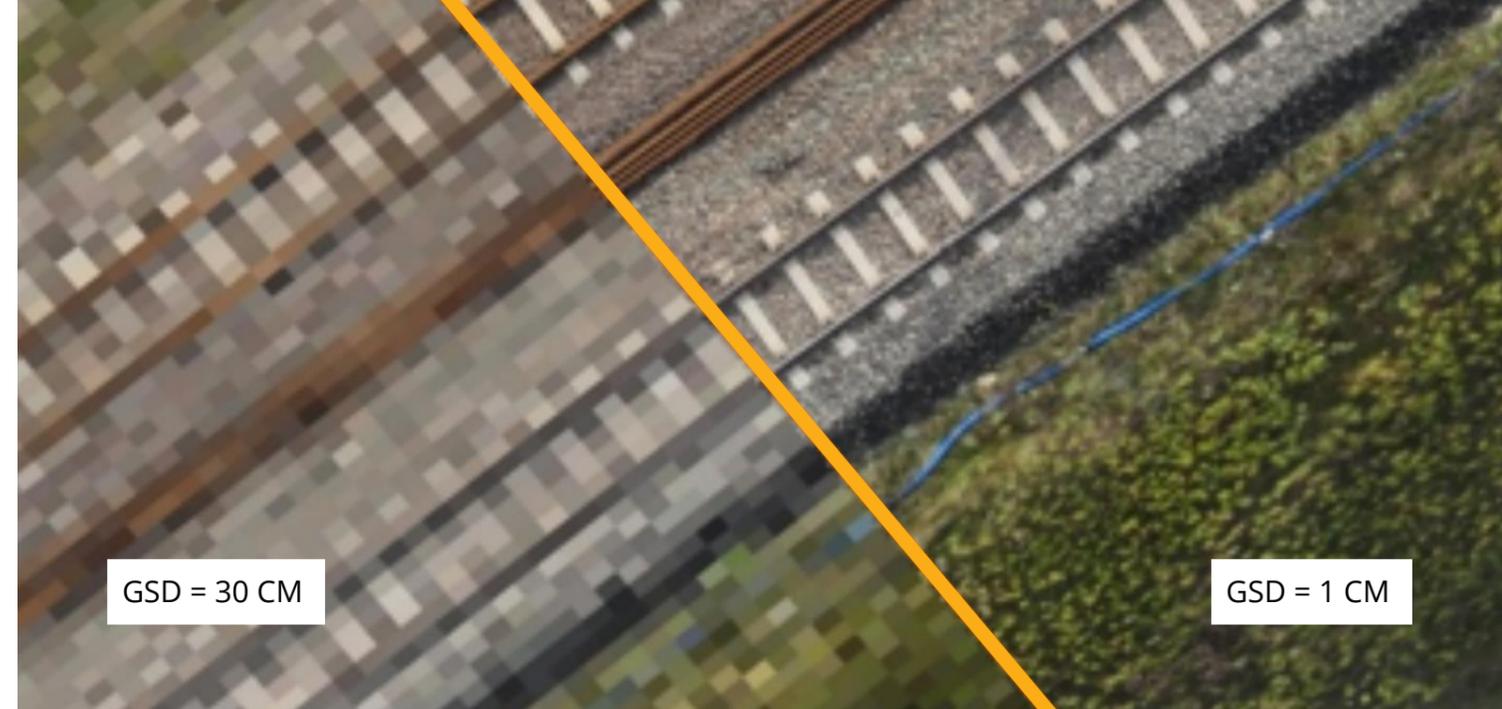
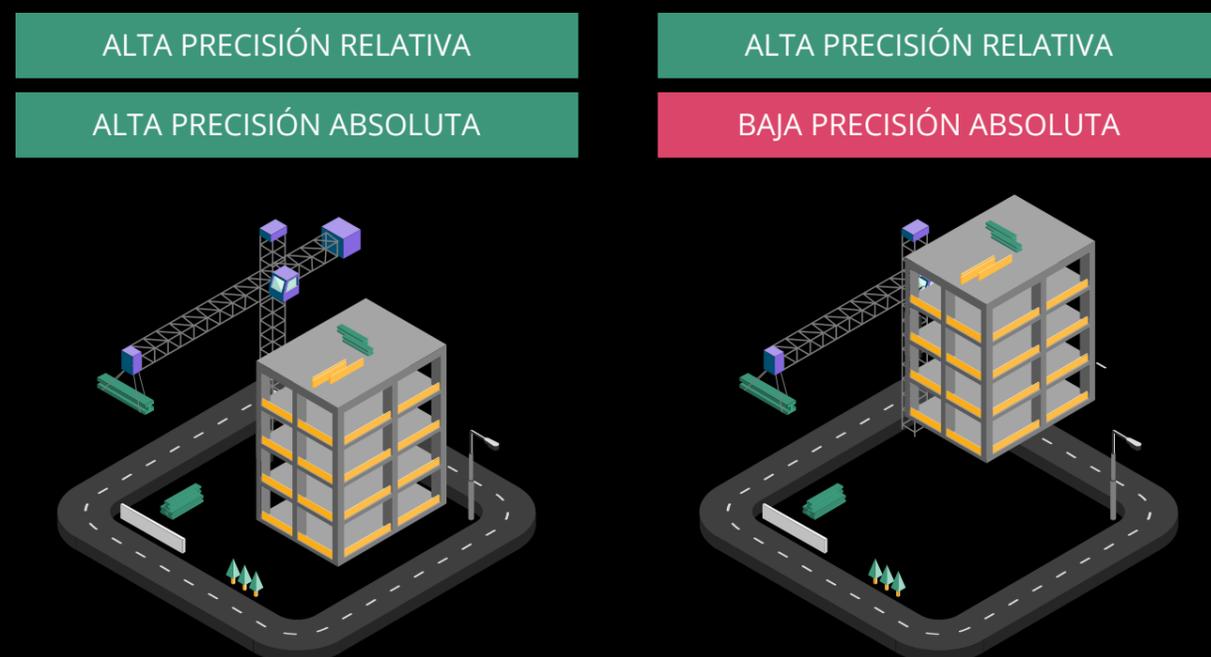
¿Por qué es tan importante registrar con precisión la posición del dron?

La calidad de los datos obtenidos con drones y utilizados para el monitoreo de la construcción - como ortomosaicos, modelos digitales de superficie y nubes de puntos 3D - está limitada por la calidad de los datos en bruto captados por los distintos sensores de los drones. Estos datos de salida están formados por cientos o miles de imágenes separadas que se procesan juntas mediante una solución de

software de fotogrametría específica. La calidad y precisión del producto final depende de varios factores técnicos, ambientales y geométricos, pero uno de los elementos más críticos es la precisión de la ubicación en la que se capturó cada imagen por separado.

La precisión de posicionamiento típica de los módulos del Sistema Mundial de Navegación por Satélite (como GPS y Galileo) instalados en los modelos de drones más populares es de varios metros. Con esta precisión, el software de fotogrametría es capaz de crear una representación 3D exacta de la obra (alta precisión relativa), pero no es capaz de

Figura 7: Ilustración de aspectos de precisión en productos de fotogrametría



Cuadro de información

¿QUÉ PRECISIÓN TIENEN LOS DATOS DE LOS DRONES?

La distancia de muestreo del terreno (Ground Sample Distance o "GSD" por sus siglas en inglés) es un parámetro que describe la resolución espacial de los datos del dron, o qué dimensión del terreno está representada por 1 píxel en una imagen. Cuanto más bajo vuela el dron, o cuanto mayor sea la resolución de la cámara que utilice, menor será la GSD.

Para una resolución de 1 cm GSD, la precisión máxima de los datos es de 1-3 cm. Con un sensor mejor, condiciones propicias para la señal GNSS y un terreno de operaciones suficientemente variado, es posible obtener resultados con mayor precisión. En un escenario típico del sector de la construcción, la resolución utilizada se sitúa en el nivel de 2-4 cm, dependiendo del caso de uso, lo que convierte a los drones en una herramienta de trabajo muy adecuada que cumple los estrictos requisitos de esta industria.

situarla en la ubicación exacta del sistema de coordenadas geodésicas (baja precisión absoluta). Esta precisión de posicionamiento es lo suficientemente buena para casos de uso como las mediciones volumétricas, las inspecciones de activos o la gestión y vigilancia de la seguridad.

Los casos de uso más avanzados en la construcción, como la supervisión del progreso o el cumplimiento del diseño, requieren que los datos de los drones se superpongan a los modelos CAD/BIM,

así como la comparación de las inspecciones realizadas con drones en distintas fechas. Para que los datos coincidan, se requiere una gran precisión de posicionamiento absoluto (hasta varios centímetros). Lo anterior puede conseguirse utilizando más de los denominados "puntos de control terrestre", y/o tecnología de posicionamiento RTK (cinemática en tiempo real) y/o PPK (cinemática post-procesamiento).

2.

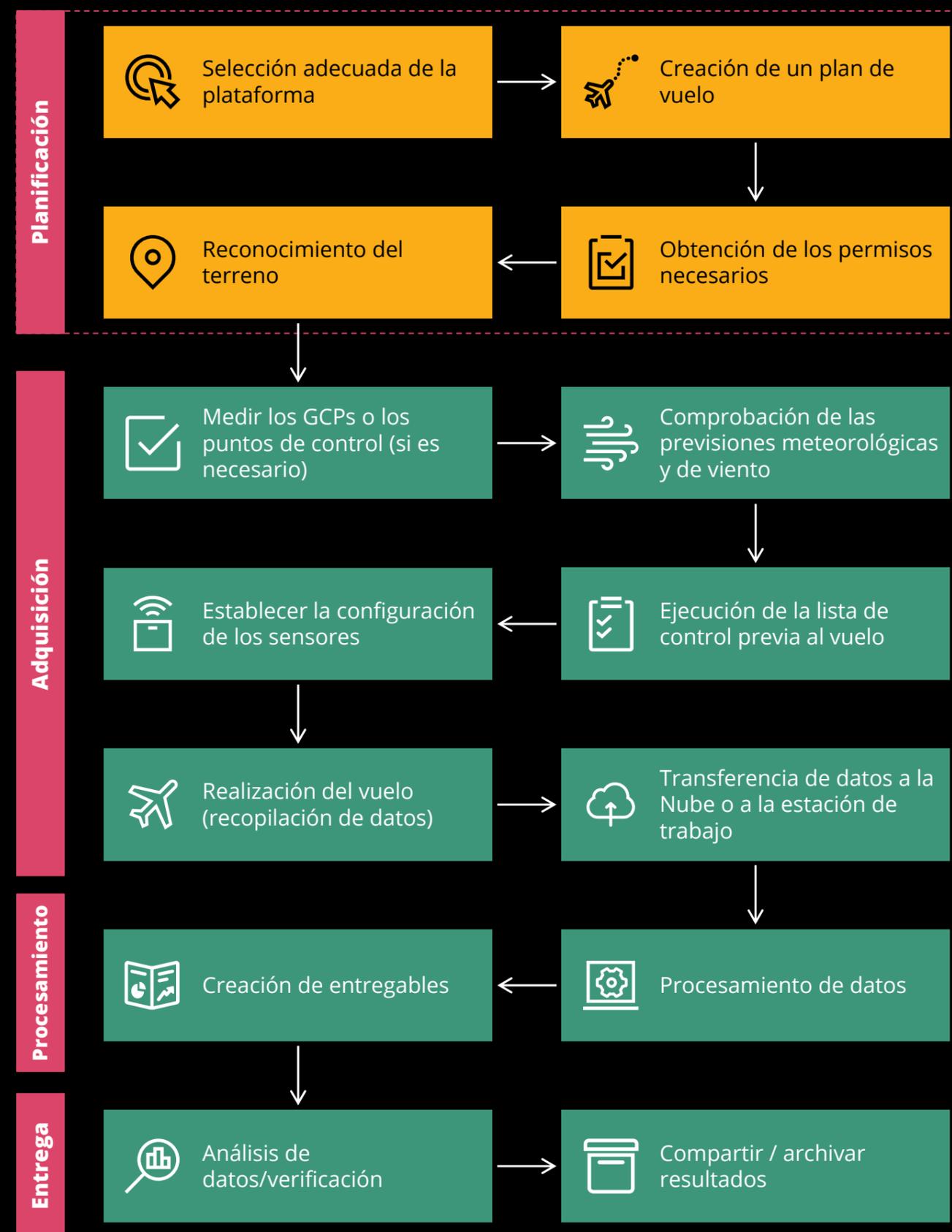
¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Para reducir el número de puntos de control en el terreno necesarios (Ground Control Points o "GCP" por sus siglas en inglés), el sector de la construcción utiliza cada vez más drones equipados con la llamada tecnología cinemática en tiempo real (RTK) o cinemática de posprocesamiento (PPK), mejorando la precisión de posicionamiento de las imágenes en bruto captadas. Esto puede mejorar la precisión desde varios metros a varios centímetros. RTK funciona conectando un dron a una

red de estaciones base de referencia instaladas alrededor de los países (CORS) a través de una red de radio o celular para mejorar la precisión del posicionamiento por satélite. En la región latinoamericana, la red de estaciones base es desarrollada y mantenida por la organización SIRGAS. Cuando no se dispone de datos en tiempo real (por ejemplo, en zonas menos densamente pobladas), el sector utiliza la tecnología PPK, que requiere que los datos se procesen en el back office, en lugar de recibir correcciones GNSS instantáneas.



Figura 8: ¿Cómo es el proceso integral del uso de drones en la construcción?



Fuente: Análisis de PwC

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Software

En una situación típica de inspección aérea con un dron y una cámara RGB, se capturan varias imágenes geoetiquetadas de la zona de construcción desde distintos ángulos. Los datos capturados se guardan en una tarjeta de memoria física y luego se transfieren a un ordenador. En algunos casos, los datos pueden utilizarse en su formato bruto para su análisis manual, como suele hacerse en lugares de difícil acceso. En un escenario más avanzado, los datos se procesan obteniendo un producto más técnico, utilizando un software de fotogrametría. El sistema combina imágenes en bruto separadas en mapas 2D u ortomosaicos, modelos de elevación y nubes de puntos 3D. Estos datos pueden utilizarse después para extraer y medir información como distancias, medidas de superficie o volúmenes.

El procesamiento puede realizarse en una aplicación de escritorio en la que el usuario tiene pleno control sobre el tratamiento de los datos, o a través de una de las plataformas disponibles basadas en la Nube. La elección depende principalmente del nivel de sofisticación requerido, el presupuesto y consideraciones prácticas, incluyendo la disponibilidad de una conexión rápida a Internet. Las aplicaciones basadas en la Nube ofrecen otras funcionalidades, además del procesamiento de datos, relacionadas con su almacenamiento, gestión, visualización y análisis. Los portales en línea basados en la Nube para interactuar con los datos son fundamentales, ya que los datos de los drones pueden tener un tamaño elevado (de varios gigabytes) y, por lo tanto, resultar

demasiado grandes para el análisis en un entorno de escritorio sin conexión. También hay que tener en cuenta el tiempo de procesamiento. En un escenario típico, dependiendo del tamaño de la construcción inspeccionada, los datos pueden estar disponibles entre algunas horas y un día después de que el dron haya aterrizado.

Todo el valor de los datos de los drones puede aprovecharse cuando se utilizan junto con entornos CAD/BIM. Las empresas de software más conocidas, como Autodesk y Bentley Systems, pueden leer los formatos de archivo de drones más habituales; sin embargo, aún no están preparadas para una integración completa que permita soluciones avanzadas de análisis e inteligencia artificial a gran escala.

Figura 9: Tendencias en tecnología que determinarán el uso de drones en la construcción

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Inteligencia Artificial (IA)	Herramientas automatizadas para la detección de problemas con el cumplimiento del diseño o el programa de trabajo, basadas en datos de drones.
EDGE computing	Procesamiento y análisis de datos de drones en tiempo real desde un dron o sobre el terreno.
5G	Envío de datos de drones para su procesamiento o análisis en tiempo real.
Parámetros UTM	Sistema de gestión del tráfico aéreo para integrar drones de forma segura en el espacio aéreo, permitiendo su despliegue a gran escala.
Estación base	Estación de base para el despliegue, la carga y la transferencia de datos de drones sin intervención humana sobre el terreno.

Fuente: Análisis de PwC



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

2.2

Los retos del sector de la construcción en América Latina y globalmente

El deterioro de las infraestructuras en varios países, unido a la explosión de la demanda de vivienda urbana y mejoras en los servicios públicos, han sido algunos de los principales motores de la construcción en Latino América.

Para aprovechar plenamente las oportunidades que estas tendencias están generando, el sector de la construcción deberá encontrar nuevas formas de abordar algunos de los principales retos y obstáculos al crecimiento y la rentabilidad.

La siguiente tabla resume algunos de estos retos, que son especialmente importantes en el contexto latinoamericano (como los sobrecostos o los retrasos, los litigios, entre otros), incluyendo un resumen de cómo el uso de drones puede mejorar las diferentes situaciones. En la siguiente sección se incluye un análisis más detallado sobre estas cuestiones clave.

Figura 10: Cómo los drones pueden hacer frente a los retos del sector de la construcción

AREA	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	SOLUCIÓN CON DRONES	NIVEL DE MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA	IMPACTO POTENCIAL
Retrasos y sobrecostos en los proyectos	Causado principalmente por deficiencias en la gobernanza y procedimientos, así como por una comunicación ineficaz entre los participantes del proyecto. Deben tomarse medidas adecuadas para clarificar y establecer todos los procesos, ya que la baja productividad se traduce en retrasos y sobrecostos.	Las soluciones digitales deben incluir el uso de drones para obtener datos detallados con fines tales como informes diarios precisos, que permitan una gestión más eficiente del proceso de construcción.	★ ★ ☆	
Limitaciones en digitalización y adopción de la tecnología	Provoca una baja productividad y una comunicación ineficaz entre los múltiples actores del proyecto. Deben tomarse medidas adecuadas para aclarar y racionalizar los procesos durante todo el ciclo de vida del proyecto.	La tecnología de drones permite crear una versión digital de la obra de forma cíclica, y superponerla a los datos del proyecto para obtener eficiencia en la construcción.	★ ★ ☆	
Escasez de personal	Los proyectos de infraestructura requieren grandes cantidades de mano de obra. Sin embargo, el carácter cíclico y estacional del trabajo lleva al personal calificado a buscar empleos más estables.	La alta eficiencia de la adquisición de datos por UAS permite reducir el personal necesario para las tareas de topografía y supervisión de obras, o redirigir la capacidad a otras tareas.	★ ☆ ☆	
Seguridad	La industria de la construcción tiene uno de los índices de accidentes y víctimas mortales más elevados de todos los sectores. Además de las graves consecuencias humanas, esto repercute negativamente en los costes y plazos de los proyectos.	La tecnología de drones elimina los riesgos asociados a las inspecciones en altura, mientras que los productos de alta resolución facilitan la detección de zonas peligrosas.	★ ★ ★	
Desperdicio de materiales	Elevados niveles de desperdicio debido a procesos de gestión de activos mal optimizados, lo que se traduce en mayores costes de los proyectos y menores beneficios.	El seguimiento preciso del estado de la obra y la demanda de materiales durante el proceso de construcción permite realizar pedidos de materiales más precisos.	★ ★ ☆	
Sostenibilidad	La adquisición de datos durante el proceso de planificación y construcción requiere mucho tiempo y a menudo no ofrece un nivel de detalle suficiente. La revisión de sitios de construcción, así como la limpieza de vegetación para la topografía, pueden tener consecuencias medioambientales negativas.	El uso de drones reduce las interferencias con el medio ambiente, disminuye el nivel de contaminación emitida y también puede ayudar a excluir lugares que pueden ser importantes para la protección de la biodiversidad natural.	★ ★ ★	
Litigios	Los retrasos en el proyecto, sumados a la falta de objetividad, pueden dar lugar a demandas y largos litigios.	Las imágenes de drones ofrecen información fidedigna, exacta y casi en tiempo real. En muchos países, la documentación derivada de estudios con drones se acepta como evidencia en los tribunales.	★ ★ ☆	

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Retrasos y sobrecostes en los proyectos

En el sector de la construcción, los proyectos - especialmente aquellos más complejos - rara vez se completan en el plazo y con el presupuesto previstos originalmente. Además, las tendencias muestran que, mientras que en Asia y Europa los sobrecostes han disminuido en los últimos años, en América Latina han aumentado (Flyvbjerg y Sunstein, 2016).

A nivel global, la mayoría de los proyectos de infraestructuras tardan al menos entre un 10 % y un 30 % más en completarse de lo previsto originalmente, y el coste asociado a estos retrasos es, de media, entre un 20 % y un 30 % del presupuesto. En LATAM, el 75% de los proyectos de infraestructura sufren sobrecostes (con un coste adicional que oscila entre el 30% y el 100% en función del tipo de infraestructura - véase el cuadro a continuación) y el 65% de los proyectos presentan retrasos de entre 6 y 18 meses (BID, 2016).

Muchos factores contribuyen a los retrasos y sobrecostes, incluyendo cambios de diseño realizados durante la construcción, ineficiencia en la gestión y ejecución, falta de información completa y errores en las estimaciones iniciales de costes, entre otros. Además, la pandemia de COVID-19 ha tenido una repercusión relevante en la industria de la construcción, limitando la disponibilidad de trabajadores y materiales.

Cabe destacar que en los proyectos de infraestructura financiados por bancos multilaterales de desarrollo (que aportan entre el 10 y el 12% del total de las inversiones en infraestructura en la región, y el 20% en las economías más pequeñas), los sobrecostes son menores. Esto se debe principalmente a que estos proyectos suelen prepararse, ejecutarse y supervisarse sujetos a normas más estrictas que las de los proyectos financiados directamente por los países (Serebrisky et al. 2019).

Figura 11: Media de sobrecostes (% sobre el presupuesto) de los proyectos de infraestructuras en América Latina y el Caribe y en el mundo, por tipo de proyecto

	AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	MUNDO
Represas	103%	95%
Ferrovianos	59%	40%
Centrales eléctricas	36%	36%
Carreteras	53%	23%
Promedio	48%	28%

Fuente: Flyvbjerg (2016). Nota: Se toma como muestra de 806 proyectos en todo el mundo.

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Figura 12: Principales retos que provocan retrasos y sobrecostos en LATAM



Pregunta: Principales desafíos que están causando retrasos y sobrecostos (retos relacionados con la ejecución por orden de relevancia). El porcentaje se calcula teniendo en cuenta el número de entidades que mencionan cada uno de los retos sobre el total de entidades que respondieron.

Fuente: Encuesta de PwC

La tecnología UAS puede ser un elemento utilizado para mitigar los retrasos y los costes adicionales, mejorando el nivel de comunicación y proporcionando una visión transparente e información específica sobre el estado de la obra. Esto se traduce en aspectos como la mejora de la seguridad y la eficiencia del proyecto, por ejemplo, mediante una mejor planificación, identificación de conflictos y dependencias, minimización de la superposición de tareas, pedido y entrega de materiales según las necesidades en tiempo real, entre otras. Todo lo anterior puede aumentar la productividad y compensar los retrasos asociados a otros factores independientes.

Limitaciones en digitalización y adopción de la tecnología

Uno de los principales problemas de la industria de la construcción en comparación con otros sectores de la economía es la baja productividad laboral, que aumentó a un ritmo medio del 1% anual en las dos últimas décadas, frente a un crecimiento económico medio mundial del 3,1% (según datos de la OCDE y del Banco Mundial). Múltiples causas explican esta evolución dispar, y entre ellas destaca la lenta adopción de nuevas tecnologías.

La tecnología de drones puede contribuir a mejorar la situación general mediante la digitalización de los datos captados a lo largo del ciclo de vida de la obra.

Actualmente, el monitoreo y control de obras sigue siendo predominantemente un proceso manual, en el que un equipo de ingenieros inspecciona la obra, tomando datos fotográficos, con documentación descriptiva y mediciones geodésicas. Este proceso lleva mucho tiempo y, en proyectos complejos, existe un alto riesgo de que los errores no se identifiquen o no se evalúen adecuadamente.

Los [datos](#) del sector muestran que la implantación de soluciones digitales avanzadas no basta por sí sola para sustituir a los empleados experimentados, ya que, especialmente durante las primeras fases de implantación de drones, se necesita personal para supervisar y garantizar la corrección de los nuevos sistemas, incluyendo por ejemplo la tecnología de análisis predictivo (PwC US, Oxford Economics, 2020). Actualmente las partes interesadas están intentando ponerse al día, invirtiendo en tecnología y contratando a profesionales con competencias digitales para ayudar a que el sector de la construcción avance hacia la "Industria 4.0".

Según la investigación realizada por [PwC](#), las ofertas de empleo a nivel global que requieren competencias digitales en el sector de ingeniería y construcción casi se duplicaron entre 2016 y 2018, impulsadas por la necesidad de implementar soluciones digitales de forma más rápida y debido a una creciente escasez de personal experimentado. Como consecuencia, algunas empresas han tenido que contratar a profesionales jubilados, y al 75 % de los CEOs del sector de ingeniería y construcción les preocupa que no haya un número suficiente de empleados con experiencia para llevar a cabo los proyectos según lo previsto.

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Escasez de personal

El mercado laboral de la construcción se caracteriza por ser estacional y cíclico debido a las condiciones meteorológicas, los ciclos económicos, la disponibilidad de fondos y financiación (pública o privada), entre otros. Se necesitan recursos humanos calificados (sobre todo en proyectos de gran envergadura, que a menudo se requieren conocimientos especializados) y las empresas constructoras suelen contratar a parte del personal sólo durante la duración del proyecto. A menudo, los mercados locales, incluso cuando se complementan con trabajadores procedentes del extranjero, son incapaces de satisfacer la demanda.

En este contexto, la utilización de la tecnología de drones puede maximizar la eficiencia del personal, reduciendo los accidentes, abaratando costes y acelerando el avance de las obras. El uso de drones con fines de topografía y vigilancia permite sustituir un equipo de varias personas por un dúo de dron y operador, realizando las mismas tareas en mucho menos tiempo.

Seguridad

En todo el mundo mueren cada año al menos 108.000 trabajadores en el lugar de trabajo. Los datos de varios países industrializados muestran que los trabajadores de la construcción tienen entre 3 y 4 veces más probabilidades de morir por accidentes laborales que otros trabajadores. En el mundo en desarrollo, los riesgos asociados al trabajo en la construcción pueden ser de 3 a 6 veces mayores (OIT, 2015).

Además, el sector de la construcción se enfrenta a la mayor tasa de lesiones mortales de cualquier industria. En EE.UU., alrededor del 20% de las lesiones mortales en el trabajo se producen en la industria de la construcción, aunque los trabajadores del sector representan menos del 5% de la población activa total del país (datos de la Oficina de Estadísticas Laborales de EE.UU.).

En LATAM, el índice de incidencia de los accidentes laborales (correspondiente a la probabilidad de sufrir un accidente en función del número total de trabajadores del sector) es especialmente notable en la construcción. En Argentina, por ejemplo, se registraron 22.500 accidentes en la construcción en 2020 (el 9% de todos los accidentes laborales a nivel nacional) y 41 muertes; con una tasa de incidencia de 61,5 por cada 1.000 trabajadores (datos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social). En México, el Instituto Mexicano del Seguro Social registró 33.000 accidentes en la industria de la construcción de edificios y obras de ingeniería civil en 2019 (8% del total), y entre ellos, 159 víctimas mortales.

En Uruguay, la información sobre siniestralidad laboral para todos los sectores en el período 2014-2017 muestra un promedio anual de 35.000 siniestros, de los cuales el 12% fueron en la construcción, con una tasa de incidencia en la construcción de 4,9 accidentes por cada 1.000 trabajadores en 2017 (datos del Banco de Previsión Social). Los ejemplos de otros países de la región muestran tendencias similares.

Si bien los drones no resolverán el problema por completo, el uso de esta tecnología puede ayudar a mitigar el riesgo de lesiones de los trabajadores. Los UAVs pueden acceder a lugares peligrosos y de difícil acceso en las obras de construcción

y capturar los datos necesarios más rápidamente y con una mejor visión. Esto reduce significativamente el riesgo de caídas, que representan un tercio de todas las muertes en la construcción y son la principal causa de lesiones mortales en el sector (OSHA, 2022). El monitoreo con drones permite un uso de forma continua, para recopilar información que de otro modo no podría recogerse o supervisarse, incluyendo el acceso desde lugares insuficientemente señalizados o seguros. Además, los drones pueden controlar las concentraciones de gases y polvos peligrosos, lo que permite informar si el entorno es seguro para trabajar o si será necesario equipar al personal con medidas de seguridad adicionales.



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Desperdicio de materiales y sostenibilidad

Los precios de los materiales utilizados por la industria de la construcción son actualmente muy inestables como consecuencia de la interrupción de las cadenas de suministro causada por la crisis del COVID-19, unida a la elevada demanda debida al gran número de proyectos de infraestructura iniciados antes y durante la pandemia. En las obras se utiliza una amplia gama de materiales y el coste medio de estos ha aumentado anualmente (2021-2022), con un incremento de aproximadamente 21% en el mercado estadounidense (Construction [Outlook](#), JLL, 2022).

Minimizar el desperdicio de materiales es un elemento muy importante, tanto para el contratista - para mejorar el beneficio del proyecto - como para el medio ambiente, para reducir la contaminación y las emisiones. El sector de la construcción ha contribuido significativamente a saturar los vertederos de escombros. En algunos países, la proporción de residuos de la construcción puede representar el 50% o incluso más de todos los residuos sólidos urbanos. Además, alrededor del 30% de todos los materiales de construcción que llegan a una obra terminan como residuos (Chakkrit Luangcharoenrat et al, 2019).

El seguimiento y monitoreo del proyecto con UAS permite una gestión más precisa de los materiales acumulados in situ, reduciendo la cantidad de material

necesaria para completar las tareas sin tiempos muertos. Además, la mayoría de los proyectos de construcción implican grandes movimientos de tierra, lo que conlleva maquinaria pesada y frecuentes desplazamientos de los equipos de topografía, que realizan cortes o desmontes para llevar a cabo las mediciones topográficas. El uso de drones ayuda a mitigar las interferencias con el medio ambiente, y limita las emisiones a la atmósfera al reducir la cantidad de combustible quemado.

Litigios

En las últimas décadas, muchos proyectos de infraestructura en América Latina se han visto afectados por graves conflictos. De 200 proyectos analizados por el BID en la región, 36 fueron cancelados debido a conflictos, mientras que el Atlas de Justicia Ambiental muestra 423 casos de conflictos ambientales y sociales actualmente en curso en la región (BID, 2017).

Los errores y omisiones que se producen en la obra como resultado de errores humanos y a través de documentación técnica y contractual incompleta o defectuosa son uno de los principales factores de conflictos en los proyectos de construcción. En cuanto a la NBS (National Building Specification) y sus encuestas del sector de la construcción, un tercio de los encuestados se vieron envueltos en un litigio durante el último año. Existen muchas razones para ello, siendo las principales los errores y omisiones sobre características del

terreno y la documentación incompleta, que están relacionados a su vez con un control deficiente del proyecto, comunicaciones inadecuadas y lentitud en la toma de decisiones. En 2021, el valor medio de los litigios alcanzó los \$ 52,6 millones de dólares y la duración media del litigio fue de unos 15 meses. (Global Construction Disputes [Report](#), Arcadis, 2022; NBS, 2018).

Los datos obtenidos por drones durante la supervisión del progreso de las obras pueden ser pruebas valiosas y proporcionan seguridad adicional en caso de posibles reclamos. Entre la amplia gama de resultados disponibles a partir del uso de tecnología de drones para el monitoreo se encuentran datos recabados sobre daños a la vegetación o contaminación del suelo por productos químicos peligrosos almacenados en las obras, que pueden ser especialmente útiles en litigios relacionados con infracciones medioambientales.

Las sanciones impuestas por los organismos gubernamentales a los inversores o contratistas pueden ser muy severas, no sólo desde el punto de vista financiero, sino también desde una perspectiva legal, lo que se traduce en la cancelación de los permisos de construcción o incluso en cargos penales. El material registrado por drones ofrece a las empresas de supervisión la oportunidad de minimizar el riesgo de destrucción del ambiente, detectando los problemas en una fase temprana o proporcionando pruebas de qué entidad es la culpable para que pueda responsabilizarse a la misma de la reparación de los daños.



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

2.3

Usos de drones en el sector de la construcción

La tecnología de drones puede tener un impacto significativo en la industria de la construcción al mejorar el proceso de monitoreo, reducir el riesgo y aumentar la eficiencia general del trabajo en la obra. Los drones pueden resultar además especialmente útiles para la supervisión de proyectos de gran envergadura. También pueden ser de gran ayuda para la gestión eficiente de la construcción de grandes superficies y objetos de infraestructura lineal a gran escala, tales como carreteras, vías férreas o gasoductos.

Además, en el caso de edificios de varios pisos o proyectos de infraestructura muy complejos, cada etapa del proceso de construcción lleva más tiempo y conlleva mayores riesgos (en comparación con los proyectos residenciales o de arquitectura de tamaño estándar), lo que a su vez puede resultar muy costoso en términos de reparaciones posteriores o sanciones asociadas a retrasos.

Grandes constructoras internacionales como Skanska, Strabag y Vinci llevan varios años utilizando drones para tareas de topografía y supervisión de obras. La mayoría de ellas tienen sus propias unidades de ingeniería equipadas con

drones, y los datos se procesan internamente, siguiendo una metodología desarrollada. Las empresas más pequeñas, donde el nivel de digitalización y adopción de nuevas tecnologías es menor, recurren más a menudo a la subcontratación total o parcial en forma de inspecciones aéreas realizadas por su propio personal, y los datos se envían para su posterior análisis a empresas especializadas en el procesamiento de fotogrametría y datos de UAVs.

Los drones se utilizan en muchas fases de los proyectos de construcción y no se limitan a las actividades de topografía y supervisión. En la fase previa a la construcción, pueden utilizarse para obtener datos geoespaciales con el fin de elaborar documentación cartográfica y cotejar los detalles del proyecto con las condiciones preexistentes. En la fase de ejecución, permiten llevar a cabo diversas tareas que entran dentro del ámbito de "supervisión de la construcción",

incluyendo verificar si las obras avanzan de acuerdo con los planos, el cronograma establecido, la legislación vigente, las normas correspondientes, los reglamentos de seguridad y las condiciones contractuales. El uso de drones no termina con la finalización de la construcción; al contrario, los mismos pueden resultar muy valiosos para realizar inspecciones técnicas antes de la entrega y para llevar a cabo el mantenimiento necesario posteriormente.



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Figura 13: Las fases más importantes del proceso de construcción y cómo pueden contribuir los drones (1/3)

FASE	ACCIONES	PARTICIPACIÓN DE LOS DRONES	PRODUCTOS	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA UAS	IMPACTO POTENCIAL EN LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS
FASE PREVIA A LA OBRA					
 PLANIFICACIÓN Y DISEÑO	Diseño conceptual	-		×	×
	Diseño del proyecto	Generación de mapas de alta resolución para adecuar el proyecto a las condiciones del terreno.	Ortofotografía DSM Modelo 3D		
 COMPRA DE TERRENOS	Validación de coordenadas terrestres	El uso de drones sirve para verificar los límites de las parcelas, especialmente en países donde se carece de registros precisos.	Ortofotografía		
	Verificación de la idoneidad del proyecto	UAVs pueden ayudar a detectar problemas que quizá no se vean desde el suelo o en la documentación disponible.	Ortofotografía Modelo 3D		
 PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN	Obtención de los permisos necesarios	-		×	×
	Cálculo de la demanda de materiales	Estimación de los movimientos de tierra y otras operaciones relacionadas con la preparación del terreno para la construcción.	DSM Modelo 3D		
 PREPARACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN	Estimación del plan de trabajo y cronograma	-			
	Adquisiciones y mano de obra para el montaje	Parte de las operaciones pueden realizarse con drones, lo que permite reducir el número de trabajadores necesarios para las tareas de medición e inspección.		×	

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Figura 13: Las fases más importantes del proceso de construcción y cómo pueden contribuir los drones (2/3)

FASE	ACCIONES	PARTICIPACIÓN DE LOS DRONES	PRODUCTOS	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA UAS	IMPACTO POTENCIAL EN LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS
OBRA					
 MONITOREO DEL AVANCE DE LAS OBRAS	Movimiento de tierras	<p>Cálculos precisos del volúmen del movimiento de tierras, preparando datos exactos para el uso de maquinaria adecuada.</p> <p>Verificación de que los trabajos se realizan según lo previsto y de acuerdo con el cronograma.</p>	Ortofotografía DSM Modelo 3D		
	Trabajos en obra	<p>Detección de errores y comparación de los resultados de la fotogrametría con los planos digitales del proyecto.</p> <p>Verificación que los trabajos se realizan según lo previsto y de acuerdo con el cronograma.</p>	Ortofotografía Modelo 3D		
	Trabajos de finalización	<p>Detección de errores y comparación de los resultados de la fotogrametría con los planos digitales del proyecto.</p> <p>Verificación de que los trabajos se realizan según lo previsto y de acuerdo con el cronograma.</p>	Ortofotografía Modelo 3D		
	Liberación de pagos	<p>Compilación de documentación respecto del estado de los trabajos en forma de imágenes y productos fotogramétricos, para la aceleración de la liquidación de pagos con los contratistas.</p>	Ortofotografía Modelo 3D Foto y video		
 SEGURIDAD Y VIGILANCIA	Localización de peligros en la obra	<p>La visión tridimensional del emplazamiento desde un UAS permite identificar las zonas de mayor riesgo e implantar medidas preventivas.</p>	Foto y video Modelo 3D		
	Control del cumplimiento de las normas de seguridad por parte de los trabajadores	<p>Los drones pueden identificar a los trabajadores que incumplen las normas de seguridad: el mero uso de la tecnología para monitorear el cumplimiento de las reglas funciona como elemento disuasorio.</p>	Foto y video		

2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?



Figura 13: Las fases más importantes del proceso de construcción y cómo pueden contribuir los drones (3/3)

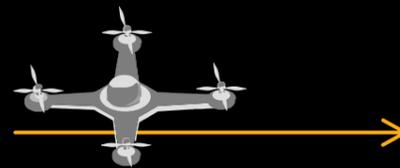
FASE	ACCIONES	PARTICIPACIÓN DE LOS DRONES	PRODUCTOS	APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA UAS	IMPACTO POTENCIAL EN LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS
POST-OBRA					
 MANTENIMIENTO	Inspección de estructuras	Proporcionar información detallada sobre el estado estructural, visual y geométrico de numerosos objetos, lo que resulta especialmente útil en lugares de difícil acceso.	Nube de puntos Modelo 3D Foto y video		
	Preparación del terreno para su uso	Verificación de que las infraestructuras auxiliares están situadas de acuerdo con los planos. Ayudar a restaurar la zona circundante	Ortofotografía Modelo 3D		
ENTREGA					
 CONDICIONES TÉCNICAS	Preparación de la documentación "as-built"	Proporcionar datos geométricos y visuales detallados para la elaboración de documentación técnica y jurídica.	Nube de puntos Modelo 3D Foto y video		
 CONDICIONES LEGALES	Verificación del cumplimiento de los requisitos legales del proyecto	-	×	×	×

2.

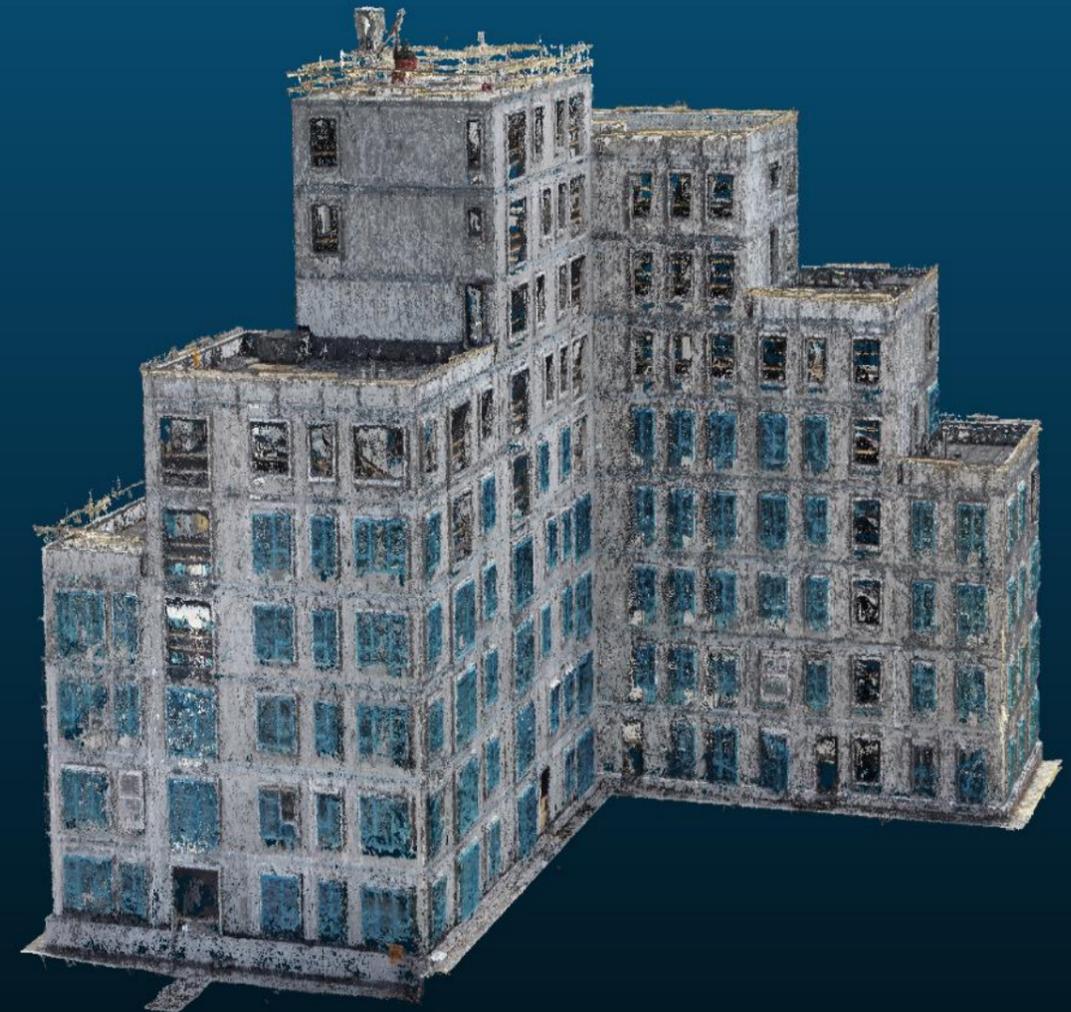
¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?

Figura 14: Seguimiento de los avances de obra mediante una nube de puntos 3D generada a partir de los vuelos de drones.

INSPECCIÓN INICIAL CON DRONES



INSPECCIÓN CON DRONES (12 SEMANAS MÁS TARDE)



2.

¿Cómo afectan los drones a la supervisión de obras?



Como ya se ha mencionado anteriormente, el sector de la construcción está experimentando un gran interés por la tecnología de drones y las empresas más grandes han convertido los UAVs en parte permanente de su inventario. La tecnología de drones ayuda a apoyar los procesos de toma de decisiones antes de la palada inicial y puede contribuir a un ahorro notable a lo largo del proceso de construcción. Aunque los sistemas de vuelo automatizado, las cámaras y otros sensores se encuentran en un alto nivel de desarrollo (lo que permite obtener datos precisos y de alta calidad), a menudo existe una falta de conocimientos sobre cómo utilizar esta tecnología de forma eficaz. Este aspecto es especialmente relevante en el sector de la construcción, que durante años ha tenido uno de los niveles de digitalización más bajos entre las demás industrias.

La integración de los datos de los drones con los sistemas tradicionales de monitoreo de obras es otra forma en la que los drones añaden valor a las tareas de supervisión y gestión de la construcción. La estandarización del formato y el alcance de los datos proporcionados durante el proceso de construcción -mediante la introducción a mayor escala de la metodología Building Information Modeling (BIM) - agilizará el trabajo y eliminará muchos conflictos de tareas que pueden producirse durante obra.

Desde un punto de vista tecnológico, el hardware de los drones parece estar listo para una utilización más amplia en muchas aplicaciones; sin embargo, algunos obstáculos siguen sin resolverse. Uno de ellos es la legislación, que en muchos países se encuentra aún en una fase temprana de desarrollo y no permite las operaciones más allá de los BVLOS.

A menudo es difícil obtener los permisos necesarios y a veces faltan procedimientos pertinentes para el uso de esta tecnología.

Otro obstáculo es la insuficiencia de programas informáticos para el análisis de datos, lo que significa que la mayor parte del trabajo debe realizarse manualmente. Trabajar con datos de alta resolución que consumen muchos recursos resulta engorroso e ineficaz.

Por otro lado, la dificultad para calcular los beneficios financieros del uso de drones en proyectos de construcción y la reticencia a implantar soluciones digitales de gestión de proyectos son factores adicionales que dificultan la adopción de la tecnología de drones entre las partes interesadas del sector. Por ejemplo, la mayoría de las empresas que han utilizado esta tecnología no han podido cuantificar ciertos beneficios como la reducción de tiempo, de personal necesario o incluso otros aspectos más cualitativos (como las mejoras en la eficiencia y la detección temprana de errores).

Hasta que no se adopten medidas más amplias en todos los ámbitos mencionados no se liberará todo el potencial que la tecnología de drones tiene para ofrecer en este sector de la industria.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

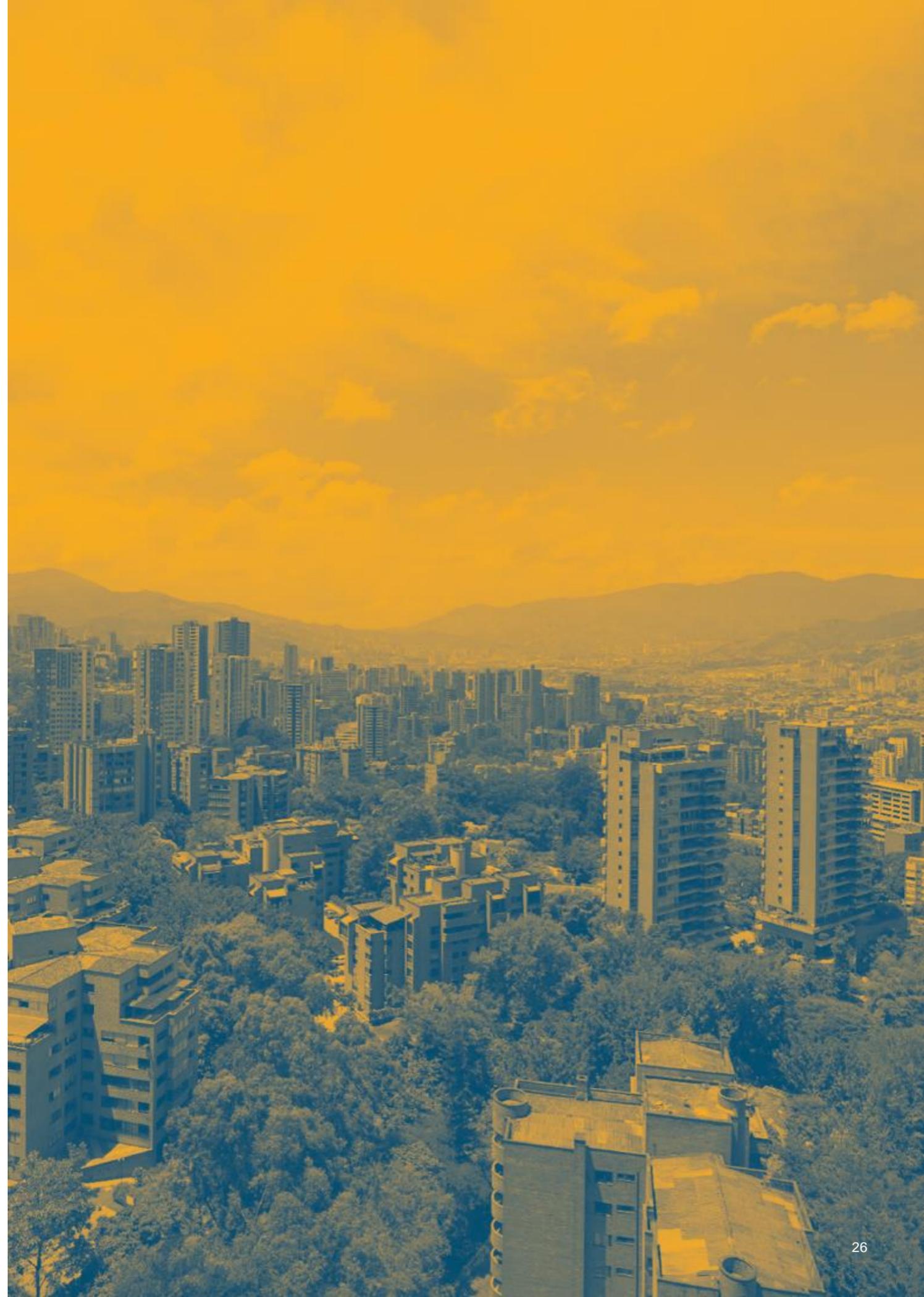
3.1

Aspectos generales sobre la industria de drones en América Latina

La región de LATAM ha adoptado rápidamente la tecnología de drones de uso específico. Los primeros fabricantes de UAS con fines civiles en la región comenzaron a desarrollar sus dispositivos a principios de los 2000 y la mayoría de participantes se incorporaron entre 2010 y 2020. En 2021 había al menos 36 fabricantes de hardware de drones e integrantes activos en la región, de los cuales 20 se encontraban en Brasil y ofrecían generalmente plataformas UAS enfocadas a nichos de mercado específicos tales como la agricultura o la minería.

Asimismo, el hardware y software de empresas tecnológicas internacionales se encuentra ampliamente disponible.

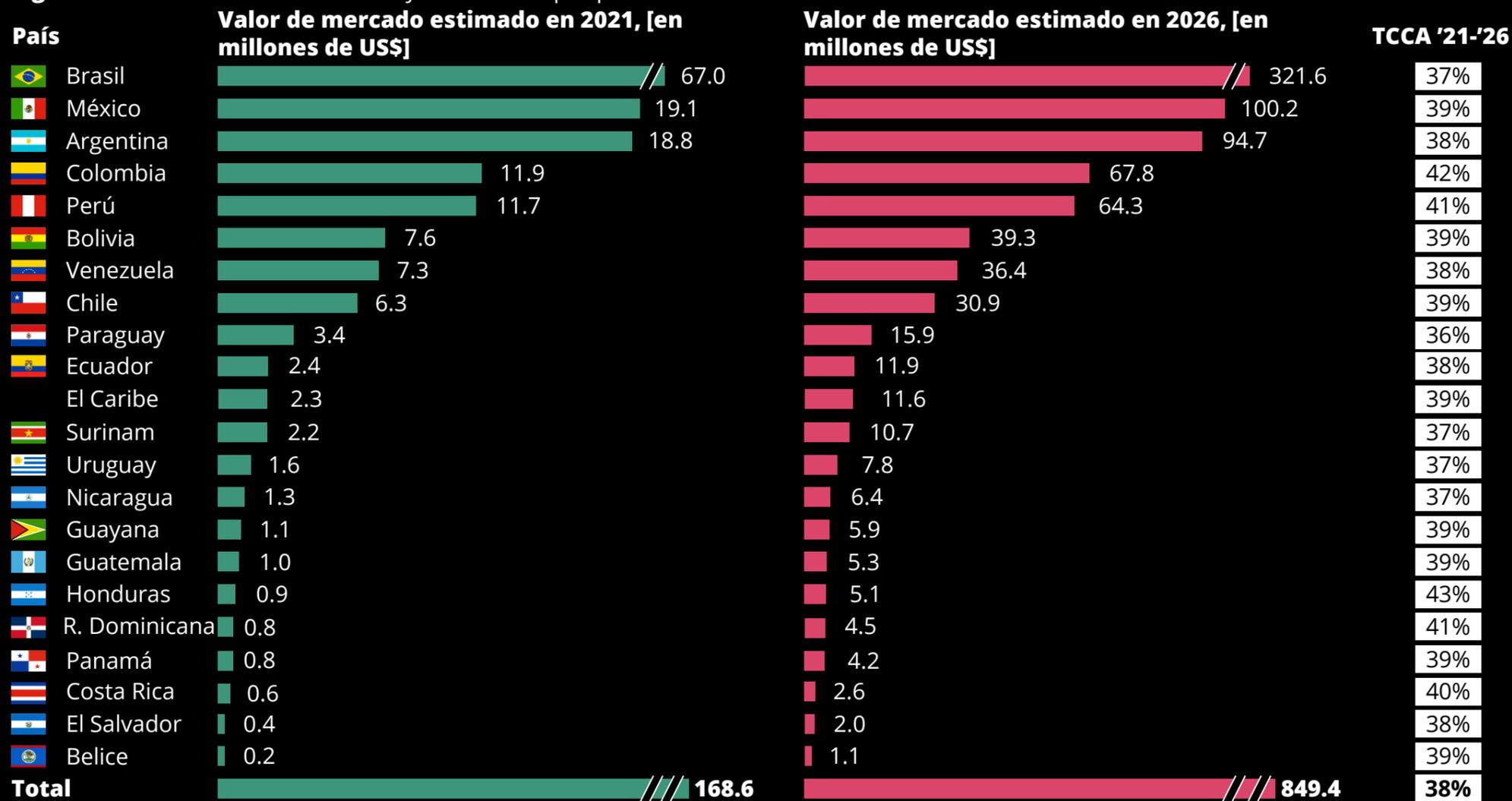
Los principales casos de uso en la región están relacionados con la agricultura, donde la adopción de UAS y tecnologías digitales se encuentra por encima del promedio mundial, incluso en comparación con países desarrollados, siendo Brasil y Argentina los países que presentan las aplicaciones más avanzadas. En Chile, prácticamente todas las principales empresas mineras utilizan drones para prospección, lo cual conlleva ventajas significativas por sobre los métodos de medición convencionales. Sin embargo, la adopción de UAS para proyectos de infraestructura se encuentra aún en la etapa inicial de desarrollo.



3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Figura 15: Valor de mercado de UAS y crecimiento por país



Fuente: Análisis de PwC, Banco Mundial

El valor estimado del mercado de servicios de drones en América Latina era de US\$168 millones en 2021 (ver figura 16). La región ofrece muchas oportunidades para la industria de drones comerciales, con una tasa compuesta de crecimiento anual (TCCA) de 38% durante los próximos 5 años.

Actualmente, el mercado más grande para los servicios de drones es la agricultura. La construcción es también un mercado relevante para las aplicaciones de drones, sobre todo por el hecho de que los países latinoamericanos requieren inversiones significativas en la infraestructura de transporte y servicios públicos. Otro factor es el desarrollo sustentable; más específicamente, la transición de fuentes renovables a energía limpia. Este tipo de proyectos de inversión son de importancia estratégica para países de la región y también constituyen un contexto propicio para los drones debido a su elevada complejidad.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Panorama de la normativa de drones en la región

Las primeras normas para la operación de drones en la región se establecieron en Guatemala en el año 2013, a medida que la comunidad aeronáutica comenzó a usar drones de manera activa para la fumigación de cultivos. Otros países se unieron y hoy en día los únicos lugares donde se prohíben los drones son Nicaragua y parte de Barbados.

Distintos países de América Latina han regulado los drones de conformidad con las Autoridades de Aviación Civil (AAC) nacionales, entidades a cargo de la legislación local relativa al espacio aéreo de cada país.

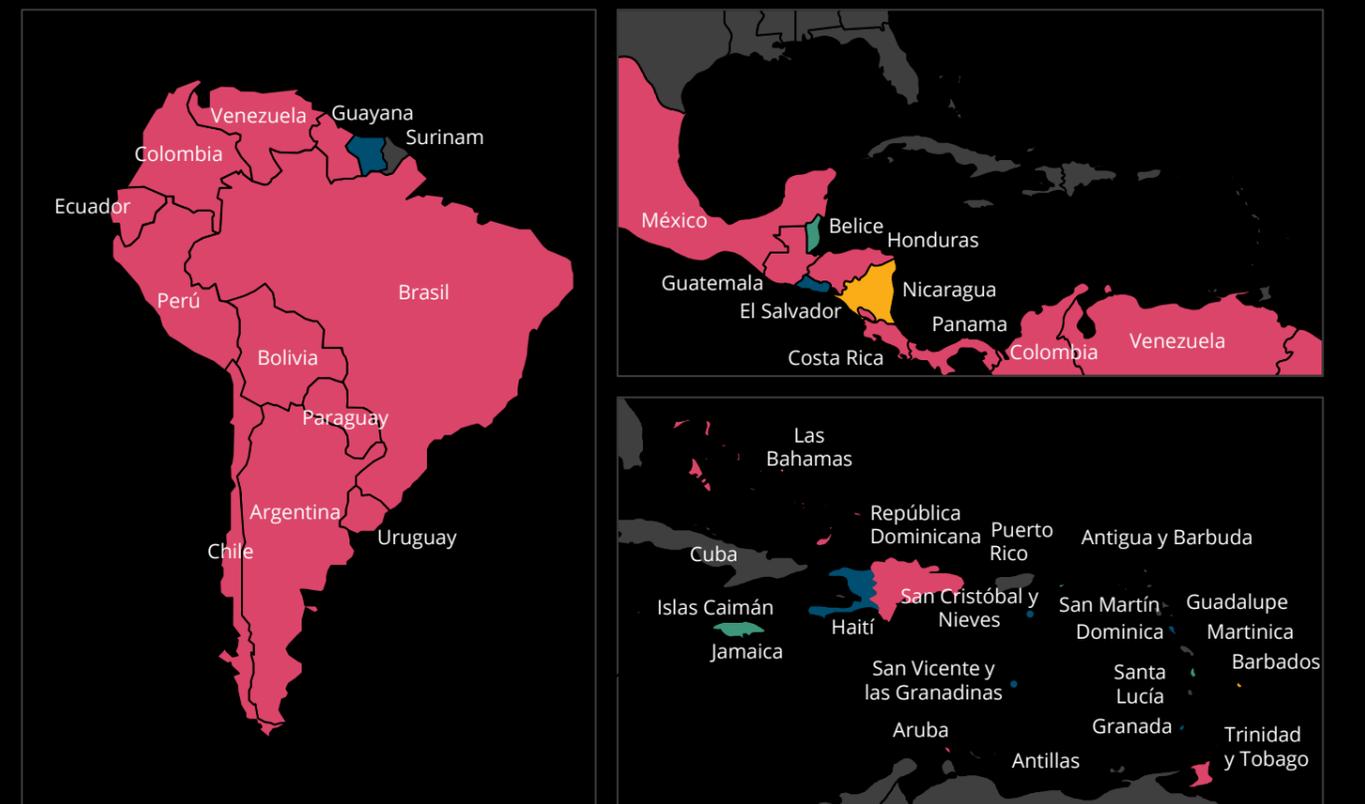
Algunos países siguen las recomendaciones de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), mientras que otros están influenciados por normas más avanzadas provenientes de un ecosistema maduro de drones, como los Estados Unidos o la Unión Europea. Como región, no siguen un marco regulatorio unificado hasta el momento (salvo la AAC de los Estados Caribenhos del Este, la cual ha establecido normas unificadas para las siete islas).

En general, las normas de los países latinoamericanos siguen las tendencias mundiales, aunque normas progresivas como las relativas a los BVLOS, por ejemplo, no se han extendido aún en la región.

El nivel de los servicios digitales que se proporcionan a los operadores de drones, tales como el registro de drones, la autorización de vuelos y los mapas digitales de las zonas del espacio aéreo son también muy limitados, a excepción de casos distinguidos como lo son Brasil y Uruguay.



Figura 16: Panorama de la normativa de drones en la región



- Países que han establecido normas específicas de drones
- Países que han publicado normas en el marco de la ley general de aeronáutica o como disposiciones extraoficiales
- Países que no han publicado directivas ni normas y siguen las recomendaciones universales
- Países que prohíben los drones

Se realizó un análisis de la regulación de los drones en 35 países de América Latina. Cuba y los territorios de ultramar fueron excluidos del análisis.

Fuente: Análisis de PwC, Banco Mundial

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

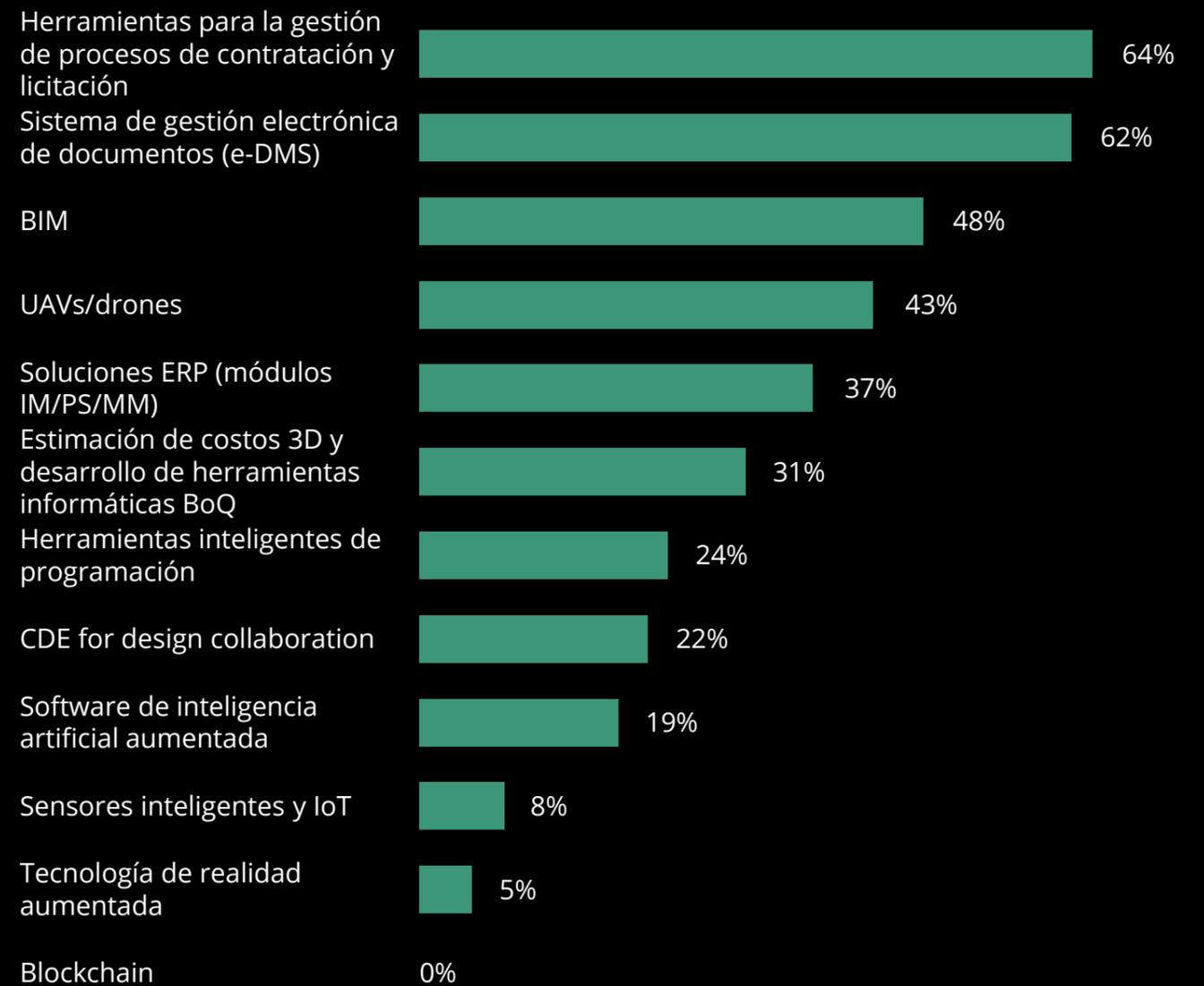
3.2

Adopción de tecnologías UAS por parte de las partes interesadas en proyectos de infraestructura

Tradicionalmente el sector de la construcción ha empleado una gran cantidad de trabajo manual y ha sido uno de los sectores más lentos en lo que respecta a la adopción de tecnologías digitales. El contexto desafiante de obras de construcción complejas dificulta la puesta en práctica de nuevas soluciones. Tecnologías tales como Realidad Virtual y Aumentada, Robótica, Impresión 3D, Internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) y Machine Learning, muchas veces no cumplen con los requisitos prácticos y desafiantes del sector de la construcción y, luego de ser aplicadas de forma de piloto, pocas logran escalar a nivel de las empresas.

Sin embargo, siguiendo las tendencias internacionales, el sector de la construcción en LATAM ha comenzado a incorporar lentamente diferentes tecnologías digitales para optimizar los procesos y contribuir a una mayor eficiencia. Las respuestas obtenidas en el relevamiento realizado por PwC a diferentes stakeholders a efectos del presente informe demuestran que las herramientas digitales para la gestión de los procesos de contratación y licitación, así como también los sistemas de gestión electrónica de documentos (e-DMS por sus siglas en inglés), son las tecnologías que más se emplean (utilizadas por 6 de los 10 encuestados), a las cuales le siguen las tecnologías BIM y los drones (utilizadas por 4 de cada 10 encuestados).

Figura 17: Uso de las tecnologías de drones en obras de infraestructura en América Latina



Pregunta: Mejores soluciones digitales que se han implementado en su empresa con el fin de supervisar la construcción, uso en diferentes obras. Porcentaje en base al total de respuestas obtenidas.

Fuente: encuesta de PwC

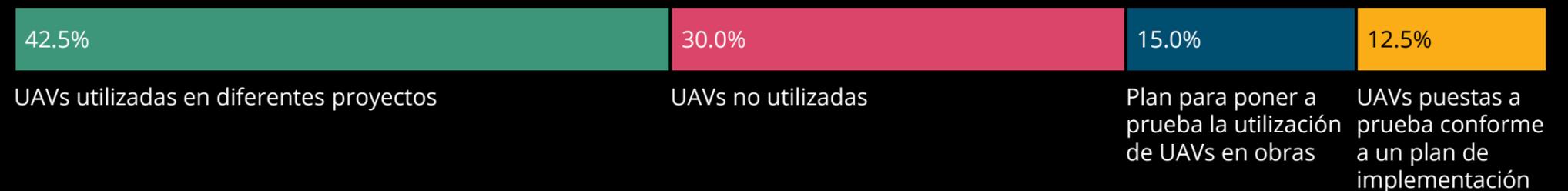


3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Asimismo, debe destacarse que todos los encuestados mencionaron que usan al menos un tipo de tecnología digital. Esto demuestra que, aunque con más lentitud que en otros sectores, se han incorporado tecnologías en las diferentes fases de construcción de proyectos de infraestructura. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la mayoría de las respuestas de la encuesta fueron proporcionadas por grandes empresas de construcción con amplia experiencia y trayectoria. Es probable que el nivel de adopción de tecnologías sea menor al tomar en cuenta todo el sector de construcción, incluidas las pequeñas y medianas empresas.

Figura 18: Nivel de madurez en el uso de drones



Pregunta: Nivel de madurez de los drones que se implementan en su empresa con el fin de supervisar las obras de construcción. Porcentaje en base al total de respuestas obtenidas.

Fuente: encuesta de PwC



Además del 43% de encuestados que aseguran hacer un uso extenso de las tecnologías de drones, un 28% las han puesto a prueba o planean implementarlas. Aproximadamente un tercio de los encuestados nunca han usado o puesto a prueba dichas tecnologías. Una explicación para ello podría ser que los beneficios asociados a la aplicación de las tecnologías no han sido del todo cuantificados o extendidos, además de las barreras mencionadas anteriormente. Debe destacarse el hecho de que no se obtuvo ninguna respuesta sobre la cancelación de los planes para implementar la solución de UAVs luego de que estos hayan sido puestos a prueba.

Esto indica que las tecnologías de drones, en su etapa de prueba, generan resultados suficientemente satisfactorios para que las empresas decidan emplearlas eventualmente en su actividad diaria con el fin de obtener más ganancias.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Adopción de los drones entre los diferentes actores involucrados

En lo que respecta al tipo de organizaciones que implementan los drones para la supervisión de obras de construcción (instituciones privadas, públicas o no gubernamentales), los actores del sector privado presentan el grado más alto de adopción, dado que el 79 utiliza las tecnologías de drones de acuerdo con los resultados de la encuesta de PwC. Entre las instituciones no gubernamentales, la adopción es significativamente menor, puesto que alrededor de un 11% de los encuestados han afirmado emplear dichas tecnologías. Los resultados de la encuesta no proporcionan una respuesta concluyente en relación a las empresas del sector público, pero las entrevistas sugieren que el nivel de adopción en dicho sector es bajo (cerca del 9%).

En cuanto al rol principal o área de actividad de los entrevistados, se tomaron en cuenta tres grupos: Construcción e Ingeniería, Inversión y Financiamiento, y Certificación/Control de proyectos.

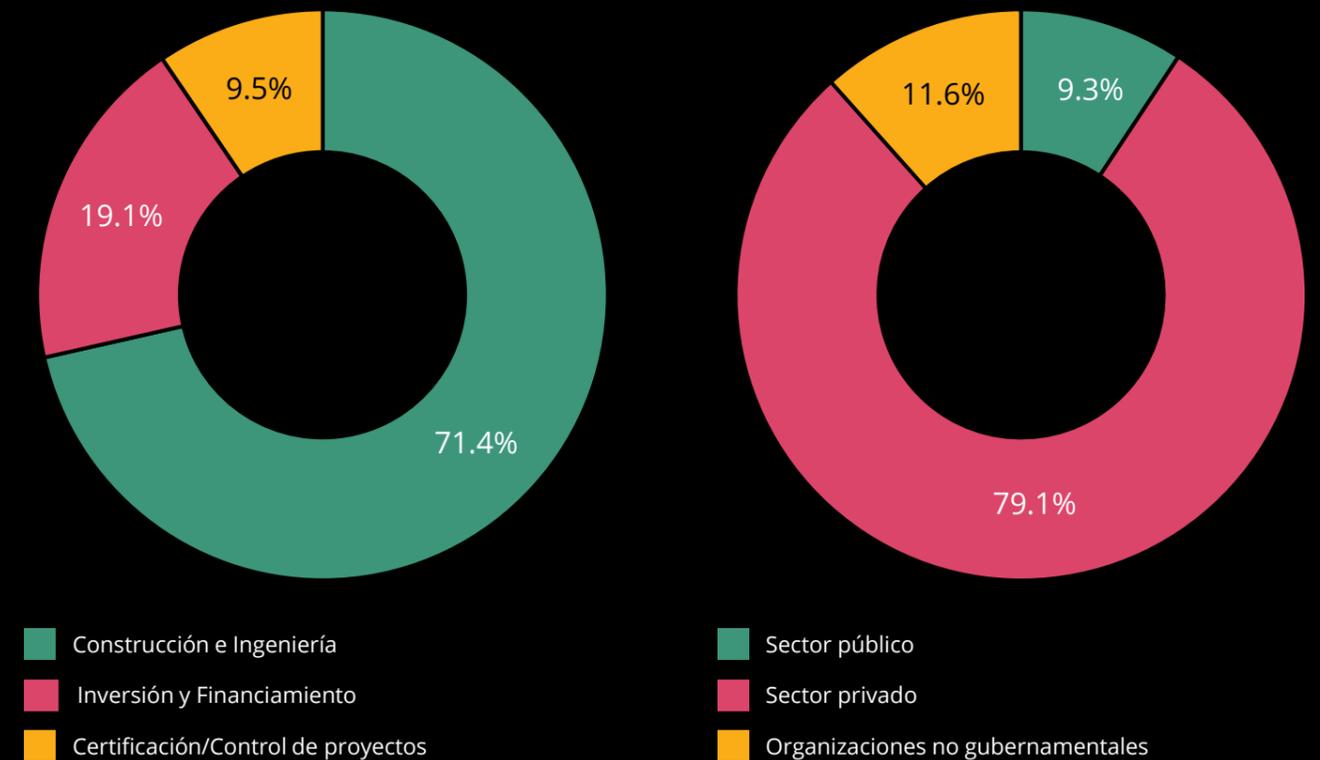
La mayoría de los encuestados del área de Certificación/Control de proyectos utilizan drones en sus obras de infraestructura. Contar con información objetiva, de calidad y en tiempo real es uno de los atributos más valorados por dicho grupo.

En el caso del grupo de Inversión y Financiamiento, la práctica está ganando terreno lentamente (tanto a nivel privado como a nivel de las organizaciones multilaterales). Para este grupo, la ventaja de poder llevar a cabo la inspección de forma remota es considerablemente significativa, puesto que disminuye costos y tiempos de viaje, a la vez que proporciona pruebas para asegurar el cumplimiento con las políticas y medidas de seguridad de la institución.

Entre las empresas de Construcción e Ingenierías encuestadas, la mayoría mencionó que ha utilizado las tecnologías de drones al menos una vez, pero casi un 20% dice no haber utilizado drones nunca (ni planea hacerlo en el corto plazo) para el desarrollo de sus actividades.

Debe destacarse que, en muchos casos, las empresas que llevan a cabo las actividades de supervisión en el sector de la construcción no utilizan tecnologías de drones (en la mayoría de casos) porque las otras partes tampoco lo hacen (ej. gobierno). En otras palabras, los incentivos para implementar estas tecnologías serían mayores si todos los actores se encontraran al mismo nivel de adopción.

Figura 19: Composición de los encuestados conforme al campo de acción y sector



Pregunta: Área donde se lleva a cabo la mayor parte de sus actividades

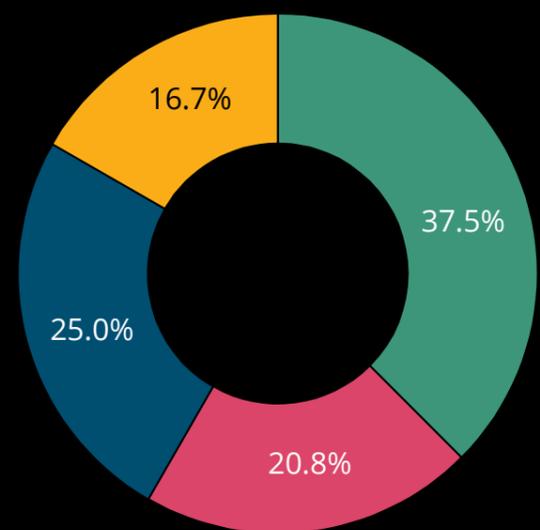
Pregunta: Tipo de organización

Fuente: Encuesta de PwC

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Figura 20: Modelos de implementación de tecnologías UAVs



- Recursos internos
- Recursos externos
- Combinación de recursos internos y externos
- No se plantea utilizar/implementar tecnologías UAV

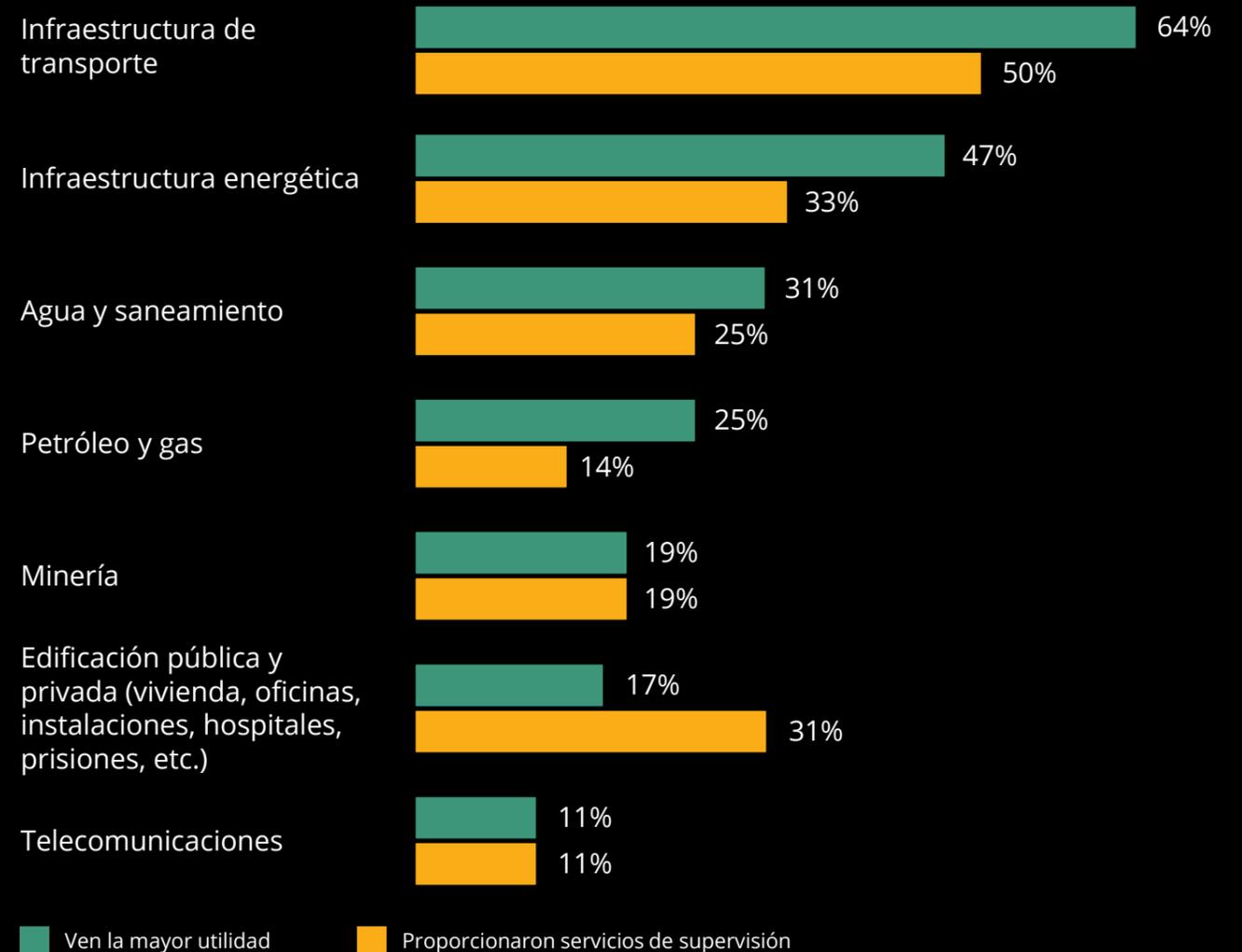
Pregunta: ¿Cómo planea implementar las tecnologías UAV en su empresa?

Fuente: Encuesta de PwC

Implementación de las tecnologías de drones

En lo que respecta a la modalidad en la cual se implementa la tecnología UAV en las empresas, casi el 40% de los encuestados dicen haber desarrollado la práctica de manera interna (con su propio equipo de UAV y operadores capacitados), y un 25% dicen hacerlo mediante la combinación de recursos internos de la empresa y recursos externos. Específicamente, las grandes empresas que operan a nivel mundial tienden a contar con equipos internos especializados. Casi un 21% de encuestados subcontrata el servicio, ya sea debido a la complejidad asociada al cumplimiento con las normas de cierto país o con el fin de proporcionar una mayor flexibilidad en el tipo de tecnologías de drones que se implementa según las características de la obra.

Figura 21: Ramas de la construcción en las cuales se proporcionan los servicios de supervisión, con opinión acerca de la idoneidad de los drones



Pregunta: ¿En qué rama del sector de la construcción provee generalmente servicios de supervisión? Porcentaje en base al total de respuestas obtenidas.

Fuente: Encuesta de PwC

Adopción de los drones en los distintos sectores

El uso de los drones se ha expandido a través de las diferentes áreas, entre las cuales se destaca notoriamente el transporte (especialmente en obras lineales como las vías férreas y carreteras) y la infraestructura energética. En este sentido, de acuerdo con los resultados de la encuesta realizada por PwC, las 3 ramas que más utilizan drones para la supervisión de obras de construcción son el sector de transporte, infraestructura energética y edificación pública y privada.

3.

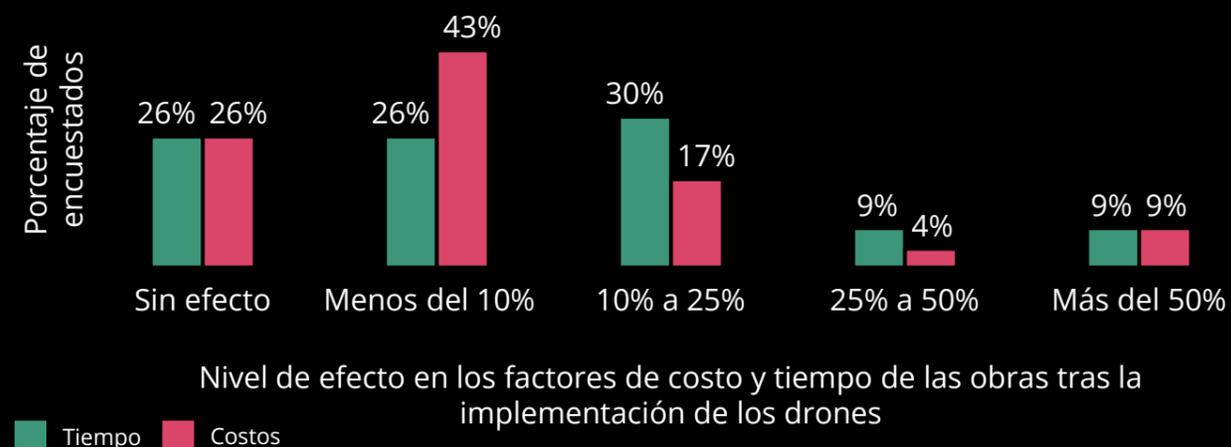
¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Beneficios y grado de satisfacción

Entre los encuestados por PwC que han hecho uso de drones, el 94% de ellos aseguraron estar satisfechos o muy satisfechos. En parte, esto se debe a la disminución en los tiempos y costos derivado de su uso: 75% de los encuestados dicen haber obtenido beneficios en relación a los tiempos y costos gracias al uso de drones en la etapa de supervisión, e incluso mayores

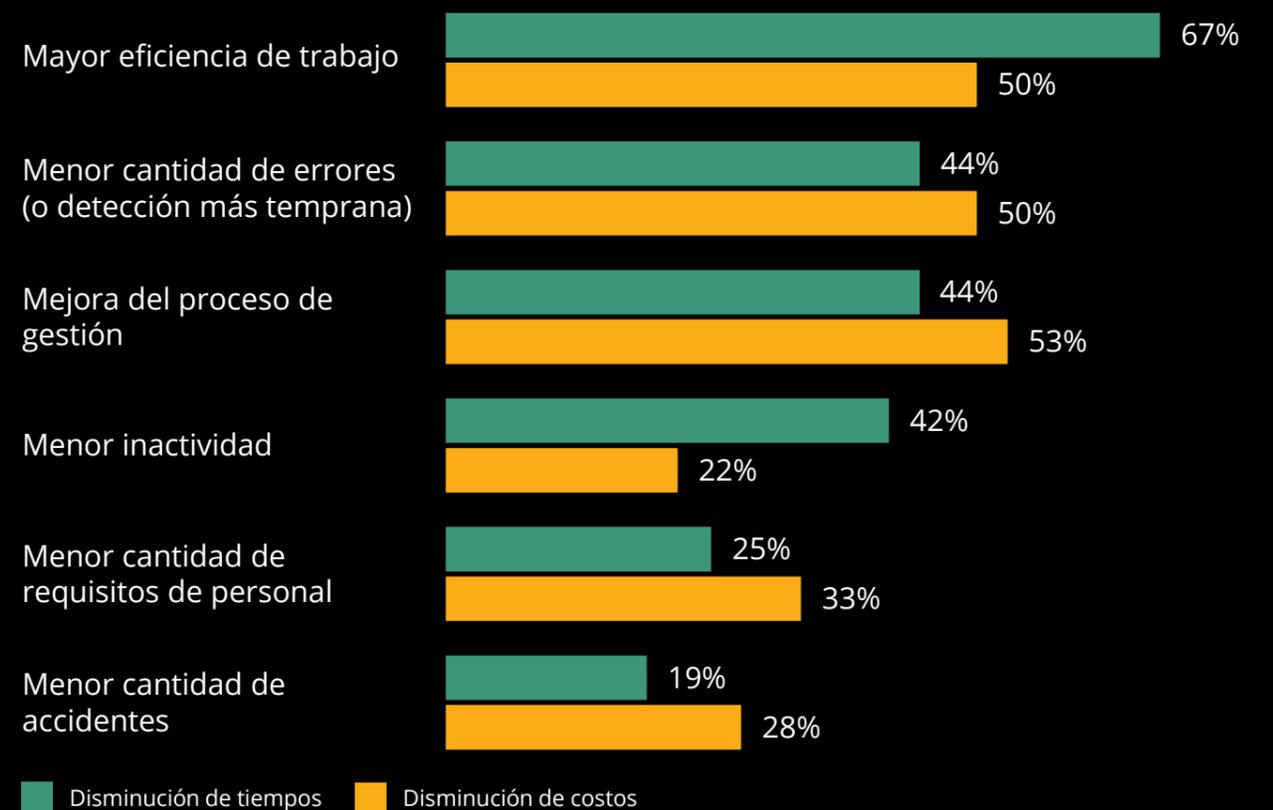
beneficios en otras etapas donde la implementación de tecnologías de drones es menos compleja (por ejemplo, diseño). El ahorro de tiempos fue uno de los factores primordiales al elegir estas tecnologías, dada la agilidad y velocidad con las cuales se puede acceder a información de alta calidad.

Figura 22: Efecto de la implementación de la solución UAV en las actividades de supervisión



Fuente: Encuesta de PwC

Figura 23: Ámbitos en los cuales los drones contribuyen a la disminución de costos y tiempo asociados a la actividad de supervisión



Pregunta: ¿En qué ámbitos las tecnologías de los drones contribuyen a la disminución de costos y tiempos asociados a la supervisión de las obras de construcción? Cantidad de respuestas en cada caso.

Fuente: Encuesta de PwC

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

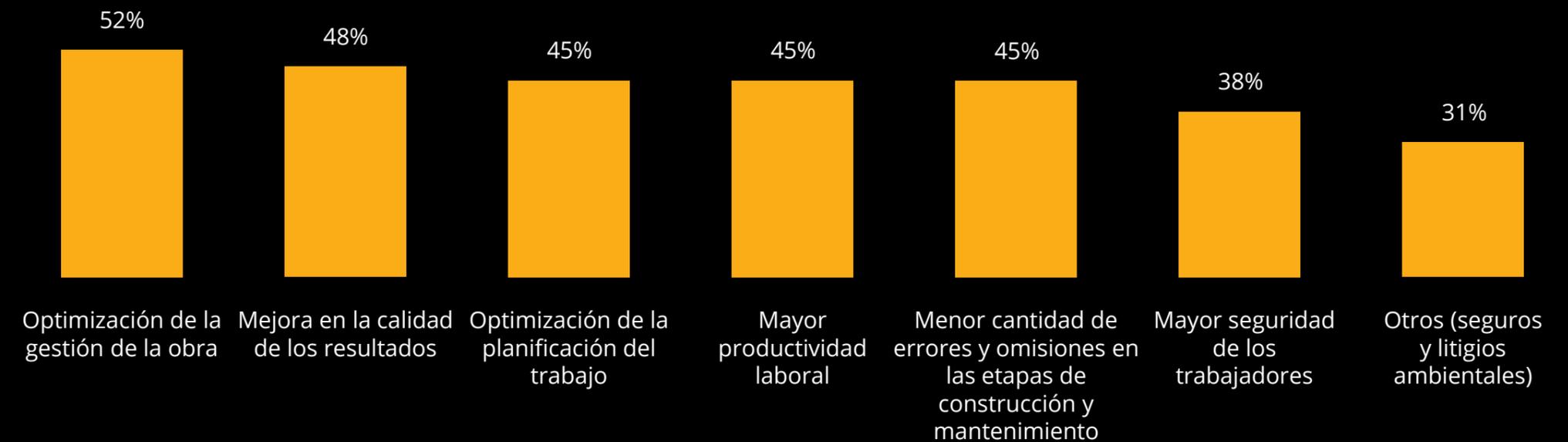
Incluso en el caso de aquellos encuestados que no dijeron haberse visto afectados positivamente en lo respectivo a costos y tiempos, la satisfacción es alta, lo cual indica la existencia de otros beneficios que no han sido previstos. Ejemplos de esto son la obtención de información objetiva y veraz, mejores condiciones de seguridad para los trabajadores, o un acceso más fácil a zonas remotas. Asimismo, en algunos casos las tecnologías de los drones no han sido empleadas para mejorar las prácticas actuales sino para desarrollar actividades cuya realización habría sido imposible de otra manera, por ejemplo para el acceso a zonas que son completamente inaccesibles a pie.

En resumen, de los resultados de la encuesta se concluye que además de la disminución de costos y tiempos, los beneficiarios obtienen muchos otros beneficios como la simplificación del trabajo, mayor productividad, y menor cantidad de errores.

Mucho depende de las características de la obra, por ejemplo, las obras de construcción que abarcan un espacio amplio tales como las carreteras se verán más beneficiadas por las mejoras en la gestión del proyecto y por una mejor visión general del estado actual de las obras, mientras que la supervisión de la construcción de un edificio de varios pisos en un espacio urbano reducido se verá más beneficiado por una mayor seguridad del personal.



Figura 24: Otros beneficios que fomentan el uso de la tecnología UAS



Pregunta: ¿Qué otros beneficios lo impulsan al uso de drones?

Fuente: Encuesta de PwC

% del total de encuestados que mencionaron el beneficio en cuestión

Un 100% de los encuestados que utilizan drones también emplean otras tecnologías. Esto puede indicar que:

a. la empresa ha implementado otras tecnologías antes de incorporar los drones;

b. los beneficios asociados al uso de drones crecen cuando se potencian con otras herramientas tecnológicas complementarias (ver el caso de la plataforma App – Infradigital mencionada más adelante).

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Casos seleccionados y experiencias

La siguiente tabla resume experiencias seleccionadas y proyectos de infraestructura en los que se han utilizado drones, destacando los diferentes beneficios y consideraciones relevantes basadas en entrevistas desarrolladas con partes interesadas del sector público y privado.



Figura 25 (1/5) Casos y experiencias seleccionadas

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES EN LAS QUE SE UTILIZARON DRONES	BENEFICIOS REPORTADOS	OTRAS CONSIDERACIONES
Construcción de la planta de celulosa UPM 2 Megaproyecto industrial Uruguay 2020-presente	Construcción de la segunda planta de celulosa de UPM en Uruguay, con una capacidad de producción de 2,1 millones de toneladas anuales. La inversión inicial estimada fue de 2.700 millones de dólares, además de inversiones complementarias en carreteras, puertos, red eléctrica, viviendas, etc.	Certificación del progreso de los trabajos (complementando el equipo de campo y las técnicas tradicionales). Relevamiento fotográfico de la obra y su entorno, vídeos para uso del equipo de comunicación.	Mejora de la gestión de proyectos y en la toma de decisiones. Mejor calidad y precisión de la información, con actualizaciones muy frecuentes. El uso de imágenes de drones se complementa con el uso extensivo de sistemas de CCTV para conseguir valiosos registros con posibles usos en litigios, pero también en la coordinación del trabajo con los demás participantes. Seguridad. Coordinar acciones sobre el orden y limpieza de la obra (una de las principales herramientas para reducir el riesgo de accidentes) logrando mejores condiciones de trabajo. El uso por parte del equipo de comunicación de UPM ha sido extensivo tanto para informar a la central de la empresa como a la comunidad sobre el avance y repercusión del proyecto.	El uso de drones permite enviar mejores informes de progreso y genera información de mayor calidad, lo que facilita la gestión del proyecto y la toma de decisiones. La empresa externaliza la actividad.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



Figura 25 (2/5) Casos y experiencias seleccionadas

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES EN LAS QUE SE UTILIZARON DRONES	BENEFICIOS REPORTADOS	OTRAS CONSIDERACIONES
Carretera Nacional Nro. 1 Transporte Haití 2014-2018	Supervisión de la pavimentación de la Ruta Nacional 1 de Haití, entre Gonnaives y Camp Coq. Inspección y supervisión de las tareas de obra y seguimiento administrativo del contrato. La ruta atraviesa un terreno montañoso sinuoso, con pocos puntos de acceso existentes y con una densa cubierta vegetal con biodiversidad vulnerable. Importe total de las obras: 90 millones de USD.	Evaluar el progreso de la construcción. Grabación de imágenes para las reuniones de seguimiento, compilación de buenas prácticas en cuanto a cuestiones ambientales y sociales que afectan a las comunidades.	Las pruebas con drones aportaron objetividad en el contexto de situaciones de divergencia de opiniones de las partes interesadas sobre determinados aspectos de la construcción. Ejemplo: el constructor estaba vertiendo material al borde de la carretera, en la ladera de una montaña. Era un lugar que no se veía a simple vista y gracias a las fotos del dron pudieron constatar esta situación y evitar mayores daños medioambientales.	El uso de drones surge de la necesidad de disponer de información veraz y objetiva. El dron permitió monitorear y medir la repercusión de las prácticas realizadas por los contratistas, además de verificar el cumplimiento de las políticas y procedimientos del Banco. Además, en el Tramo 2: Ennery-Plaissance, se realizaron pilotos comparativos de seguimiento topográfico y volumétrico con drones y con sistemas tradicionales para evaluar su precisión y rapidez.
ADIF Transporte Argentina 2015-2017	Revisión del proyecto ejecutivo e inspección de las obras de construcción de la nueva infraestructura de las vías del Ferrocarril General Roca en el ramal Buenos Aires a Mar del Plata, para el sector Dolores (prog. Km. 199,000) a Maipú (prog. Km. 270,264), provincia de Buenos Aires. Monto de la obra: USD 40 millones. También se aplicó en la revisión del proyecto ejecutivo e inspección de las obras de renovación de la estructura de vía en el Ferrocarril General Belgrano - Tramo 1: Ramal C, Km. 211,240 al Km. 275,479 - Provincia de Santa Fe, Argentina. Revisión del proyecto ejecutivo e inspección de las obras de renovación de la estructura de vía en el Ferrocarril General Belgrano - Tramo 2: Ramal C, Km. 275,479 a Km. 338,010 - Provincia de Santa Fe, Argentina.	Control de materiales Control de ejecución	Ahorro de tiempo en el control de grandes pilas de material: durmientes, rieles.	El uso del dron surge de la necesidad de controlar materiales que a primera vista son difíciles de contar.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



Figura 25 (3/5) Casos y experiencias seleccionadas

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES EN LAS QUE SE UTILIZARON DRONES	BENEFICIOS REPORTADOS	OTRAS CONSIDERACIONES
Diseño de corredor logístico Transporte Argentina 2018	Diseño de nuevas carreteras y obras de mantenimiento vinculadas a los corredores B y Sur de la licitación de la Fase 1 en régimen de APP.	Relevamiento topográfico: Fotogrametría para realizar la ingeniería del proyecto, del que no se disponía de información básica (prediseños).	Se calcula que el coste de la medición por kilómetro se redujo entre un 50% y un 60%, aunque se sacrificó cierto nivel de precisión. Lo anterior no fue por razones de coste sino que se optó por esta tecnología por su rapidez: un relevamiento y posprocesamiento de los datos puede llevar de 1 a 2 semanas (dependiendo de los recursos disponibles) para cubrir unos pocos km, mientras que con el dron sólo se tarda unos pocos días.	El uso del dron surge de la necesidad de realizar un anteproyecto de ingeniería acelerado en poco tiempo, lo cual no era posible de otra forma. Existe un equilibrio entre tiempo y calidad.
Paseo del Bajo -Tramo B - Semi trinchera Transporte Argentina 2016-18	Ejecución de un corredor de conexión Norte-Sur en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires de unos 7 kilómetros, a partir de la conexión de la Autopista Buenos Aires - La Plata, al sur de la Ciudad, con la Autopista Illia en la zona de Retiro.	Supervisar el avance de las obras y los problemas de tráfico (medición de esperas y retrasos). Registro de imágenes para las reuniones de seguimiento. Documentación de las buenas prácticas.	Agilidad y precisión de la información. Mejora de la gestión de proyectos.	Una de las principales limitaciones en el uso de drones en este proyecto fue la necesidad de contar con permisos especiales para realizar los vuelos debido al carácter urbano de la zona.
Líneas de transmisión EPM Energía Colombia 2020-2021	Línea de transmisión a 110 kilovoltios San Lorenzo-Calizas II, de 40 kilómetros de longitud. Requirió la instalación de 78 torres.	Construcción de las torres de más difícil acceso y tendido de los cables.	Acceso a zonas de difícil acceso, con abundante vegetación. Mejora de la seguridad de los trabajadores. Conservación de las zonas protegidas. Protección y minimización de la repercusión sobre la biodiversidad de la zona.	Para ofrecer protección y reducir la repercusión ambiental, EPM colocó los conductores utilizando drones.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



Figura 25 (4/5) Casos y experiencias seleccionadas

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES EN LAS QUE SE UTILIZARON DRONES	BENEFICIOS REPORTADOS	OTRAS CONSIDERACIONES
BID App - Plataforma Infradigital Varios Sectores Regional 2019-presente	Herramienta que almacena datos y permite el análisis en línea de proyectos de infraestructuras en todos los sectores y por países. Los proyectos georreferenciados aparecen en la plataforma, que contiene información sobre los contratos y datos obtenidos sobre el terreno a través de diversos medios (vídeos y fotos de drones, Google Maps, Google Earth, etc.). No es sólo un repositorio/registro, sino que también permite el análisis mediante el cruce de información.	Control de avances y gestión. Supervisión a distancia de la cartera de proyectos de cada país. Control de seguridad y recuento de personas.	Genera informes de supervisión automáticamente, lo cual facilita la gestión. El tiempo de monitoreo se redujo hasta en un 80% con el uso de esta herramienta. Los registros sirven como prueba frente a demandas y litigios. Control remoto (especialmente importante durante la pandemia), lo que se traduce en un ahorro en transporte. Antes de la aplicación de la herramienta, el BID tenía un consultor que iba a verificar una vez al mes o cada 15 días la obra in situ, gracias a esta nueva herramienta, las visitas presenciales solo son necesarias una vez cada 6 - 12 meses.	Los vídeos y fotografías obtenidos con drones son uno de los insumos utilizados por la herramienta. Por lo tanto, los beneficios no son totalmente atribuibles a esta tecnología. Sin embargo, el ejemplo sí ilustra cómo el uso de drones con el software adecuado genera ahorros de tiempo y costes.
Autopista La Paz - El Alto Transporte Bolivia 2016-2017	El alcance del proyecto incluía la rehabilitación de la autopista (50 km), la reconstrucción del sistema de drenaje, la renovación de las instalaciones eléctricas y el sistema de alumbrado, la construcción de paradas de autobús y la mejora de la señalización, entre otras cosas.	Control de avances y gestión. Monitoreo remoto.	Ahorro (no cuantificado) en el equipo de supervisión y en las visitas de control del BID. Mejora de la calidad y de la eficacia de la gestión. Detección precoz de problemas. Detección de problemas medioambientales que por otros medios no eran detectables. Mejora de la comunicación a los altos mandos sobre el avance del proyecto y de la capacidad del equipo para disponer de un esquema de supervisión innovador y en tiempo real.	El uso del dron surge de la necesidad de supervisión, porque el equipo de supervisión renunció. La principal dificultad fue encontrar operadores de drones.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



Figura 25 (5/5) Casos y experiencias seleccionadas

PROYECTO	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES EN LAS QUE SE UTILIZARON DRONES	BENEFICIOS REPORTADOS	OTRAS CONSIDERACIONES
Metro de Lima Transporte Perú 2015	Construcción de 35 kilómetros de metro (27 kilómetros de la Línea 2 y 8 kilómetros de la Línea 4) totalmente subterráneos mediante un contrato de concesión. Inversión estimada de algo más de USD 5.800 millones (financiada parcialmente por el BID).	Recuento de los locales comerciales del mercado que se verían afectados por la construcción del metro.	Permitió hacer un recuento rápido y eficaz del número de locales comerciales y su tamaño, para planificar la reubicación del mercado. Análisis de cuestiones medioambientales.	El uso del dron surge de la necesidad de llevar a cabo una actividad que de otro modo no sería posible (debido a la oposición de los comerciantes y a cuestiones de seguridad).
Hospitales Social Argentina 2020	En respuesta al aumento de casos de COVID-19, el Gobierno argentino puso en marcha la construcción de doce hospitales de estructura modular, con el fin de ampliar su capacidad de atención (añadiendo un total de 1.200 camas). La estructura incluyó áreas de cuidados intensivos, salas de aislamiento y otros equipos necesarios para tratar a los pacientes. La inversión total ascendió a 23 millones de USD.	Relevamientos topográficos. Supervisión de obra durante los trabajos.	Reducción del tiempo de los relevamientos topográficos: relevamiento de las doce localidades, con un total de más de 10.000 m ² en sólo tres días. Generación de mapas digitales precisos de la zona a intervenir, que resultaron muy útiles para ayudar a mejorar la planificación, agilizar la ejecución y permitir a todas las partes involucradas visualizar información actualizada sobre el terreno, evitando así contratiempos.	Se utilizó tecnología de drones debido a la urgencia y a las dificultades para desplazar a las personas a causa de la pandemia de COVID-19. Equipados con drones DJI Phantom 4 Pro y Mavic 2 Pro.
Terminal de gas natural, líneas de transmisión y nave industrial Diversos usos Brasil	Varios casos analizados en entrevistas con empresas de gestión y supervisión de obras con amplia experiencia en Brasil.	Control de avance de obras y servicios ejecutados, para su uso en la gestión de proyectos. Reconocimiento aéreo para mediciones: movimientos de tierras. Inspecciones visuales en fachadas de edificios, detección de grietas.	Mayor eficacia en la gestión. Cuestiones de seguridad. Sirve como prueba frente a litigios. Agilidad de inspección, reducción de riesgos asociados a la seguridad de los trabajadores, mayor productividad, acceso a lugares de difícil acceso. Mapeo previo de áreas críticas, posibilidad de volver a analizar sin tener que hacer nuevamente una inspección física con su consiguiente reducción de riesgos asociados a la seguridad de los trabajadores.	Estos beneficios fueron mencionados en las entrevistas por diferentes empresas de gestión de la construcción en Brasil como casos de éxito en el uso de drones para mejorar la eficiencia, la productividad y la seguridad.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

Consideraciones clave

Como se ha indicado anteriormente, los beneficios reportados por las distintas partes interesadas gracias al uso de drones en las actividades de construcción son variados.

En términos de **tiempo**, según la encuesta realizada por PwC, el **74% de los encuestados afirma que el uso de drones permitió una reducción en el cronograma del proyecto de al menos un 10**. Por ejemplo, en el caso de ciertas actividades de monitoreo del Ferrocarril Central en Uruguay, la tecnología de drones permitió **completar el trabajo en una semana, cuando con el método convencional llevaría alrededor de 15 a 20 días de trabajo** (caso desarrollado en el próximo capítulo). Otro ejemplo es el de la construcción de la Ruta 1 en Haití, donde los entrevistados indicaron que el **tiempo de monitoreo se redujo de 5 días por medios convencionales a 1-2 días gracias al uso de drones**. La reducción de tiempo es aún mayor si la tecnología de drones se combina con otras tecnologías (por ejemplo, gracias a la App - Plataforma Infradigital, en algunos casos, los entrevistados indicaron que **la reducción de tiempo puede ser de hasta un 80% dependiendo de las circunstancias del proyecto**).

Esta reducción de tiempo junto con otros factores (menor número de personal necesario para ejecutar una tarea o aumento de la productividad) también tiene su repercusión en los **costes**. Por ejemplo, la aplicación de drones en el caso del Ferrocarril Central en Uruguay permitió **reducir de 20 a 5 personas el equipo** necesario para monitorear el avance de la obra. En la encuesta de PwC, el **73% de los encuestados mencionó que el uso de drones tuvo un impacto en la reducción de costes en diferentes niveles**. Por ejemplo, en el diseño preliminar de una autopista PPP en Argentina, la empresa de ingeniería responsable indicó que el uso de drones para los relevamientos topográficos supuso una **reducción del 50-60% en el coste por km**.

Además, como se mencionó, existen otros **beneficios cualitativos** que terminan generando repercusiones tanto en las variables antes mencionadas (tiempo/costo) como la mejora en la calidad de la información y mayor objetividad de la misma, la mejora en los procesos de gestión y toma de decisiones, el aumento de la productividad, la reducción en el número de errores o su detección temprana, la seguridad de los trabajadores, la evidencia frente a litigios, y el cuidado del medio ambiente, entre otros.

Por último, vale la pena mencionar los casos en los que **la actividad no podría haberse realizado de otra manera**, ya sea por las dificultades de acceso a la zona (por la vegetación en el caso de las líneas

de transmisión en Colombia, o por la seguridad, como en el caso del Metro de Lima) o por la rapidez con la que se requería el desarrollo de las tareas (caso de los hospitales en Argentina).

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

CASO DE ESTUDIO I

Ferrocarril Central

 **Sector** Transporte (tren)

 **País** Uruguay

 **Año** 2019-actualidad

 **Uso de dron** Interno

Sector PUBLICO PRIVADO

3.3

Resumen de los casos de estudio seleccionados en América Latina

Resumen del proyecto

Construcción y mantenimiento de una vía férrea entre el Puerto de Montevideo y la ciudad de Paso de los Toros (273 km de recorrido), para permitir la circulación de trenes de mercaderías a 80 km/h con 22,5 toneladas por eje. El gasto en capital estimado del proyecto fue de aproximadamente 1.000 millones de USD.

Participantes del proyecto y su experiencia en el uso de drones

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Uruguay adjudicó al consorcio Grupo Vía Central (GVC) la financiación, diseño, construcción y mantenimiento del Proyecto en 2019, con una duración de 18 años. El GVC está liderado por Sacyr (40%) y otros socios, incluyendo empresas como Saceem (27%), NGE (27%) y Berkes (6%). Sacyr es una gran empresa española de ingeniería y construcción que opera en tres segmentos: construcción (desarrollo de grandes proyectos de infraestructuras de obra civil, industriales, de transporte y edificación), concesiones de infraestructuras (especializadas en transporte, saneamiento, agua y tratamiento de residuos) y prestación de servicios. Están presentes en más de 20 países (incluyendo Brasil, Chile, Colombia, México, Paraguay, Perú y Uruguay en LATAM), y cuentan con más de 42.000 empleados (según datos de 2021).

Cuentan con experiencia en el uso de diversas tecnologías, especialmente drones, e-DMS, herramientas para la gestión de procesos de contratación y licitaciones y modelado BIM.

Concretamente en el caso de los drones, la empresa los ha utilizado para los siguientes fines: mediciones de proyectos y toma de datos (actualmente cuentan con 27 equipos volando en 7 países: EEUU, Colombia, Uruguay, Brasil, Perú, Paraguay, Chile); control documental (cada mes o cada 15 días realizan un vuelo "a vista de pájaro" para reportar a la dirección de la empresa con el fin de detectar desviaciones sobre lo planificado, y contar con material visual ante posibles reclamaciones de clientes, litigios/arbitraje, y para periodos de lluvias); y acceso a obras muy complejas.

Han incorporado drones en todos sus proyectos (independientemente del tamaño del proyecto y en todos los países), casi siempre realizando la tarea internamente (eventualmente lo subcontratan). Actualmente, utilizan principalmente drones pequeños (menos de 2 kg, DJI) con una cámara de alta resolución, fabricados en plástico, con una autonomía de 20 - 25 minutos, y con un coste de unos 3.000 - 4.000 USD. Tienen un alto índice de siniestralidad (la vida útil de cada uno de los aparatos no supera los 6-7 meses).

En términos generales, el principal obstáculo para su implantación en algunos casos ha sido la regulación gubernamental, ya que las autoridades de algunos países exigen la obtención de permisos para su uso, que a veces tardan en obtenerse.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

CASO DE ESTUDIO I

Ferrocarril Central



Sector Transporte (tren)



País Uruguay



Año 2019-actualidad



Interno

Sector

PUBLICO

PRIVADO

Aplicación de drones en el caso del Ferrocarril Central

En este proyecto se utilizaron entre 4 y 6 drones para control documental, con vuelos "a vista de pájaro" para fotografía y seguimiento, de implementación interna (tanto en cuanto a hardware como operadores).

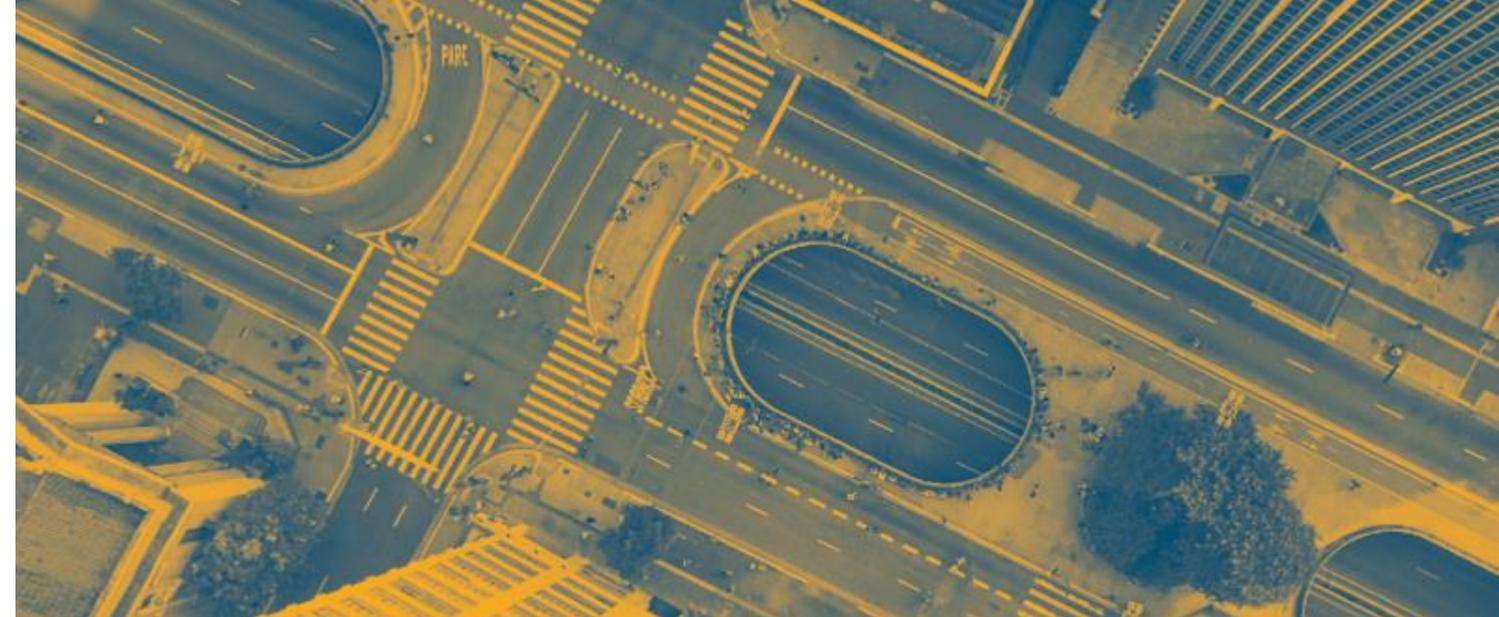
Beneficios obtenidos del uso de drones en la actividad

- En lugar de visitar la obra, el director del proyecto dispone de una plataforma con un enlace y acceso a información de los vuelos de cada semana. De Montevideo a Paso de los Toros hay unas 5 horas de viaje, que el director de obra puede aprovechar para determinadas instancias de supervisión.
- En una obra de estas características, el método convencional requeriría alrededor de 20 personas para realizar el trabajo, mientras que el uso de drones permite reducir ese número a 5 personas.
- En cuanto al tiempo empleado, lo que la aplicación de drones permite hacer en una semana, con el método convencional llevaría unos 15-20 días de trabajo.
- Los drones permiten el uso en situaciones meteorológicas adversas.

Fuentes:
Entrevistas con personal de Sacyr
<https://www.gub.uy/ministerio-transporte-obras-publicas/ferrocarril-central>
<https://www.sacyr.com/-/ferrocarril-central>
<https://www.sacyr.com/-/sacyr-lidera-el-proyecto-mas-ambicioso-de-uruguay-el-ferrocarril-central>

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



CASO DE ESTUDIO II

Ruta Nacional 1

Sector Transporte (carretero)

País Haití

Año 2017

Uso del dron Tercerizado

Sector

PUBLICO PRIVADO

MULTILATERAL

3.3

Resumen de los casos de estudio seleccionados en América Latina

Resumen del proyecto

Este proyecto consistió en la rehabilitación de la Ruta Nacional Número 1 (RN1), que conecta Puerto Príncipe con la ciudad portuaria de Cabo Haitiano. Las obras comenzaron en diciembre de 2015 por un importe total de 28,9 millones USD (contrato en fase de cierre). El proyecto sufrió varios retrasos por problemas de seguridad y falta de combustible, lo que provocó su paralización en varias ocasiones. Por el momento, se han ejecutado obras por unos 20 millones USD y el proceso de selección de la empresa constructora está de nuevo en marcha.

A finales de 2017, en una experiencia piloto, se empezaron a utilizar drones para supervisar el avance físico de la autopista

Plaisance - Camp Coq (a partir de un levantamiento de información espacial) en un tramo de 10,8 km. Los productos son ortomosaicos de alta resolución, que muestran el avance del progreso físico de las obras en fase de ejecución, el cálculo de volúmenes y el seguimiento de reubicaciones y zonas afectadas.

Empresas relacionadas y su experiencia en el uso de drones

AC&A se encargó de supervisar las obras. AC&A es una empresa especializada en la prestación de servicios de ingeniería, arquitectura y urbanismo y en la realización de estudios medioambientales, económicos y de planificación. Fundada en Argentina, posteriormente se extendió a varios países de América Latina. Han desarrollado más de 190 proyectos en 30 países, con experiencia en el uso de diversas tecnologías (e-DMS, BIM, herramientas de software de estimación de costes en 3D y desarrollo de BoQ, entre otras).

En cuanto al uso de drones, para el monitoreo de obras utilizan los drones

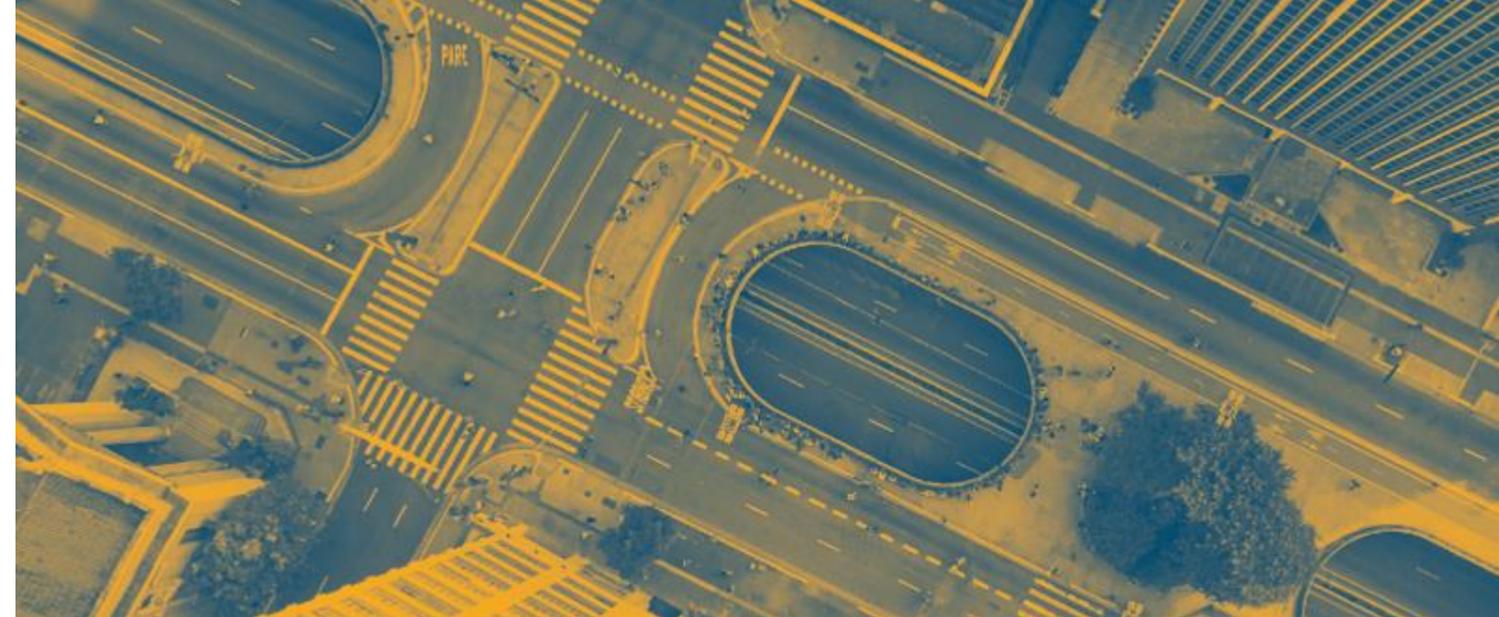
comerciales más pequeños y básicos de DJI (excepto en condiciones de montaña), y los operan de forma interna. Para fotogrametría contratan el servicio con drones RTK (cámaras profesionales de mayor calidad y GPS) y avionetas (AIRb). En el caso del proyecto de referencia, Aeroterra fue contratada directamente por el BID para el servicio de drones (levantamiento y posterior procesamiento de la información). Esta empresa boliviana está especializada en el monitoreo aéreo con drones y sensores remotos integrados con SIG, con experiencias en la actividad agropecuaria, el medio ambiente y la construcción de obras civiles, entre otros.

Aplicación de los drones en el caso de la RN1

Para supervisar el progreso del proyecto, AC&A dispuso de un equipo de supervisión tradicional (con topógrafos, técnicos de laboratorio, ingenieros de inspección y gestores de calidad) y, paralelamente, generó un equipo con tecnología de drones para hacer fotogrametría durante 3 meses y comparar los resultados volumétricos obtenidos por ambos métodos.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



CASO DE ESTUDIO II

Ruta Nacional 1

Sector Transporte (carretero)

País Haití

Año 2017

Uso del dron Tercerizado

Sector

PUBLICO PRIVADO

MULTILATERAL

Para organizar el vuelo de los drones, primero se llevó a cabo un proceso de planificación de la misión. Basándose en las capacidades del dron (tiempo de vuelo 20 minutos, alcance de la señal 4 km) se establecieron los parámetros: altura de vuelo con respecto al suelo 100-150 m, resolución de píxeles inferior a 5 cm GSD, solapamiento entre fotos 80% lateral y 60% longitudinal. A continuación se llevó a cabo la ejecución de la misión en tierra, seguida del procesamiento fotogramétrico, la edición de la nube de puntos y el control de calidad. Los costes asociados a estas actividades rondaron los 30.000 USD por seguimiento (en total se realizaron 6: 1 línea de base + 5 seguimientos).

Beneficios obtenidos del uso de drones en la actividad

- Reducción del tiempo del proceso de cuantificación (actividades que se realizaban en 5 días por la vía convencional se realizan en 1-2 días con el uso de drones), con una diferencia muy baja en los resultados entre la vía tradicional y el uso de drones (las variaciones de volumen total oscilaron entre el 6,45% y el 0,30%).

- Durante el mes se obtuvieron más datos.
- Acceso a zonas montañosas de difícil acceso.
- El modelo 3D armado con las fotos del dron también permitió estimar los volúmenes de corte restantes, avisando con antelación de la posibilidad de sobrecostes adicionales en el contrato.

Lo que no se detectó fue un ahorro en cuanto al número de personas necesarias en el equipo de trabajo. En proyectos de esta envergadura (incluso los de 30-40 km), se necesita el mismo número de especialistas porque la visión del experto es esencial.

Por ejemplo, en este caso hubo una fase en la que el material se obtenía de la roca y se vertía en un terraplén intermedio, para después ser llevado a un depósito final (terraplén de la ruta). Cuando el dron lo sobrevoló, identificó bien el corte, pero luego el paso intermedio fue incorrectamente identificado. Fue necesario entonces el dictamen de un perito esclareciendo la situación y evitando el pago de multas. Dado que, incluso cuando se aplican drones, la presencia de al menos un topógrafo sobre el terreno sigue siendo esencial, en este punto no se

verificó una reducción de los costes de personal. En el caso de proyectos de mayor envergadura, es probable que se produzca un ahorro en términos de personal, ya que probablemente se reduzca el número de topógrafos que deben integrarse en el equipo.

Se concluyó del plan piloto que los drones funcionan para controlar las cantidades y permiten que la actividad se realice con mayor rapidez, por lo que el ahorro sería en tiempo y calidad.

Como limitación, hay que considerar que se requiere un operador profesional, planes de vuelo, puntos de control (añadiendo complejidad) y sigue siendo necesario un topógrafo (el dron no sustituye este rol). Otras dificultades adicionales son conseguir que el cliente valore el dron ya que la tecnología puede ser cara cuando el proyecto no es grande. Por este motivo, en algunos casos la empresa supervisora de este proyecto ha utilizado imágenes satelitales como herramienta intermedia, que tiene un precio menor y una calidad inferior (pero sirve para ver el avance de la obra, con poco detalle).

Fuente:
Entrevista con BID y AC&A
<https://blogs.iadb.org/transporte/es/el-guardian-de-cien-ojos/>
AEROTERRA presentation on its monitoring methodology (Abril 2018)
Reporte de monitoreo (Noviembre 2018)

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



CASO DE ESTUDIO III

Cantera industrial Girardota

 **Sector** Industrial (minería)

 **País** Colombia

 **Año** 2016

 **Uso de dron** Interno

Sector PRIVADO

3.3

Resumen de los casos de estudio seleccionados en América Latina

Resumen del proyecto

Industrial Concreto es una empresa del grupo empresarial Concreto que nació en 2011 con el objetivo de producir y comercializar suministros para el sector de la construcción a través de sus cuatro unidades de negocio: Materiales, Prefabricados y Durapanel.

La unidad de materiales se dedica a la explotación y comercialización de materiales pétreos utilizados en la producción de hormigón. Industrial Concreto extrae periódicamente material de río (arena lavada para concreto, triturado 1" y gravilla 3/8") de una mina en Girardota, Antioquia.

Empresas relacionadas y su experiencia en el uso de drones

La empresa colombiana Concreto, fundada en 1961 y con sede en Medellín, participa en los sectores de ingeniería y construcción. Su división de infraestructuras ofrece servicios de planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de proyectos de ingeniería civil como túneles, puentes, aeropuertos, centrales hidroeléctricas, autopistas y sistemas de transporte masivo; mientras que su división industrial abarca centros de distribución, almacenes, muelles y oleoductos.

El Grupo Concreto cuenta con una división de Innovación y Transformación Digital que da soporte a las demás unidades, y para ello, en la última década, han utilizado diferentes tipos de tecnología: BIM (la más utilizada), drones, realidad virtual, realidad aumentada, IoT, analítica de datos, etc.

En cuanto a los drones, el equipo de innovación comenzó a experimentar con esta tecnología en 2016 mediante la adquisición de aparatos (diferentes versiones de Phantom hasta la 4ª) y su propio personal se encargaba de operarlos.

Después, siguieron utilizando drones (combinados con otras tecnologías) pero externalizaron el servicio a una empresa especializada. Así, cada proyecto tuvo la oportunidad de elegir el tipo de dron que mejor se adaptaba al trabajo, siguiendo los avances de la tecnología de forma más eficiente.

Han utilizado drones en la fase de supervisión, en grandes proyectos de superficie y en carreteras. También han utilizado esta tecnología en la fase de diseño (por ejemplo, con fotos utilizadas posteriormente para ejecutar el modelo BIM) y para cuestiones comerciales para los clientes.

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?



CASO DE ESTUDIO III

Cantera industrial Girardota

 **Sector** Industrial (minería)

 **País** Colombia

 **Año** 2016

 **Uso de dron** Interno

Sector PRIVADO

Aplicación de drones en el caso de la Cantera Industrial de Girardota

Históricamente, la determinación de los volúmenes se realizaba mediante topografía tradicional. Como prueba piloto, en 2016 se decidió utilizar drones para llevar a cabo esta actividad y comparar los resultados.

El objetivo principal en el uso de esta tecnología fue la fotogrametría aérea para la determinación de los volúmenes de materiales (para la construcción), medición de áreas y distancias.

Beneficios obtenidos del uso de drones

- Mayor precisión en la determinación de los volúmenes de material: se encontró una diferencia de alrededor del 4-5% entre la fotogrametría aérea y la medición tradicional, siendo la medición con drones más precisa.
- Menor necesidad de personal. Con el método tradicional, la Comisión Topográfica estaba formada por un equipo de 3 ó 4 personas, mientras que para la aplicación de drones se necesita una sola persona para volar el dron y luego procesar la información.
- Reducción de tiempo. La aplicación de drones requiere 20 minutos de vuelo y el procesamiento de la información 2 ó 3 días, mientras que con el método convencional se tarda una semana en el levantamiento y procesamiento.
- Otros beneficios que han encontrado en general en el uso de drones es poder llegar a zonas de difícil acceso, y hacerlo de una forma más segura para los trabajadores.

A pesar de estas ventajas, también se encontraron con algunas limitaciones en el uso de drones:

- Cuestiones normativas: principalmente en ciudad, hay que estudiar la normativa para evaluar si la zona a sobrevolar no está cerca de un aeropuerto o dentro de zonas prohibidas o que generen interferencias.
- Vertiginoso avance de la tecnología: el grado de avance que tiene la tecnología les llevó a externalizar el uso de esta tecnología ya que sus propios drones se estaban quedando obsoletos (a diferencia de una empresa especializada en drones que puede renovar constantemente su flota para disponer de la última tecnología disponible, realizando las inversiones necesarias según los requerimientos).

Fuente:
Entrevista con Alejandra María Carmona Duque, Directora de Innovación, Concreto

3.

¿Cuál es el nivel de adopción de las tecnologías de drones para la supervisión de obras de infraestructura en América Latina?

3.4

Principales barreras para el uso de UAS en el sector de la construcción en América Latina

La falta de voluntad de los clientes para pagar la implantación del sistema o los costes asociados se identificó como la principal barrera para la implantación de drones. Esto se convierte en una barrera importante cuando el proyecto no es de gran escala. En proyectos de mayor envergadura, el coste relativo del dron se diluye en el total y este inconveniente pierde relevancia.

Las dificultades en torno a la adopción de nuevas tecnologías se mencionaron en segundo lugar. La falta de conocimientos en el manejo de drones o el posterior tratamiento de la información son barreras importantes en la implantación de este tipo de tecnologías.

Otro obstáculo especialmente relevante en los países de la región es la falta o inadecuada regulación gubernamental, ya que las autoridades de algunos países son exigentes para permitir su uso sólo a través de la exigencia de permisos que a veces llevan tiempo.

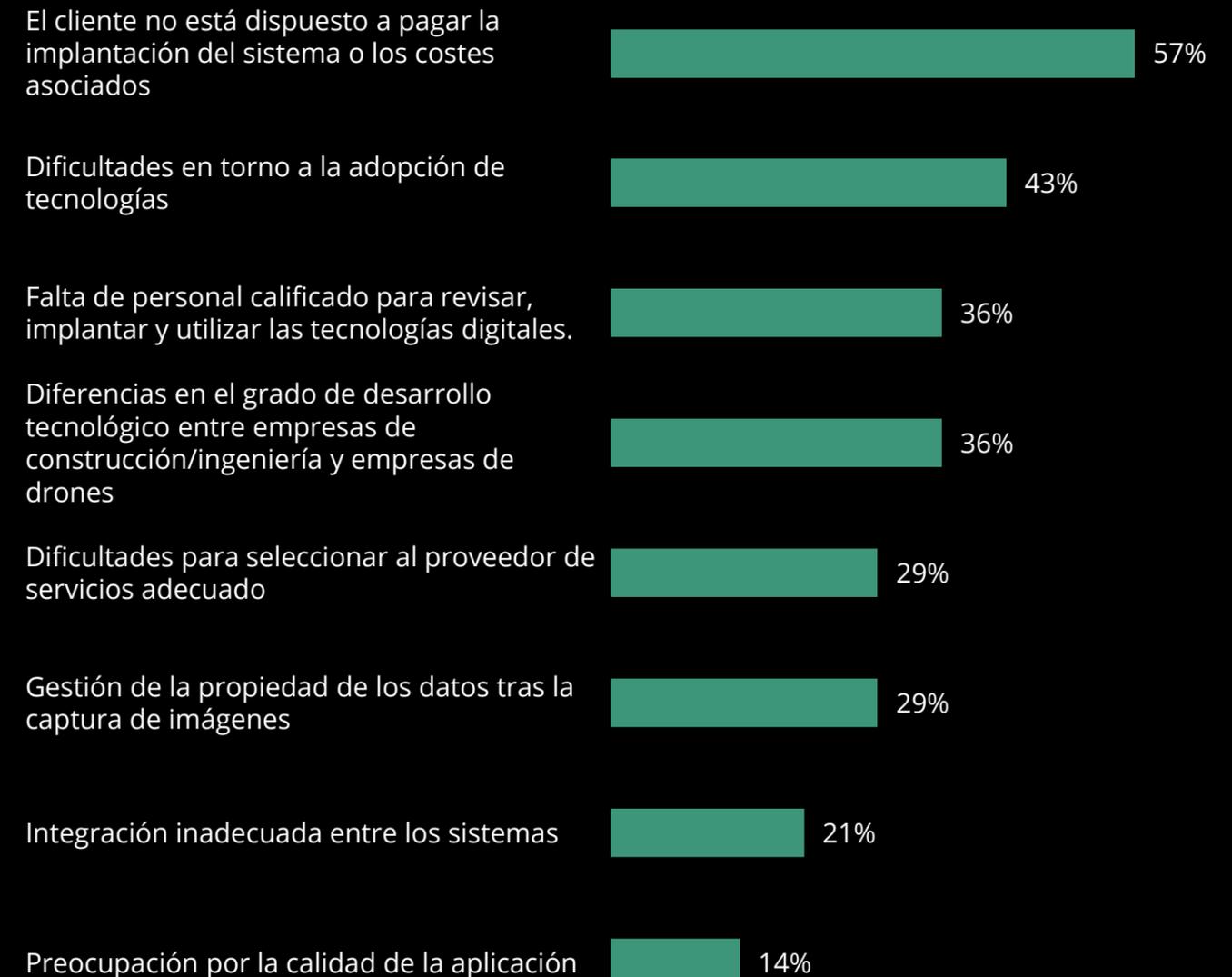
Los obstáculos en materia regulatoria se han visto principalmente en la ciudad, donde es necesario estudiar la normativa para ver si la zona a sobrevolar no está cerca de un aeropuerto o dentro de zonas prohibidas o que generen interferencias.

Otra barrera es la falta de incentivos, ya sea porque los beneficios no están claros, porque el resto de actores implicados en el proyecto no utilizan esta tecnología o porque el cliente no valora (ni está dispuesto a pagar) su aplicación.

“Los drones están en fase piloto, por lo que no hay conclusiones hasta la fecha”.

“La digitalización en la supervisión y el seguimiento de los proyectos de carreteras está muy retrasada, por miedo a romper los procedimientos tradicionales y tomar decisiones transparentes que comprometan a los sectores de poder y toma de decisión.”

Figura 26: Principales preocupaciones relacionadas con la aplicación UAVs para la supervisión de proyectos



Pregunta: Principales preocupaciones relacionadas con la aplicación de vehículos aéreos no tripulados para la supervisión de proyectos / topografía de alta definición

Fuente: Análisis de PwC

“Se necesita más concientización sobre su uso, precios adecuados de los equipos, lecturas de datos accesibles y/o software de reproducción amigable para su descarga e implementación.”

“La legislación para el uso de drones crece día a día y en algunos lugares es muy difícil utilizar esta tecnología, ya que los permisos de vuelo tardan en ser expedidos por los reguladores, por lo que se pierde competitividad.”

4.

¿Cómo se puede facilitar la adopción del uso de drones y tecnologías digitales?

4.1

Elementos y componentes clave de la transformación digital

La transformación digital que viene con la introducción de nuevas tecnologías está llegando a un ritmo cada vez mayor. Esta transformación cambia por completo los procesos, los flujos de trabajo y las formas de hacer negocios. La transformación digital en la industria de la construcción es especialmente importante ya que las empresas luchan por alcanzar niveles más altos de eficiencia y rentabilidad.

Tomando el ejemplo de otras industrias, el proceso de transformación debe considerarse una obligación y la pregunta debe ser cuándo se hará, y no si se hará. La implementación en una etapa más temprana permitirá a las empresas ser más competitivas en un mercado que está experimentando un número creciente de startups tecnológicas.

Simultáneamente, la industria de la construcción es considerada uno de los entornos más desafiantes para introducir la transformación digital. Por un lado, esto está relacionado con la situación demográfica y estructural del sector, que muchas veces se resiste al cambio, y por otro lado, con la complejidad de los proyectos de construcción a gran escala, que dificulta la introducción de nuevas soluciones que no generarán un retorno de la inversión de forma evidente o que es de compleja cuantificación por falta de experiencia, procesos o metodologías adecuadas.



En efecto, la adopción de tecnologías digitales es un proceso a largo plazo y los ahorros de costos y tiempo frecuentemente no son directamente visibles en el presupuesto, ya que los beneficios son generalmente a largo plazo y están relacionados con la seguridad y la prevención de riesgos, los cuales son difíciles de cuantificar. Sin embargo, en comparación con otras tecnologías utilizadas en la construcción, los drones son relativamente fáciles de implementar en un programa piloto. Los servicios de drones profesionales están ampliamente disponibles en los países de América Latina y el Caribe, y las barreras de entrada para comprar hardware y software de drones también son relativamente bajas.

El desafío más complejo comienza cuando las organizaciones quieren escalar el uso de drones y otras tecnologías más allá de una prueba de concepto aislada o un proyecto piloto. Las empresas que pretenden hacer eso muchas veces fracasan al no logran evitar un error fundamental: tienden a centrarse en mover los flujos de trabajo y los métodos actuales al ámbito digital, lo que puede limitar significativamente los beneficios de la integración de datos. En cambio, la transformación digital brinda la oportunidad de rediseñar por completo los procesos existentes para eliminar las ineficiencias y los cuellos de botella.

Figura 27: Ciclo de vida de la gestión de datos generados por los drones



Fuente: Análisis de PwC

4. ¿Cómo se puede facilitar la adopción del uso de drones y tecnologías digitales?

Sobrevolar un dron sobre una construcción es la parte más fácil del proceso. Para aprovechar al máximo los beneficios de la tecnología, las organizaciones deben ocuparse del ciclo de vida completo de los datos: deben procesarse en productos técnicos 2D y 3D, analizarse, visualizarse y almacenarse adecuadamente. La calidad de los datos debe definirse, estandarizarse y gestionarse. El acceso a dichos datos debe asegurarse con el uso de una plataforma basada en la nube que permita un acceso en línea rápido y efectivo para todas las partes interesadas.

Las organizaciones que no han adoptado este enfoque a menudo terminan reuniendo los datos en discos duros locales. Los conjuntos de datos son demasiado grandes y pesados para usarlos de manera efectiva (excepto por unos pocos que tienen acceso a estaciones de trabajo de alto rendimiento) y, por lo tanto, los encargados de tomar decisiones no los usan. Estos datos no son confiables debido a la falta de estándares consistentes, lo que significa que la superposición en archivos CAD no es práctica. Aún así, estas organizaciones pueden aún beneficiarse del uso de datos de drones. Los agrimensores pueden usarlos para análisis de desmonte y relleno y otras mediciones volumétricas y los responsables de la toma de decisiones pueden ver videos capturados en el sitio de construcción para conocer la situación. En tales casos, los beneficios a largo plazo relacionados con el uso de datos de drones no se utilizarán por completo.

Por otra parte, las organizaciones que introducen un enfoque integral para la gestión del ciclo de vida de los datos de los drones obtienen retornos de la inversión a largo plazo.

Estas organizaciones recopilan datos de forma cíclica sobre sus proyectos de construcción y utilizan software basado en la nube para procesar, almacenar y analizar los datos. Pueden superponer proyectos CAD y BIM sobre los datos en línea, para analizar el avance y los retrasos o problemas con el cumplimiento del diseño, lo que les permite detectar señales de alerta desde el principio y evitar responsabilidades futuras. El sitio de construcción también está bien documentado en caso de cualquier asunto potencialmente litigioso. Los tomadores de decisiones y todas las partes interesadas, pueden usar los datos en reuniones relevantes para tomar decisiones basadas en hechos. Los datos recopilados se pueden usar para analizar la raíz de los problemas para evitarlos en el futuro. Los datos también se pueden utilizar para entrenar modelos de IA. Las prácticas adecuadas de gestión de datos pueden ayudar a las empresas de construcción a salir de los silos y facilitar la cooperación entre varias disciplinas comerciales.

Figura 28: Dimensiones de la transformación digital de drones

Requerimientos de capital humano	Requerimientos regulatorios	Requerimientos de los usuarios
Impacto en los empleados	Requerimientos de hardware	Estandarización
Impactos sociales	Requerimientos de software	Infraestructura TI
Aceptación pública	Requerimientos de datos	Modelo operacional
Impacto medioambiental	Gobernanza de datos	Costos y beneficios
Impactos de seguridad	Ciberseguridad	Cumplimiento de la agenda digital

Fuente: Análisis de PwC

Las organizaciones que consideren la implementación de tecnologías de drones a gran escala deben considerar múltiples factores: definir las habilidades requeridas; analizar los impactos sociales y ambientales; cumplir con los requisitos tecnológicos, el gobierno de datos y la estandarización del modelo operativo, entre otros.

La complejidad del desafío a veces puede detener el progreso de la transformación digital de una empresa, sin embargo, ejemplos a nivel mundial muestran que las organizaciones que ya han llevado a cabo con éxito este proceso de gestión del cambio ahora están experimentando beneficios significativos.



4. ¿Cómo se puede facilitar la adopción del uso de drones y tecnologías digitales?

4.2 El proceso de adopción

La mayoría de las organizaciones y empresas constructoras que han introducido con éxito tecnologías de drones a gran escala siguieron un camino común de validación e implementación gradual de la solución. El proceso generalmente comienza con una prueba (o pruebas) de concepto (PoC) para demostrar una tecnología en particular y proporcionar un estudio de factibilidad para evaluar su utilidad. Por lo general, se realiza en un entorno aislado en un proyecto de construcción seleccionado y se enfoca en validar un número limitado de casos de uso, por ejemplo, medidas volumétricas o de corte y relleno. También es una buena oportunidad para que el equipo se familiarice con la tecnología, conozca los requisitos reglamentarios, pruebe las posibilidades de integración de los datos de salida con las soluciones de software utilizadas en un sitio de construcción y experimente presentando los resultados a las partes interesadas. Las pruebas de concepto se llevan a cabo con un esfuerzo y un presupuesto mínimos. Las organizaciones pueden probar múltiples casos de uso dentro de una sola PoC o realizar múltiples PoC para cada caso de uso relevante antes de evaluar la viabilidad de la tecnología para sus operaciones.

El resultado de una PoC debe incluir la preparación del caso de negocios inicial que debe dar respuestas a preguntas clave relacionadas con la elección de la tecnología y el modelo operativo (por ejemplo, operaciones internas de drones o un subcontratista externo). Una vez que se validan la tecnología y los casos de uso seleccionados y se acepta el caso comercial, el siguiente paso suele ser un proyecto piloto. Esto tiene como objetivo preparar a la organización para la implementación de una solución a escala de producción completa. Si bien una prueba de concepto generalmente implica solo algunos vuelos de drones, los proyectos piloto pueden llevar varias semanas o meses e involucrar docenas de operaciones de drones. Los pilotos requieren de la participación de un gran número de partes interesadas, así como una inversión inicial en un subconjunto de soluciones de producción, incluidas la concesión de licencias y el software de configuración destinado al uso en un entorno de producción final en el sitio de construcción.

Las razones para llevar a cabo un proyecto piloto son obtener una mejor comprensión de cómo se utilizará la tecnología en el campo y perfeccionar el modelo. Durante un proyecto piloto, el equipo involucrado realiza validaciones exhaustivas de las formas en que los datos pueden integrarse en diferentes procesos y los rediseña cuando es necesario. El proyecto piloto debe identificar las principales barreras y desafíos que deben resolverse antes de implementarse a gran escala.

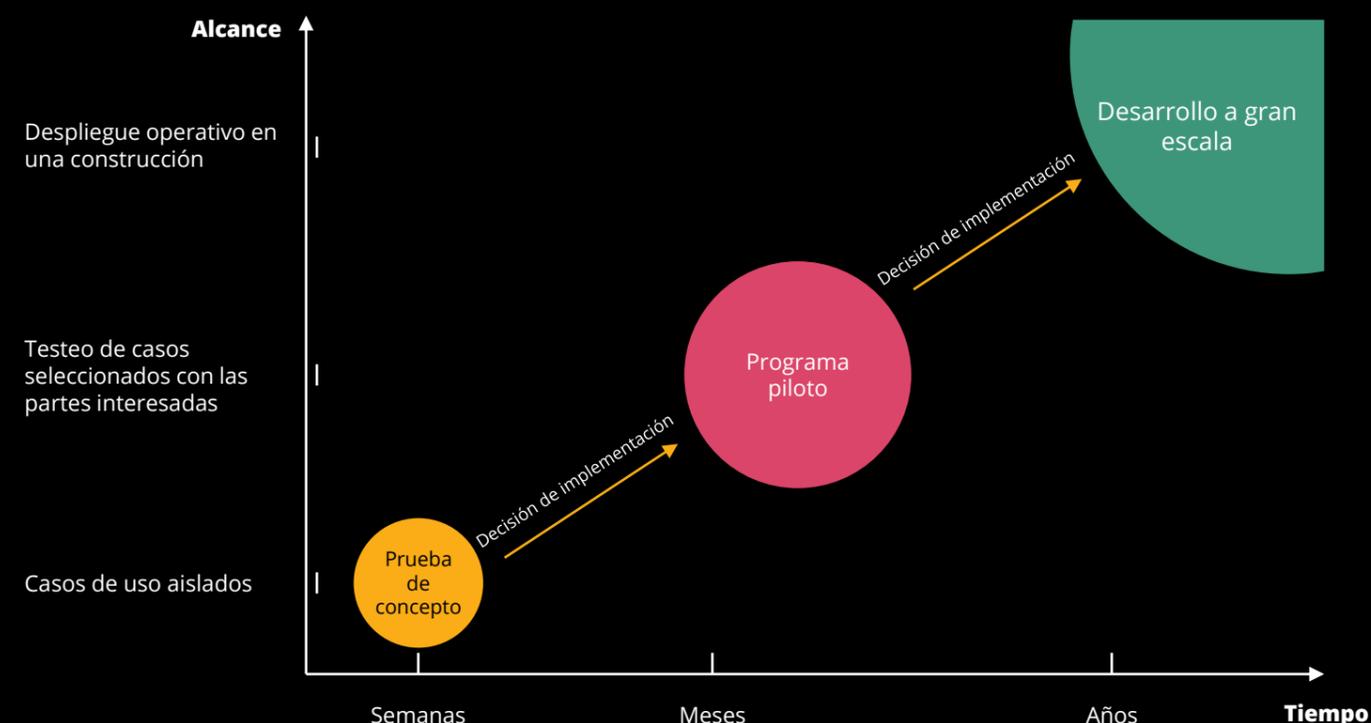
Por ejemplo, la integración con CAD y BIM, acceso a Internet en el sitio de construcción para obtener los datos en línea y requisitos de capacitación. El resultado debería ser una decisión de continuar o no con la implementación de la solución, así como una definición clara del escenario y hoja de ruta de la implementación.

Dependiendo de la estructura de la organización, los proyectos piloto se pueden implementar a nivel regional o incluso en sitios de construcción individuales.

La implementación es un proceso gradual que puede llevar varios años. Las organizaciones en el sector de construcción que lideran el campo en términos de adopción digital están introduciendo la tecnología mediante la creación de sus propios programas de drones.

Su objetivo es crear centros de competencia internos, responsables de promover la tecnología y apoyar sitios de construcción particulares en el pilotaje y el despliegue de operaciones con drones. Si bien el uso y la aceptación de la tecnología están creciendo gradualmente y ciertos sitios de construcción están comenzando a darse cuenta de los beneficios del uso de la tecnología, se debe considerar una mayor integración de los datos de drones con otras fuentes y sistemas de datos para obtener el completo potencial de la tecnología de drones y la fusión de datos. Muy a menudo, la introducción de drones está vinculada a la introducción de otras tecnologías digitales.

Figura 29: Modelo recomendado para la implementación de soluciones de drones



Fuente: PwC

Próximos pasos

La importancia de medir los beneficios y apoyar a las organizaciones en el proceso de implementación

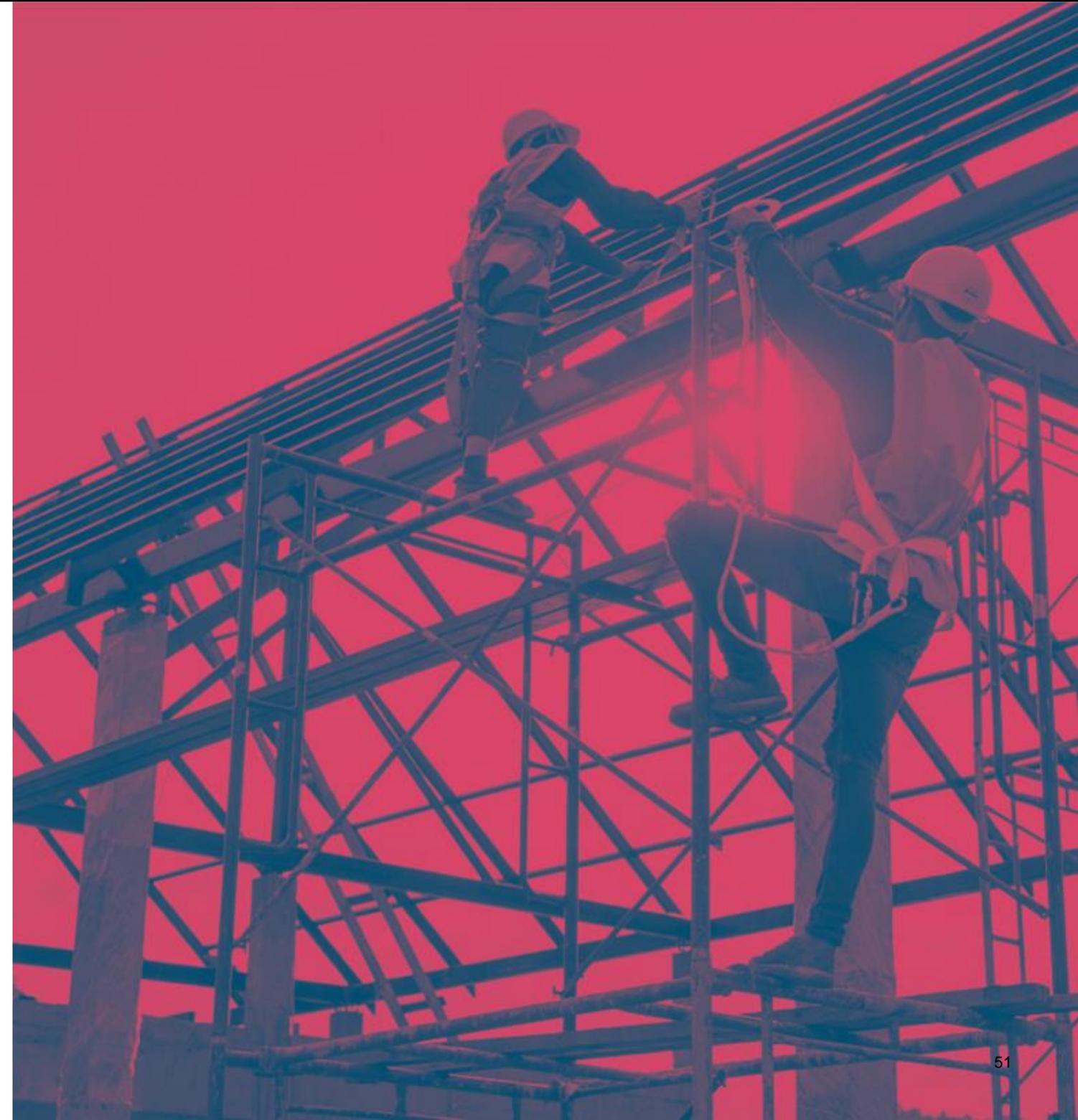
La transformación digital derivada de la introducción de nuevas tecnologías está avanzando a un ritmo cada vez mayor. Esta transformación cambia por completo los procesos, los flujos de trabajo y las formas de hacer negocios. La transformación digital en la industria de la construcción es especialmente importante ya que las organizaciones luchan por alcanzar niveles más altos de eficiencia y rentabilidad. Aprendiendo de lo que ha sucedido en otras industrias, el proceso de transformación debe considerarse un requisito fundamental para todas las partes interesadas.

Para avanzar en esta dirección, es necesario desarrollar una **metodología para la medición de beneficios**, que permita cuantificar los impactos directos (personal, tiempo) e indirectos (detección temprana de errores, ahorro de materiales, disminución de la cantidad de litigios, siniestros y accidentes, etc.). La adopción de tecnologías digitales es un proceso a largo plazo, y los ahorros de tiempo y costos relacionados a menudo no son directamente visibles en el presupuesto de la construcción.

En algunos casos, los beneficios son a largo plazo y se relacionan con la seguridad y la prevención de riesgos, los cuales son difíciles de cuantificar. Este debe ser un punto a considerar.

Este esfuerzo podría complementarse con una **guía detallada (gobernanza, procedimientos, etc.) sobre las mejores prácticas para facilitar la implementación de las tecnologías de drones en proyectos de construcción**, y esta guía deberá considerar el hecho de que los beneficios del uso de los drones crecen significativamente cuando es utilizado en conjunto con otras herramientas tecnológicas complementarias. No hay duda de que, en el futuro, los datos de drones se utilizarán para realizar un seguimiento automatizado del progreso de las obras y el cumplimiento del diseño basado en la integración con modelos CAD, BIM e IA.

La transformación digital brinda la oportunidad de rediseñar los procesos para eliminar las ineficiencias y los cuellos de botella que se generan hoy. **El apoyo en la implementación debe estar dirigido a todos los actores involucrados en los proyectos de infraestructura.** Sólo de esta manera se fomentará y será realmente útil la adopción de UAV, ya que los datos recabados por los drones serán comprensibles para todas las partes y la comunicación será más fluida y directa.



Metodología aplicada para la encuesta realizada por PwC

Durante mayo de 2022 se desarrolló una encuesta en línea con más de 100 organizaciones públicas y privadas incluidos los principales actores en la industria de la construcción e infraestructura de LATAM.

De las respuestas obtenidas, según el área donde se desarrolla la mayor parte del negocio de cada participante, el 65% correspondió a organizaciones y empresas constructoras/ingenierías, el 20% a inversores y el 15% restante a certificadoras y controladores de proyectos.

En cuanto al tipo de organización, el 78% pertenecía al sector privado, el 7% al sector público y el 15% a organizaciones no gubernamentales (incluidas las instituciones multilaterales).

Entre los consultados tuvimos respuestas de empresas, organizaciones e instituciones que operan en varios países de la región (Argentina, Brasil, Bolivia, Colombia, Chile, Haití, Honduras, México, Panamá, Perú, República Dominicana, Uruguay) y a nivel mundial.



Anexo

Cuestionario para constructoras, ingenierías, certificadores de obras, entre otros

Pregunta 1. Área donde realiza la mayor parte de su negocio

Pregunta 2. Tipo de organización

Pregunta 3. **Atrasos típicos** en el cronograma del proyecto, en condiciones normales, dada la experiencia reciente de su organización

Pregunta 4. **Sobrecostos típicos** en un proyecto, en condiciones normales, dada la experiencia reciente en proyectos de su organización

Pregunta 5. **Desafíos clave** que están causando demoras y sobrecostos (desafíos relacionados con la ejecución en orden de relevancia)

Pregunta 6. **Principales soluciones digitales** que se están implementando actualmente en su organización para fines de supervisión de la construcción y nivel de madurez por solución (plan piloto y plan de implementar)

Pregunta 7. **Nivel de satisfacción** con las soluciones implementadas (para las opciones marcadas en la pregunta anterior)

Pregunta 8. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de **reducción de tiempo** en el proceso de supervisión durante la fase de construcción? (según su percepción)

Pregunta 9. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de reducción de tiempo en el proceso de supervisión durante otras fases? (según tu percepción)

Pregunta 10. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de **reducción de costos** en el proceso de supervisión durante la fase de construcción? (según su percepción)

Pregunta 11. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de **reducción de costos** en el proceso de supervisión en otras fases (diseño y operación)? (según su percepción)

Pregunta 12. ¿En qué campos la tecnología de drones contribuye a la reducción de costos y tiempos de supervisión de la construcción? (los 3 más relevantes)

Pregunta 13. ¿En qué rama de la industria de la construcción suele proporcionar supervisión? ¿y en cuál ve mayor utilidad para el uso de drones?

Pregunta 14. ¿Qué **otros beneficios** le impulsan a utilizar drones?

Pregunta 15. ¿Cómo está implementando la tecnología UAV en su organización?

Pregunta 16. **Principales preocupaciones** relacionadas con la implementación de equipos UAV para el seguimiento de proyectos/levantamiento de alta definición

Anexo

Cuestionario para empresas de drones / proveedores de servicios de drones

Pregunta 1. ¿Cuántas personas emplea su empresa?

Pregunta 2. ¿Qué hardware aplica para sus servicios?

Pregunta 3. ¿Cuántos UAV tiene a su disposición?

Pregunta 4. ¿Cuál es el rango de precios promedio de una unidad voladora?

Pregunta 5. ¿Cuántos servicios de drones proporciona a sus clientes anualmente?

Pregunta 6. ¿Cuánto tiempo lleva operando su empresa en el mercado?

Pregunta 7. ¿Cómo brindan el servicio de drones para la industria de la construcción?

Pregunta 8. ¿Qué servicios compran principalmente los clientes de la industria de la construcción?

Pregunta 9. ¿Qué productos hechos con drones se entregan principalmente a clientes de la industria de la construcción?

Pregunta 10. ¿Qué proporción de clientes de la industria de la construcción tienen requisitos de productos específicos? (en cuanto a capacidades técnicas)

Pregunta 11. ¿Cuál es la mayor barrera para el desarrollo de sus productos/servicios de drones?

Pregunta 12. En su opinión, ¿cuál es actualmente el mayor obstáculo para una implementación más amplia del servicio UAV en la construcción?

Pregunta 13. ¿Cuál es la proporción estimada de servicios proporcionados al sector de la construcción en comparación con otras industrias combinadas? (por ejemplo, agricultura, minería)

Pregunta 14. ¿En qué sector, en su opinión, el uso de drones es más prometedor?

Pregunta 15. ¿Cómo espera que evolucione la demanda de servicios de drones en los próximos años para la industria de la construcción?

Pregunta 16. ¿Está planeando hacer una inversión en su negocio el próximo año para aumentar el valor ante los ojos de los potenciales clientes?

Cuestionario para financiadores de proyectos

Pregunta 1. Tipo de organización

Pregunta 2. Retrasos típicos en el cronograma del proyecto, en condiciones normales, dada la experiencia reciente en proyectos que su organización financia

Pregunta 3. Sobrecostos típicos en un proyecto, en condiciones normales, dada la experiencia reciente en proyectos que su organización financia

Pregunta 4. Desafíos clave que están causando demoras y sobrecostos (relativos a la ejecución en orden de importancia)

Pregunta 5. Principales soluciones digitales que se están implementando actualmente en los proyectos financiados por su organización para fines de supervisión de la construcción y nivel de madurez por solución

Pregunta 6. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de reducción de tiempo en el proceso de supervisión durante la fase de construcción? (según tu percepción)

Pregunta 7. Si ha implementado drones, ¿cuál ha sido el resultado en términos de reducción de costos en el proceso de supervisión durante la fase de construcción? (según tu percepción)

Tabla comparativa de tipos de drones

	MULTIROTOR	VTOL	ALA FIJA
Precio	Ⓢ	Ⓢ Ⓢ Ⓢ	Ⓢ Ⓢ
Rango	★ ☆ ☆	★ ★ ☆	★ ★ ★
Nivel de madurez	—●	—●	—●
Nivel de adopción	—●	—●	—●
Productividad	⚙️ ⚙️	⚙️ ⚙️ ⚙️	⚙️ ⚙️ ⚙️
Capacidad de carga	📦 📦 📦	📦 📦	📦
Casos de uso	<ul style="list-style-type: none"> Áreas más pequeñas Estructuras 3D Inspección Vigilancia 	Topografía de grandes áreas en terrenos difíciles	Topografía de grandes superficies
Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> Enlace por radio (media de 10-20 km en buenas condiciones) Conectividad celular (limitada al alcance de una torre de telecomunicaciones) Comunicación por satélite (cobertura casi mundial, la solución más cara) 		
Suministro energético	<ul style="list-style-type: none"> Baterías (~ 30 min para multirrotor ~ 60 min para VTOL > 60 min para ala fija) Anclaje (unos días - unas semanas) Híbrido: <ul style="list-style-type: none"> Gasolina + batería (3-5 horas de vuelo) Hidrógeno + batería (-3 horas de vuelo) 		
Posicionamiento	NSS estándar (5-10 metros de precisión) Receptor GNSS de calidad topográfica, incluidos RTK, RTN, PPK o PPP (precisión de 1-5 cm)		
Sensores	<ul style="list-style-type: none"> RGB (24-48 Mpx, sensor de 1 pulgada: fotograma completo, la mayor resolución y tamaño del sensor tienen un impacto significativo en la calidad del resultado) LiDAR (precisión típica de unos 2-3 cm, rango de precisión entre 2-10 cm, puede fusionarse con el sensor RGB para generar nubes de puntos en color) Sensores térmicos (la resolución de 640 x 512 es el estándar actual de las soluciones de gama alta) Multiespectral (captura de datos en el espectro visible y, además, en el infrarrojo cercano (NIR), para recopilar datos sobre la salud de la vegetación) GPR (radar de penetración en el suelo, que permite obtener información sobre lo que hay bajo la superficie) Detectores de gas (Optical Gas Imaging, cámaras térmicas y otros detectores de partículas) 		
Sistemas de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Sensores para evitar obstáculos Transceptor ADS-B FLARM Paracaídas 		

Bibliografía

1. The global forces shaping the future of infrastructure, PwC, 2021
2. Construction's digital past and future: 'Where do we go from here? PwC, Oxford Economics, 2020
3. Construction Outlook, Recovery into conflict, JLL, 2022
4. Factors Influencing Construction Waste Generation in Building Construction, Ch. Luangcharoenrat, V. Peansupap, S. Intrachooto, W. Sutthinarakorn, 2019
5. Aumentando la eficiencia en la provisión de infraestructura pública. Evidencia de potenciales aumentos de eficiencia en el gasto en infraestructura pública en América Latina y el Caribe. BID, 2019.
6. National Construction Contracts and Law Report, NBS, 2018
7. Flying high - Drones to drive jobs in the construction sector, PwC y Engineering Council of India, 2018
8. Drone Energy Sources – Pushing the Boundaries of Electric Flight, DRONEII, 2017
9. Lecciones de 4 décadas de conflicto en torno a proyectos de infraestructura en América Latina y el Caribe. IDB, 2017
10. The Principle of the Malevolent Hiding Hand; or, the Planning Fallacy Writ Large, Flyvbjerg and Sunstein, 2016
11. Exploring Civil Drone Accidents and Incidents to Help Prevent Potential Air Disasters, G. Wild, J. Murray, G. Baxter, 2016
12. When It Comes to Container Port Efficiency, Are All Developing Regions Equal?, T. Serebrisky, L. Trujillo, A. Suárez-Alemán, J. M. Sarriera, 2015
13. Waste, A Handbook for Management, M. Osmani y otros, 2011

Bancos de datos:

1. OCDE
2. Banco Mundial
3. Organización Internacional del Trabajo, Naciones Unidas
4. Datos de la Oficina de Estadísticas Laborales de EE.UU.
5. Datos del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de Argentina
6. Instituto Mexicano del Seguro Social
7. Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo del Departamento de Trabajo de EE.UU.
8. Banco de Previsión Social de Uruguay

Glosario

BIM: Building Information Modeling - Modelado de información para la construcción

BVLOS: Beyond Visual Line of Sight - Más allá de la línea visual

CAD: Computer Aided Design - Diseño Asistido por Computadora

DSLR: Digital Single Lens Reflex - Réflex digital de lente única

LiDAR: Light Detection and Ranging - Detección y localización de la luz

GNSS: Global Navigation Satellite System - Sistema Global de Navegación por Satélite

GCP: Ground Control Points - Puntos de control terrestre

RTK: Real-Time Kinematic - Cinemática en tiempo real

PPK: Post-Processing Kinematic - Cinemática post procesamiento

UAV: Unmanned Aerial Vehicle - Vehículo aéreo no tripulado

UAS: Unmanned Aerial System - Sistema aéreo no tripulado

UTM: Unmanned Traffic Management - Gestión del tráfico no tripulado

VTOL: Vertical Take-Off and Landing - Despegue y aterrizaje vertical

CORS: Continuously Operating Reference Stations - Estaciones de referencia de funcionamiento continuo

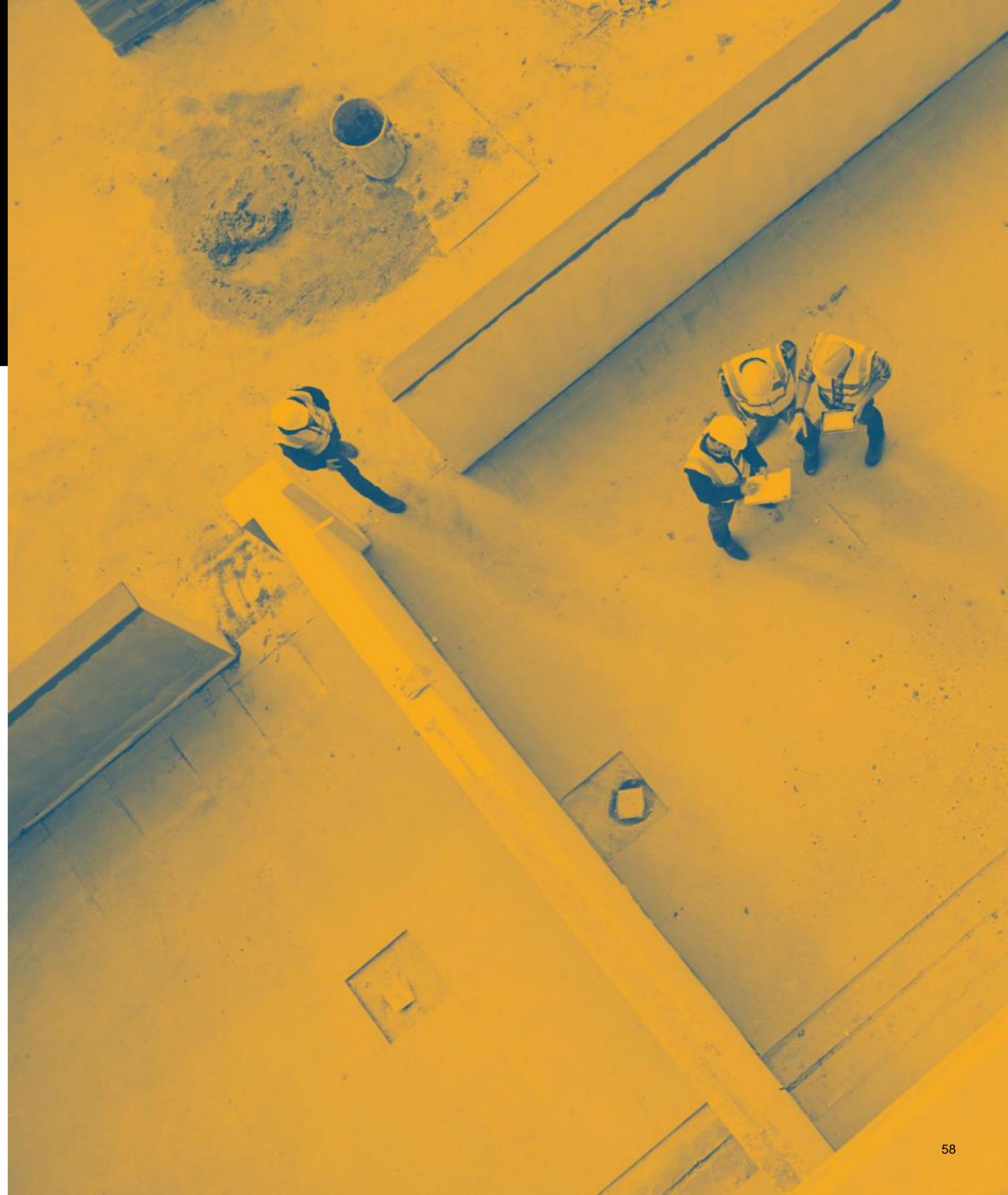
SIRGAS: Organización panamericana formada por Geodesia y Cartografía regionales, universidades y centros de investigación

BoQ: Bill of Quantities - Lista de cantidades

ERP: Enterprise resource planning - Planificación de recursos empresariales

IoT: Internet of Things - Internet de las Cosas

e-DMS: Electronic Document Management System - Sistema electrónico de gestión de documentos





En PwC, nuestro propósito es generar confianza en la sociedad y resolver problemas complejos. PwC es una red de firmas con sede en 152 países y con casi 328.000 personas comprometidas con la prestación de servicios de calidad en Auditoría, Consultoría de Negocios y Asesoramiento Tributario/Legal. En el año fiscal 2022, las firmas de PwC prestaron servicios al 84% de las empresas de la lista Global Fortune 500. En el ejercicio finalizado el 30 de junio de 2022, los ingresos brutos de PwC ascendieron a USD 50.300 millones de dólares. Obtenga más información visitándonos en www.pwc.com.

©2023 PwC. Todos los derechos reservados. "PwC" refiere a la red de firmas miembro de PricewaterhouseCoopers, cada una de las cuales es una entidad legal separada. Visite www.pwc.com/structure por más detalles.

Este contenido sólo tiene fines de información general y no debe utilizarse como sustituto de la consulta con asesores profesionales.



BID Lab es el laboratorio de innovación del Grupo BID, la principal fuente de financiamiento y conocimiento para el desarrollo enfocada en mejorar vidas en América Latina y el Caribe. El propósito de BID Lab es impulsar innovación para la inclusión en la región, movilizandoo financiamiento, conocimiento y conexiones para probar soluciones del sector privado en etapas tempranas con potencial de transformar la vida de poblaciones vulnerables afectadas por condiciones económicas, sociales y ambientales. Desde 1993, BID Lab ha aprobado más de US\$ 2 mil millones en proyectos desplegados en 26 países de América Latina y el Caribe.

