

## GEOTECNOLOGÍA

# Drones en Tierra del Fuego: modelo digital del terreno costero

Por *Carolina da Veiga Mateus, Gabriel Redonte y María Macarena Rodríguez (Total)*

**La creciente utilidad de los dispositivos no tripulados que se desplazan por el aire es crucial para el control de la erosión costera en la latitud Sur.**

**T**otal Austral y sus socios Wintershall Dea y Pan American Sur han realizado operaciones en nuestro país por más de 40 años. El área de explotación definida como Cuenca Marina Austral ha sido siempre su mayor desafío, debido a cuestiones logísticas, operacionales, meteorológicas y principalmente porque gran parte del reservorio está ubicado costa afuera (*offshore*), lo cual implicó que varias de sus instalaciones hayan tenido que ubicarse lo más cerca posible de la costa, al borde del acantilado. Por esta razón, en los últimos años, el avance progresivo de la erosión costera en el área ha sido objeto de estudio y monitoreo, a fin de comprender los fenómenos que lo rigen y definir parámetros de seguridad (Figura 1).

Desde mediados de 2006 la empresa lleva adelante un estudio de la erosión costera a lo largo de 38 km de extensión sobre la costa norte de la provincia de Tierra del Fuego.



Figura 1. Imagen aérea del acantilado, relevamiento con dron, enero 2020.

Al no contarse con una base de datos digital del monitoreo costero, como punto de partida se ha recurrido a las imágenes satelitales de distintos períodos, años 2003, 2014 y 2019, con resoluciones de 1 píxel ~ 50 cm. Si bien las imágenes satelitales y las fotografías aéreas se han utilizado anteriormente para este tipo de estudios, el punto fuerte en este trabajo ha sido la posibilidad de detectar, mediante un estudio multitemporal, las áreas de mayor riesgo a lo largo la de costa que bordean las instalaciones y definir una tendencia en la velocidad de erosión (Figura 2).

Inspecciones realizadas en campo por geólogos especializados, vía terrestre y aérea por medio de helicóptero, lograron la caracterización de la erosión, comprendiéndose el mecanismo de falla y confirmándose los sectores críticos. Se pudo concluir que la retirada del acantilado no es un proceso continuo homogéneo en el tiempo y que varía sector a sector. La geometría de la pendiente del acantilado, características de los estratos de suelo y la exposición al agua, ya sea por escorrentía –el factor predominante en sectores más altos del acantilado–, u olas marinas –el factor predominante en sectores más bajos– son algunos de los aspectos involucrados en el proceso.

Luego, con ayuda de la geotecnia en la definición de parámetros, se han podido desarrollar por medio de softwares de elementos finitos, modelos matemáticos 2D preliminares, a fin de verificar el grado de seguridad de estabilidad del acantilado en sectores críticos, pero con la incertidumbre de no contar con el perfil geométrico real del acantilado. De allí surgió la necesidad de explorar con nuevas herramientas, con el objetivo de lograr un relevamiento preciso de la superficie del terreno y de la cara frontal del acantilado que permitieran validar los factores de seguridad obtenidos, evaluar la recesión de la línea del acantilado en relación con las infraestructuras existentes de petróleo y gas (plantas, locaciones de pozos) y contar con una línea base que permita su monitoreo futuro. Se decidió realizar un relevamiento aerofotogramétrico por medio de dron (“UAV” - vehículo aéreo no tripulado).

## Desarrollo técnico

A comienzo de 2020 se realizó el relevamiento aerofotogramétrico por medio de un dron tipo cuadricópte-

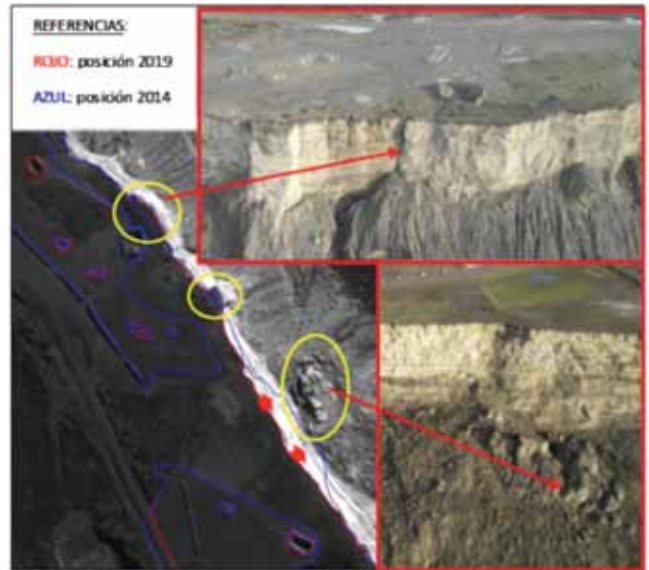


Figura 2. Imagen satelital del acantilado 2019 con superposición de línea costera, 2014.

ro, teniendo en cuenta los condicionantes que su ubicación geográfica implica: mayor logística, accesibilidad limitada y condiciones climáticas adversas con ráfagas de viento de más de 130 km/h más las propias del dron: su límite de viento para volar es de ~30 km/h.



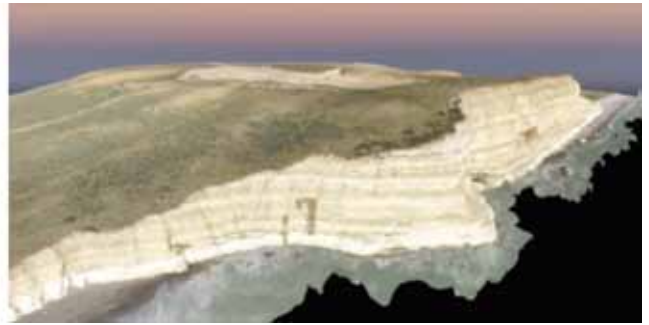


Figura 3. Izq.: video obtenido por relevamiento con dron; der.: video obtenido de la nube de puntos.

## Etapas

### Relevamiento en campo y toma de datos crudos

Los trabajos ejecutados abarcaron la superficie de 6 polígonos ubicados sobre el Yacimiento Cañadón Alfa, al Este de la localidad de cerro Sombrero en la isla Grande de Tierra del Fuego, cubriendo una superficie total de 365 ha.

Un estratégico plan de vuelo fue fundamental para obtener una cartografía de buena calidad. Para este proyecto se adoptó una altura media del vuelo de 100 m con superposición frontal y lateral de ~ 70%, con el fin de obtener imágenes de alta resolución. Para abarcar la totalidad del área fue necesario realizar dos vuelos por polígono.

Para el referenciamiento geográfico se utilizó la estación permanente RIO2 (Red RAMSAC, POSGAR 2007) y mediante método estático se determinaron las coordenadas de un punto base, desde el cual se midieron 4

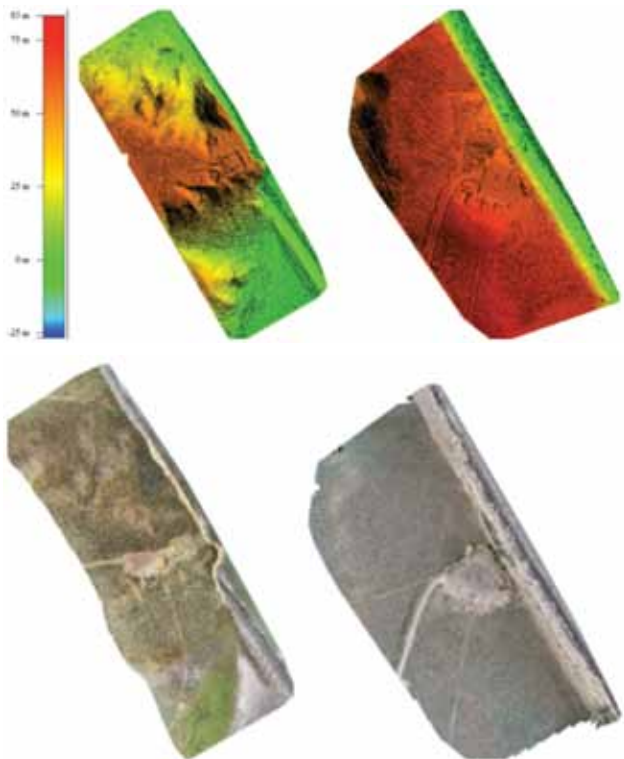


Figura 4. Izq.: ejemplos de Modelos Digitales de Superficie (DMS); der.: ejemplos de ortomosaicos.

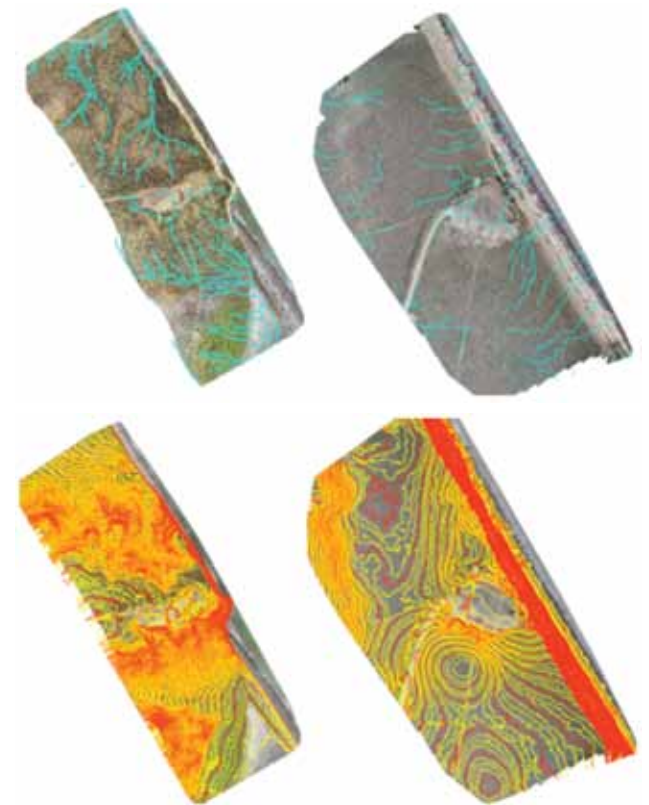


Figura 5. Izq.: ejemplos de red de drenaje; der.: ejemplos de curvas de nivel.

puntos de apoyo GCPs (Puntos de Control en Tierra), un punto de verificación y dos puntos monumentados permanentes con método Stop & Go (RTK) para monitoreos futuros, por polígono.

Todos los datos obtenidos fueron referenciados planimétricamente al Marco de Referencia POSGAR 2007 y altimétricamente al Sistema de Referencia Vertical Nacional 2016 (SRVN16), determinados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

### Procesamiento en gabinete con software específico

De los vuelos y el trabajo de apoyo topográfico en tierra, se realizó el procesamiento inicial de datos 2D y 3D, se continuó con la generación de nubes de puntos, Modelos 3D y ortomosaicos con resolución de 1 píxel ~ 3 cm.

A partir de mosaicos y modelos DSM/DTM se obtu-

vieron productos vectoriales y rasters con softwares especializados de GIS / CAD.

Finalmente, fueron incorporados en el Modelo GIS de la Compañía.

## Resultados obtenidos

Como resultado del relevamiento aerofotogramétrico con dron se obtuvo un producto de gran calidad/resolución que permitió alcanzar los objetivos propuestos.

Las curvas de nivel y redes de escurrimiento, producto de los modelos digitales de terreno, han permitido diseñar el sistema de drenaje para minimizar el efecto futuro del agua de escorrentía y reducir la erosión costera. La geometría, ahora sí precisa, de la cara del acantilado permitió obtener coeficientes de seguridad a la estabilidad, a través de modelos matemáticos 3D, confiables (Figuras 3, 4, 5, 6 y 7).

## Conclusiones

El elemento crítico tenido en cuenta para la realización de estos estudios fue la dificultad para realizar operaciones cercanas al borde del acantilado y los riesgos asociados. El relevamiento del frente vertical del acantilado no se podría haber realizado en forma segura y pormenorizada si no hubiera sido por un relevamiento aerofotogramétrico mediante dron.

La combinación de las experiencias de un equipo multidisciplinario en geotecnia, ingeniería civil, topografía y geomática permitieron construir un plan práctico de acciones por implementar con respecto a las medidas de mitigación sobre las áreas con riesgo más inmediato.

La realización de este primer estudio en su tipo contribuye no solo a mantener la excelencia técnica de Total Austral, sino también, y más importante, contribuye a dimensionar el fenómeno erosivo que sufre el acantilado y adoptar medidas preventivas para preservar las instalaciones, evitando eventuales impactos en el ambiente.

Permite preparar a la Compañía para ser más resiliente al cambio climático, mejorando la comprensión de eventos naturales como la erosión costera. Asimismo, permite tomar responsabilidad en la reducción de la huella del carbono, ya que al utilizarse un dron ligero eléctrico en los relevamientos en lugar de movilizar un helicóptero, ahorró cinco toneladas de CO<sub>2</sub> liberados en la atmósfera.

Los modelos numéricos creados aportan geoinformación sensible y precisa para la Compañía, quedando disponibles para un análisis futuro y la ingeniería de las operaciones industriales a través de un GISWeb actualizado con toda la información recopilada durante el estu-



**TUBERÍAS FLEXIBLES PARA EL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS Y AGUA**

**¡ AHORRE HASTA UN 40 % DE COSTOS EN TODO EL PROYECTO !**

- FÁCIL Y RÁPIDA INSTALACIÓN
- INMEDIATAMENTE OPERATIVA
- RESISTENTE A LA CORROSIÓN

**¡ UNA SOLUCIÓN EFECTIVA PARA MÚLTIPLES APLICACIONES !**

- Diámetros de 2", 3", 4" y 6" pulgadas.
- Temperaturas de operación de 60 °C a 82 °C.
- Presiones de operación: 300 psi, 750 psi, 1500 psi y 2250 psi.
- Disponible para instalaciones offshore y onshore.

Bolívar 382 - 2º Piso - (C1066AAH) - Buenos Aires - Argentina  
Tel: (5411) 4343-7576 - info@morkengroup.com - www.morkengroup.com



Figura 6. Arriba: ejemplo de diseño red de drenaje con CAD; abajo: ejemplo de corte de cuneta obtenida por GIS.

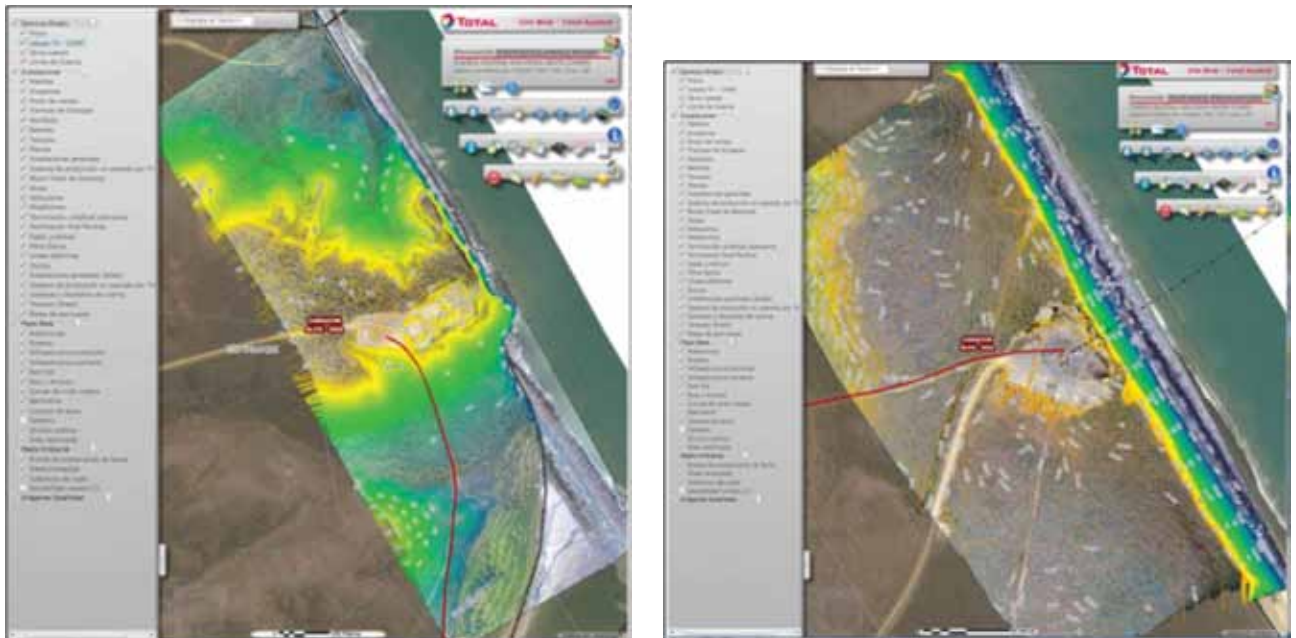


Figura 7. Ejemplos de visualización de datos en GISWeb.

dio de un año de erosión costera: ortomosaicos, curvas de nivel, red de drenaje e instalaciones.

La base de la innovación presentada estuvo enfocada en la preocupación de seguridad del personal y las operaciones. Todos estos elementos combinados en un sentido correcto minimizaron los impactos en el desempeño del valor del activo (costos y pérdida de producción) y redujeron las incertidumbres brindando una mayor confianza en los márgenes en términos de seguridad.

La problemática específica de la erosión costera en Tierra del Fuego ahora se entiende completamente y se aborda satisfactoriamente.

El trabajo realizado es otra demostración del com-

promiso de Total Austral con el medio ambiente y la seguridad.

### Agradecimientos

Agradecemos a la Dirección de Proyectos, la Dirección de Geociencias y Reservorios y la Gerencia de Negocios de Total Austral, también a las empresas socias Wintershall Dea y Pan American Sur, por el apoyo brindado para la realización de este proyecto. De igual modo, a las empresas Aerotec del Grupo Confluencia y SRK Consulting por el apoyo técnico para el desarrollo de este trabajo.