



Drones

una oportunidad para la industria

Por **Pablo Legarreta** y **Alejandro Pirola** (DroneXplora)

Los ilimitados alcances de esta sofisticada herramienta de bajos costos relativos, alta precisión, resultado inmediato y sin riesgos para la vida, desde la óptica de un geólogo dedicado a la exploración.

Últimamente la presencia de los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), o *Unmanned Aerial Vehicle* (UAVs según las siglas en inglés), comúnmente llamados *drones*, están cobrando extrema importancia y utilidad en múltiples ambientes de la vida cotidiana como también en diferentes sectores de la industria, desde el envío de paquetes hasta servicios de búsqueda y rescate de personas, como relevamientos de alta precisión para agricultura e industria de hidrocarburos y minería, cartografía y topografía, video y fotografía de eventos, entre otros. Las aplicaciones y las posibilidades que permiten el uso de *drones* parecen realmente infinitas y solo es cuestión de tiempo para que estén presentes como una herramienta más de trabajo al alcance de todos.

El VANT es un vehículo aéreo capaz de realizar un vuelo de manera autónoma, si bien puede ser operado remotamente de forma manual como un avión a radio control, la principal característica que lo diferencia de estos es que



Figura 1. Estación de tierra portátil que utilizamos en el campo. Se recibe video y telemetría en vivo para supervisar la misión y realizar correcciones si es necesario. Equipo utilizado por DroneXplora.

dispone de una unidad de piloto automático. Esta unidad tiene como objetivo controlar el vehículo, estabilizarlo y realizar maniobras de forma automática para completar una función o ruta de vuelo preestablecida. Para poder desarrollar estas tareas la unidad de control de vuelo se nutre de sensores, como giróscopos, acelerómetros, magnetómetro, barómetro digital, sensor de velocidad de aire y GPS.

El vuelo autónomo asistido con posicionamiento GPS le permite al piloto y al operador de cámara concentrarse completamente en el trabajo y realizar imágenes aéreas precisas desde todas las perspectivas alcanzables, y luego regresar en forma automática al punto de partida.

Plataforma VANT

Al madurar un servicio alrededor de esta tecnología es claro que el *drone* es solo una pieza más en un conjunto de componentes al que denominamos plataforma de vuelo autónomo. La plataforma consta de una estación terrena (figura 1) que proporciona mediante telemetría acceso a todas las variables de vuelo del *drone* en tiempo real (altura, velocidad, posición, dirección, etcétera), configuración y control de misión en tiempo real.

Para realizar esto último, se requieren sistemas de telecomunicaciones adecuados cuyas frecuencias de radio por utilizar son elegidas sobre la base del entorno de trabajo, el alcance y el objetivo del trabajo, asegurando así una misión libre de interferencias que permita un enlace sólido y continuo con la unidad en vuelo.

Clasificación

Estos equipos se pueden clasificar en dos grandes grupos de acuerdo con su configuración: los de ala rotativa y los de ala fija.

Dentro del grupo de ala rotativa encontramos los helicópteros y los populares multirrotores (*tricopter*, *quadcopter*, *hexacopter* y *octacopter*, entre otros). En cuanto al grupo de los de ala fija, podemos encontrar a los clásicos aviones en sus diversas configuraciones (planeador, ala voladora, etcétera). Ambas categorías tienen sus ventajas y desven-

tajas según el trabajo que realizan; es por eso que nuestra flota de *drones* está compuesta tanto de multirrotores como de aviones.

Multirrotores

En la figura 2 se observan los multirrotores, que tienen como ventaja la capacidad de despegue y aterrizaje vertical, vuelo estático y de precisión. Estas características los hacen muy útiles para realizar tareas de filmación, fotografía, inspección de estructuras y transporte. La capacidad del vuelo estacionario y múltiples controles le permiten al operador concentrarse en las tareas de toma de imágenes minimizando errores y realizar ajustes sin riesgos.



Figura 2. Multirrotor utilizado por DroneXplora para la toma de imágenes y ortomosaicos de muy alta resolución y precisión.

Dada las ventajas que proporciona esta plataforma, hemos armado y calibrado tres hexacópteros y dos cuadrópteros equipados con soporte de cámara estabilizado giroscópicamente en tres ejes y una apropiada aislación de vibraciones (figura 3) que permite obtener imágenes claras en alta resolución (>12 megapíxeles) desde diversas pers-



Figura 3. Gimbal estabilizado en tres ejes para cámara réflex por DroneXplora.

pectivas entre 10 y 200 m de altura (relativa al punto de despegue). Este soporte permite, a su vez, dirigir la cámara hacia el objeto mediante el mando remoto, incluso se puede ceder la operación de la cámara a un segundo piloto. Proporciona imágenes únicas desde perspectivas muy precisas para luego utilizarlas en la confección de ortofotomosaicos georeferenciados y modelos topográficos de muy alta resolución (0,5 a 10 cm/píxel).

Por motivos de mayor control y seguridad, dotamos al *drone* de un vínculo de video inalámbrico en tiempo real y así obtener visión en primera persona de lo que capta la cámara principal, lo cual le permite al operador maniobrar manteniendo en cuadro el objetivo.

No todas las cualidades de los multirrotores son ventajas, es preciso destacar que como contraprestación, los multirrotores poseen menos autonomía, en general un promedio de 15 a 25 minutos de vuelo según la modalidad de vuelo (estacionario o de continuo desplazamiento), diseño y carga. Si bien pueden desarrollar velocidades laterales de hasta 60 km/h, su alto coeficiente de arrastre hace que operar el equipo en estos límites genere un elevado consumo eléctrico reduciendo su autonomía por debajo de los 10 minutos. Esta limitación de autonomía resulta en áreas de sobrevuelo limitadas en un radio de tres km aproximadamente. Tampoco son recomendables para zonas donde el viento supera los 25 km/h y, ante cualquier eventualidad en vuelo, el equipo no posee capacidad de planeo, por lo cual podría resultar peligroso en tierra.

Ala fija

Los *drones*, en configuración de ala fija, permiten elevar la autonomía de vuelo a un promedio de una a dos horas con velocidades crucero de entre 30 y 55 km/h (dependiendo del modelo). Esto extiende el rango de operación hasta un radio de 15 km aproximadamente, superior a los de los multirrotores. Estas características hacen que los aviones autónomos sean adecuados para relevamientos aéreos de grandes extensiones de terreno manteniendo alturas de vuelo seguras entre los 100 y 600 m sobre el nivel del terreno. A su vez, permiten transportar múltiples sensores acomodados a



Figura 4. Motoplaneador en etapa de pruebas de DroneXplora.

lo largo de toda su estructura afectando mínimamente la autonomía de vuelo. La posibilidad de planeo permite también un vuelo seguro ante cualquier eventualidad.

Existe una extensa variedad de plataformas de ala fija con diferentes características y cualidades. No obstante, después de numerosas pruebas, se ha optado por dos plataformas probadas y seguras: los motoplaneadores (figura 4) y las alas voladoras (figura 5). La primera de ellas permite una alta autonomía, debido a su bajo coeficiente de arrastre además de ser muy estable para la toma de imágenes; la segunda, las alas voladoras, las utilizamos para zonas donde el viento es moderado que, debido al perfil del ala, el fuselaje muy resistente y la baja resistencia al viento, permiten vuelos seguros incluso en estas áreas.

A continuación presentamos un esquema del *drone* que utilizamos con la configuración de ala voladora.

Con motivo de mantener los equipos lo más seguro y simple posible, es importante mencionar que nuestros equipos son de propulsión eléctrica. La ventaja frente a los motores a combustión, radica en el escaso o nulo mantenimiento que requieren los motores eléctricos, el reducido tamaño, menor costo, peso y complejidad, todo lo cual hace que los *drones* sean más prácticos de transportar, seguros y de fácil despliegue en terrenos complicados, incluso sin pista de aterrizaje.

Si bien un motor a combustión proporciona mayor autonomía, requiere que las dimensiones y el peso, en el caso de un avión, pasen de un promedio de 2 m de envergadura y 3 kg a más de 3 m y 6 kg de peso. A esta escala, el equipo se vuelve más complejo de transportar y dependiente de una pista de aterrizaje. Los costos operativos de equipos de esta envergadura solo se podrían justificar con trabajos de más de 200 km².

Estas plataformas permiten obtener las fotografías aéreas tradicionales y, a partir de complejos algoritmos de posprocesado, se obtienen diferentes e importantes productos que enumeramos a continuación.

Fotografía vertical: se trata de una modalidad de captura ortogonal asistida por piloto automático con posiciones de cámara pre-establecidas. Este tipo de fotografía aérea, perpendicular al terreno, se utiliza para la elaboración de planos para proyectos de construcción y arquitectura, ingeniería civil, inspección catastral, guías turísticas, vías de accesos, caminos, etcétera.

Las imágenes capturadas en conjunto con técnicas de fotogrametría permiten reconstruir el mosaico ortorectificado del área de interés, como también la generación de un modelo topográfico de alta precisión y resolución.

Fotografía oblicua: se pueden programar grillas de posicionamiento y orientación de cámara muy precisos vía GPS. Estos puntos pueden repetirse en un futuro infinitas veces para realizar, por ejemplo, seguimiento de obras a lo largo del tiempo, estudio de evoluciones en el medio ambiente, secuencias tipo "Time-Lapse", supervisión de estructuras de muy difícil acceso o en ángulos muy limitados, etcétera.

Imagen panorámica: la posibilidad que ofrecen los sistemas autónomos permiten entre otras cosas fijar en posición, altura y orientación el *drone* y la cámara, y me-

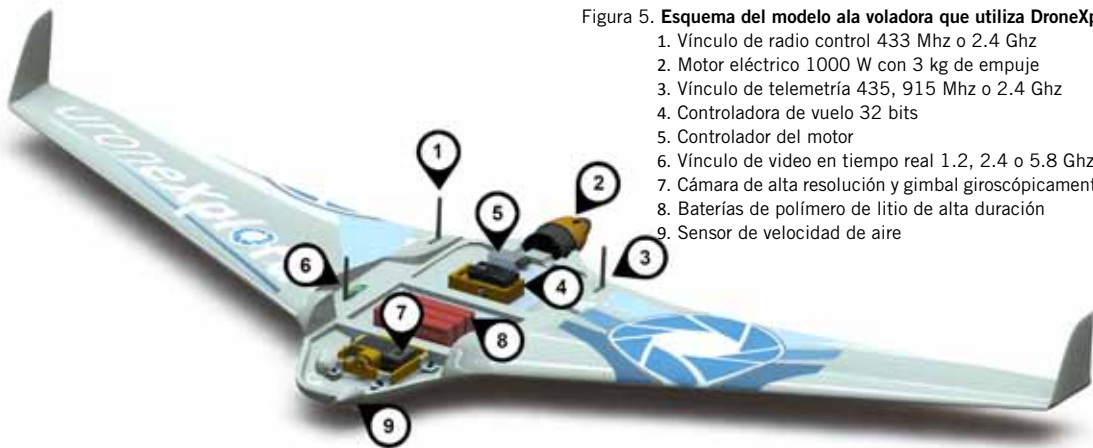
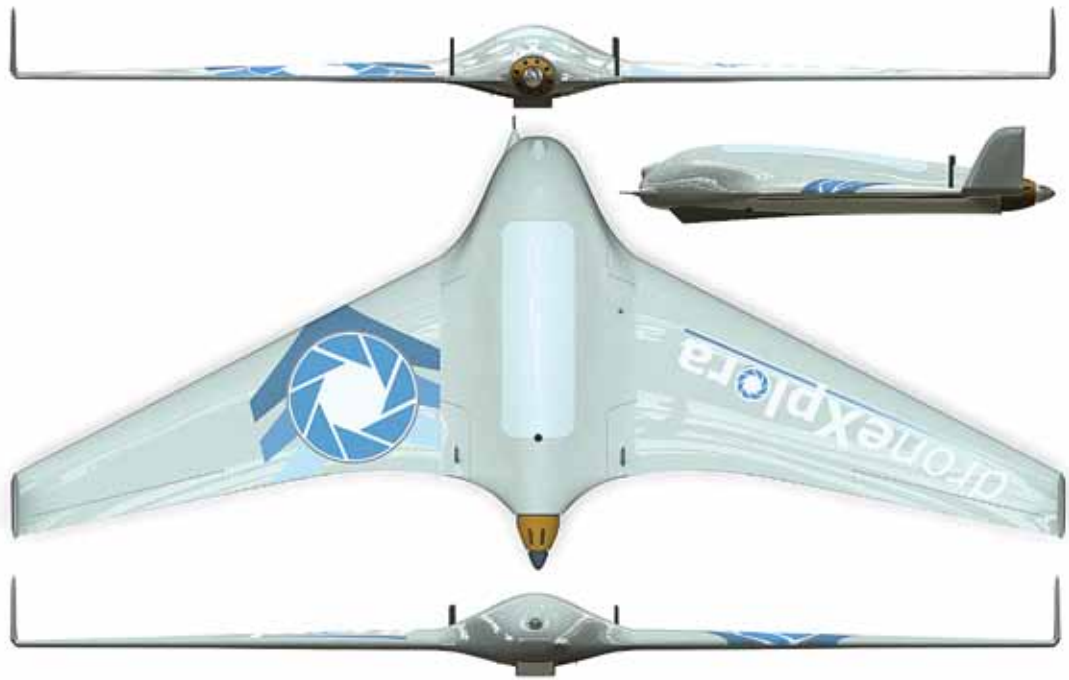


Figura 5. Esquema del modelo ala voladora que utiliza DroneXplora.

1. Vínculo de radio control 433 Mhz o 2.4 Ghz
2. Motor eléctrico 1000 W con 3 kg de empuje
3. Vínculo de telemetría 435, 915 Mhz o 2.4 Ghz
4. Controladora de vuelo 32 bits
5. Controlador del motor
6. Vínculo de video en tiempo real 1.2, 2.4 o 5.8 Ghz
7. Cámara de alta resolución y gimbal giroscópicamente estabilizado
8. Baterías de polímero de litio de alta duración
9. Sensor de velocidad de aire

diante un paneo con ráfaga de fotos es posible obtener un conjunto de imágenes con las que luego confeccionamos percepciones panorámicas (figura 6) hasta 360° para distintos usos (similar al *Streetview®* de *Google Earth®*).

Mosaicos ortorectificado georeferenciado

A partir de una cuidadosa toma de fotografías aéreas verticales siguiendo una compleja grilla de vuelo 3D prees-





Figura 6. Panorámica capturada a partir de una cámara ligera en el fuselaje de un ala voladora de DroneXplora.

tablecida en función del área, la resolución, el tipo de sensor y la topografía se puede generar, mediante fotogrametría, un ortofotomosaico de muy alta resolución y precisión. En la actualidad, a partir de los poderosos procesadores y complejos pero rápidos *software*, es posible generar este tipo de mosaicos, que permiten realizar mediciones en todas las direcciones sin distorsión alguna de la perspectiva al estar ortorectificado. Esto quiere decir que cualquier zona del mosaico que se observe, está ortogonal al plano del terreno y no se producen las distorsiones típicas en los extremos de las fotos aéreas tradicionales.

Este tipo de relevamiento compite en forma directa con las imágenes satelitales que podemos adquirir tradicionalmente. La ventaja de este método es que se pueden

lograr resoluciones altamente superiores (la resolución del mosaico depende de la altura de vuelo), las imágenes obtenidas son del momento y pueden realizarse en forma periódica para ver el avance de obras, analizar zonas afectadas por inundaciones, incendios o catástrofes, planeamiento de caminos o locaciones, entre otros. No hay que esperar fechas para la disponibilidad del satélite, tampoco es afectada por la cubierta de nubes, ya que se vuela por debajo de la misma, además posee mayor nitidez y colores vivos (figura 7) debido a la cercanía del sensor a la superficie por relevar (no hay efecto ultravioleta, que genere un tinte verdoso en la imagen) y principalmente su costo es bajo comparado con los métodos convencionales (avión tripulado o imágenes satelitales).





Figura 7. Comparación entre una imagen satelital de 2009 versus un ortomosaico generado por un relevamiento con *drones*, en este caso por DroneXplora. Izquierda: imagen satelital de 2009. Colores lavados y tinte verde (efecto UV) en toda la imagen. Resolución 50 cm/píxel. Derecha: ortofotomosaico. Marzo de 2014 a 250 m de altura. Colores vivos y reales, mayor nitidez. Resolución 8 cm/píxel.

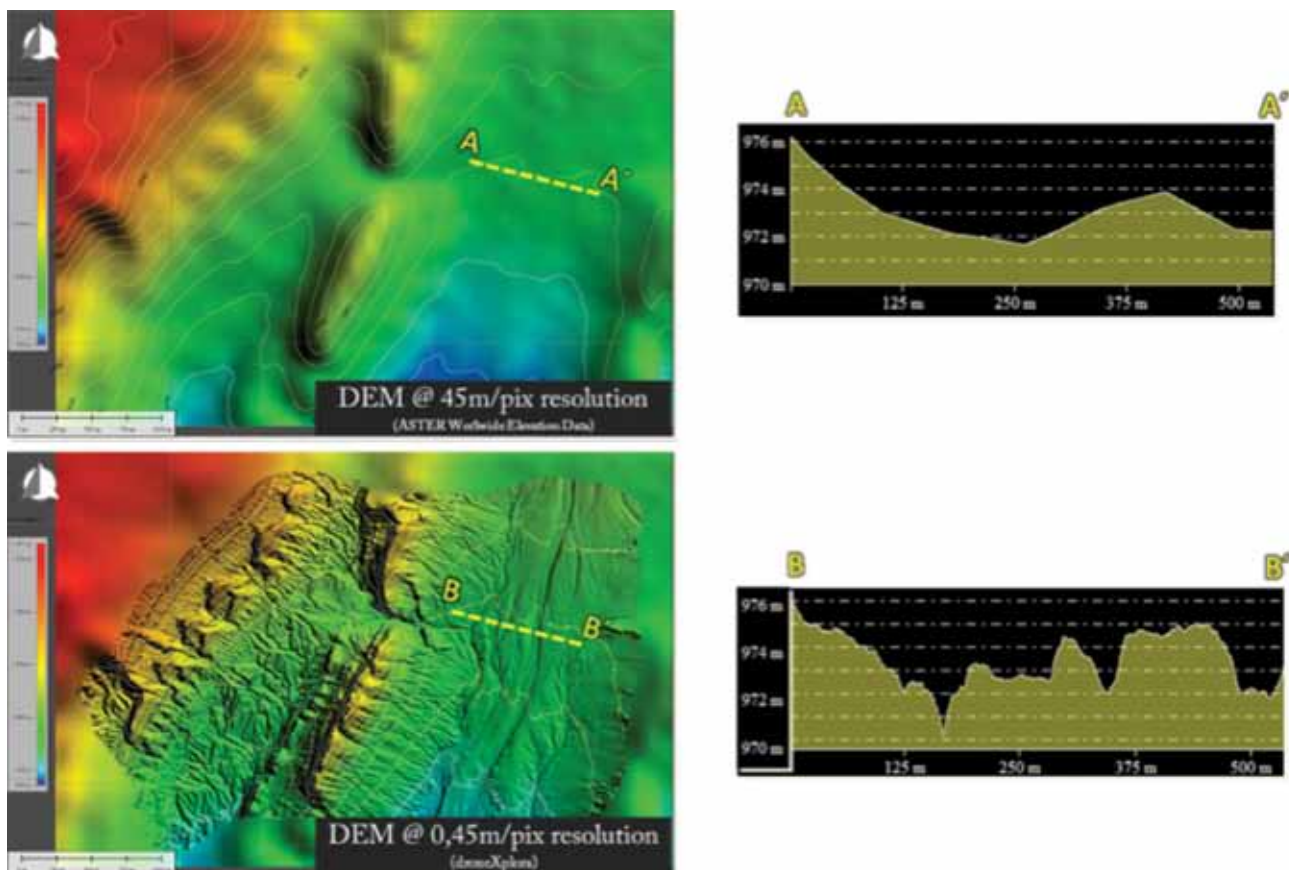


Figura 8. Comparación entre un modelo topográfico de acceso gratuito y uno realizado por *drones*, en este caso por DroneXplora.

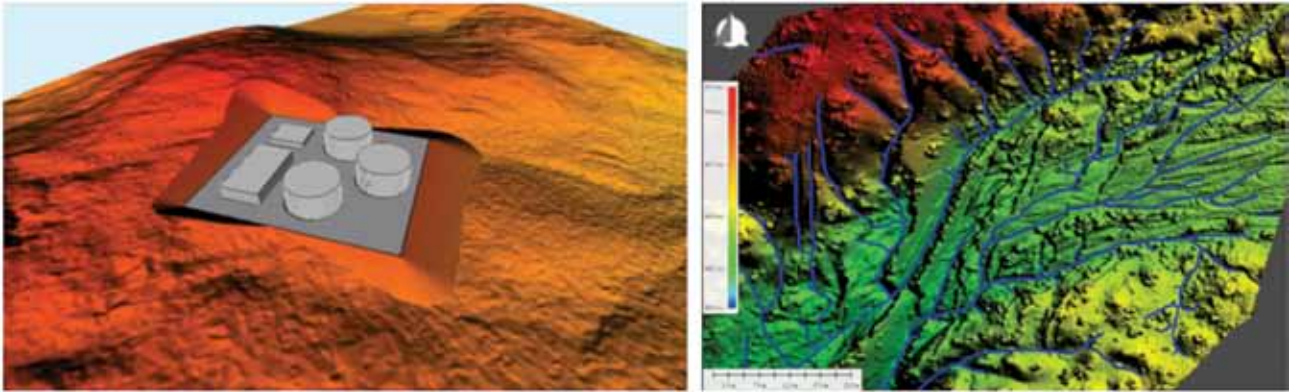


Figura 9. Izquierda: simulación de locación para estimar la mejor ubicación con el menor movimiento de material posible (imagen extraída del software Global Mapper™). Derecha: análisis de alta resolución sobre la red de drenaje en un valle de la provincia de Mendoza, realizada por DroneXplora.

Modelo topográfico o DEM

Mediante fotogrametría se genera un modelo 3D, el cual es necesario para generar la ortorectificación del mosaico. De este modelo, si se lo georeferencia con puntos de controles precisos, especialmente en el eje Z (cota del terreno), se obtiene un modelo topográfico de muy alta resolución y precisión (figura 8). Este modelo posee innumerables aplicaciones, especialmente en la industria de hidrocarburos, minería y agricultura. Estos aspectos son imprescindibles a la hora de realizar planificación de obras, instalaciones y baterías, cálculos volumétricos en canteras, canales de riego, análisis de red de drenaje, estudios de

geología, curvas de nivel de alta resolución, etcétera.

La posibilidad de contar con un modelo topográfico de gran densidad de datos (1000 a 8000 puntos por metro cuadrado) permite hacer una serie de tareas pocas veces realizadas de forma cotidiana, como obtener una nube de puntos densa muy útil para los ingenieros a la hora de trabajar con puntos acotados en los conocidos software tipo AutoCAD o CIVIL3D. La superficie también permite la ubicación de material en canteras, locaciones, cálculos de material por remover o aportar para construir locaciones o baterías, así como cálculos precisos de pendientes, redes de drenajes y sus posibles zonas de erosión y depositación de material, etcétera (figura 9).



Figura 10. Modelo 3D de la zona central de un pueblo rural del interior de la provincia de Buenos Aires. Resolución de 3cm/pix, tiempo de relevamiento 22 minutos y procesado en 6 horas. Imagen de DroneXplora.

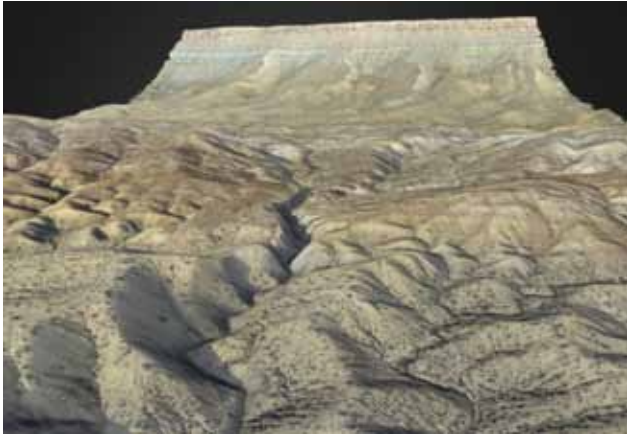


Figura 11. Modelo 3D de la ladera norte de un afloramiento geológico del Jurásico de la provincia de Neuquén. Resolución de 11 cm/pix, tiempo de relevamiento 48 minutos y procesado en 11 horas. Un escenario ideal para análisis de red de drenaje, detección de zonas de erosión y depositación, como también de posibles zonas de deslizamiento de ladera. Imagen de DroneXplora.



Figura 12. Modelo 3D de la costa occidental de una represa hidroeléctrica de la provincia de Chubut. Resolución de 8 mm/pix, tiempo de relevamiento 19 minutos y procesado en 7 horas. Objetivo: detección de movimiento de rocas por embate de olas. Detección de zonas de erosión y deslizamiento a partir de sucesivos modelos topográficos relevados a lo largo del tiempo. Imagen de DroneXplora.

Modelo 3D georeferenciado

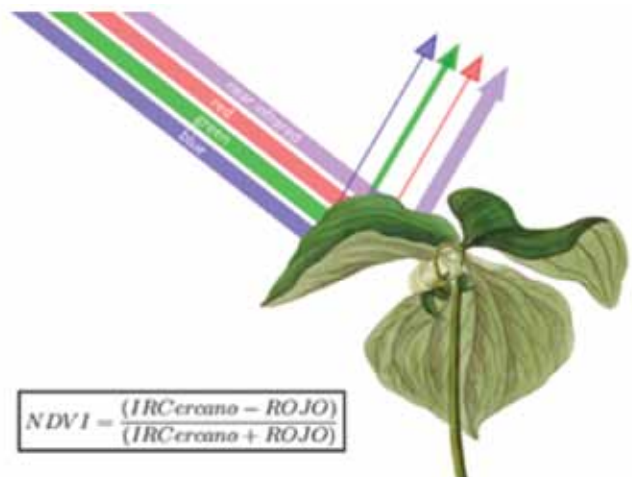
A partir de la fusión entre el ortomosaico y el modelo topográfico es posible la generación de un modelo 3D de alta resolución tanto en las texturas como en la topografía que permite un “paseo” virtual por la zona de estudio, en la que es posible realizar mediciones en los tres ejes sin distorsión y con gran precisión (figura 10). Esto permite innumerables aplicaciones como medición de volúmenes de material, identificación de posibles zonas de deslizamientos de barrancas, planificación de caminos, monitoreo ambiental, etcétera (figuras 11 y 12).

Fotomosaicos NIR/NDVI para análisis de vegetación

Este tipo de relevamiento se basa en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (de allí las siglas NDVI) y es una forma rápida y precisa de medir el estrés de las plantas, ya sean cultivos o vegetación silvestre. Este índice radica en que la vegetación verde y viva absorbe casi todo el espectro visible para realizar la fotosíntesis y refleja un 60% del infrarrojo cercano (0,7 – 1.3 μ). A medida que la planta comienza a deteriorarse, absorbe el espectro infrarrojo cercano hasta su muerte en el cual la absorción es casi absoluta.

El NDVI es un índice relacionado con la cantidad de espectro infrarrojo cercano reflejado *versus* el espectro total por las plantas vivas (índice adimensional), por esta causa se encuentra estrechamente relacionado a la salud de la vegetación. Es muy utilizado en la industria agrícola para estudiar y evaluar la calidad y el desarrollo de los cultivos o la vegetación nativa.

Los valores NDVI son adimensionales y varían entre -1 a +1. Los valores negativos están relacionados a cuerpos de



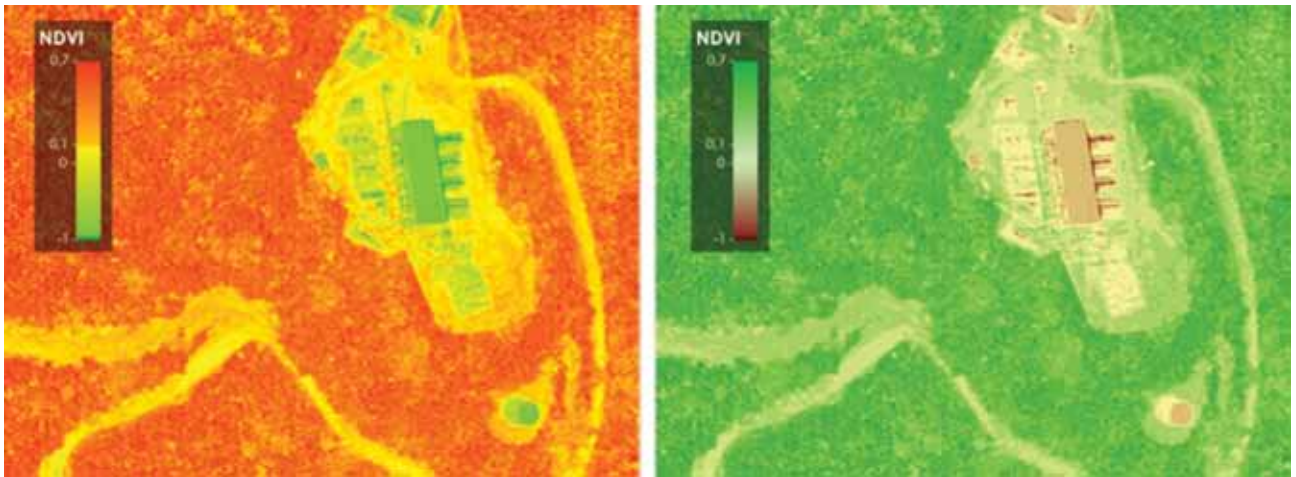


Figura 13. Zona selvática con instalaciones de compresión de gas. Se pueden diferenciar rápidamente las instalaciones y los caminos de la vegetación, y esta última en su calidad de salud. Imágenes de DroneXplora.

agua, nieve o nubes. Los valores cercanos a cero corresponden al suelo descubierto. Por último, los valores entre 0,1 y 0,7 corresponden a la vegetación, cuanto mayor es el número, mejor salud vegetal (figura 13).

Este tipo de relevamiento comenzó en el sector agropecuario pero es altamente aplicable dentro de la industria del petróleo y gas, como en minería, ya que permite obtener de forma rápida el impacto de las instalaciones en la flora de la zona, analizar zonas afectadas por derrames, detectar inmediatamente cuerpos de aguas aislados, caminos de tierra o concreto, distribución de zonas débiles para su pronta remediación, análisis ambientales, etcétera.

Inspección de estructuras

Con la posibilidad de montar diferentes tipos de sensores, los *drones* permiten realizar inspecciones en zonas de difícil acceso o zonas de riesgo. La utilización de cámaras térmicas permite detectar rápidamente fugas en gasoduc-

tos o instalaciones, como también desperfectos en torres de alta tensión que a simple vista no se ven. Se pueden realizar fotografías de alta resolución y calibradas para inspeccionar chimeneas, quemadores, grúas o generadores eólicos (figura 14) sin necesidad de interrumpir su operación. Estas permiten, por ejemplo, la medición precisa de posibles grietas o daños y su análisis a lo largo del tiempo (si se expanden o no). Las aplicaciones en este ámbito son muy diversas pero totalmente accesibles debido a la flexibilidad que ofrece el sistema de *drones*.

Oportunidad para la Industria

Las aplicaciones dirigidas a esta y otras industrias son prácticamente ilimitadas, si tenemos en nuestras manos estas sofisticadas herramientas y el excelente potencial de utilidades que aseguran resultados de alta precisión y resolución, en corto plazo, sin riesgo de vida y, en especial, a bajo costo comparado con los métodos tradicionales. ■



Figura 14. Trabajo de inspección con un hexacóptero y cámara digital de 24 megapíxeles calibrada a 90 m sobre el terreno.