

Tecnología GIS en Vaca Muerta: lecciones aprendidas y oportunidades



Por **Fernando Aliaga** (Impronta IT S.A.)

Este trabajo fue presentado en las *VI Jornadas de Geotecnología*, en el marco del *10° Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos del IAPG* (Noviembre de 2018, Mendoza).

En este trabajo se detallan los conceptos más importantes incluidos en la presentación “Tecnología GIS en Vaca Muerta: lecciones aprendidas y oportunidades”, en el marco de las VI Jornadas de Geotecnología del 10 Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Además, incluye una descripción funcional del modelo matemático de UFO.

Las operadoras de hidrocarburos están trabajando en el desarrollo de recursos no convencionales en Vaca Muerta.

En este trabajo se detallan los conceptos más importantes incluidos en la presentación “Tecnología GIS en Vaca Muerta: lecciones aprendidas y oportunidades” en el marco de las VI Jornadas de Geotecnología del 10 Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos. Incluye además una descripción funcional del modelo matemático de UFO detallado en el paper “Optimización del Área de Drenaje en Yacimientos No Convencionales por medio de Programación Lineal Entera”.



Muchas de ellas ya han entrado en modo “factoría”. El nivel de actividad está revolucionando las actividades socio-comerciales, particularmente en la provincia del Neuquén. Será un gran desafío lograr un desarrollo racional de los recursos en armonía con los desafíos socioculturales y medio ambientales.

Dentro de este contexto, creemos que es posible lograr una reducción significativa de los costos de desarrollo no convencional utilizando las más modernas tecnologías de

Sistemas de Información Geográfica (GIS) combinadas con la potencia de la percepción remota satelital, el levantamiento con *drones*, las nuevas técnicas de medición GPS basadas en RTX y la optimización multivariable con el empleo de programación lineal entera.

Entre los principales beneficios para las empresas operadoras podemos mencionar:

- Modelos geográficos de restricciones de superficie, tanto operativos como ambientales, que permiten realizar simulaciones en gabinete con el objeto de diseñar locaciones, ductos y caminos más seguros.
- Modelos de restricciones en subsuelo construidos a partir de trazas de pozos existentes, fallas y otras estructuras que permiten evaluar la factibilidad de PADs con longitudes y cantidades de pozos variables.
- A partir de las restricciones de superficie y subsuelo, los algoritmos de optimización basados en programación lineal entera pueden maximizar el área de drenaje de hidrocarburos. Las simulaciones realizadas permiten afirmar que este algoritmo mejora en promedio +20% el área de drenaje de un plan de desarrollo concebido de manera manual.
- Un software especializado permite la creación automática de planes de desarrollo globales para la aprobación masiva de pozos ante las autoridades. Esto posibilita una respuesta ágil y efectiva a los requerimientos de los organismos de control.
- Un adecuado balance entre el trabajo en campo y el trabajo en gabinete permiten reducir los cuellos de botella y demoras por trabajos en campo. Además, es posible reducir los costos del servicio de topografía tradicional.

A continuación, exploramos diferentes casos de uso de la tecnología GIS que se están utilizando en Vaca Muerta para colaborar en el diseño de planes de desarrollos no convencionales.

UFO: Unconventional Field Optimizator

UFO¹ es un software desarrollado a partir de un proyecto de investigación y desarrollo cofinanciado junto a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica del MINCYT a través del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT).

UFO incluye un modelo de datos pensado específicamente para el desarrollo de hidrocarburos no convencionales, herramientas de geoprocetamiento basadas en ArcGIS Desktop² de Esri Inc. y un algoritmo de programación lineal entera codesarrollado junto al Instituto de Cálculo³ de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. El proyecto de investigación y desarrollo de UFO demandó cuatro años de desarrollo y, aproximadamente, 18.000 horas de esfuerzo.

UFO es una aplicación que asiste en el proceso de planeamiento y diseño de un plan de desarrollo no convencional de manera integral. En tres simples pasos es posible simular y optimizar un plan de desarrollo no convencional (Figura 1).

- 1) El módulo para cálculo de restricciones de UFO permite modelar restricciones de superficie a partir de las limitaciones operativas y ambientales presentes en el



Figura 1. Detalle funcional de UFO.

área. Es posible incluir en el modelo:

- Datos de sensibilidad ambiental.
- Escorrentías, riesgo hidrológico y de erosión.
- Áreas protegidas, expansión urbana y puestos.
- Instalaciones, caminos y ductos propios.
- Interferencias con instalaciones de terceros.
- Otra información relevante.

Combinando estas variables es posible obtener un Modelo Dinámico tipo “semáforo”. Luego se utilizan las zonas “rojas” para penalizar la ubicación de instalaciones.

Análogamente UFO permite calcular las restricciones en subsuelo a partir de trazas de pozos existentes, fallas y otras estructuras (Figura 2).

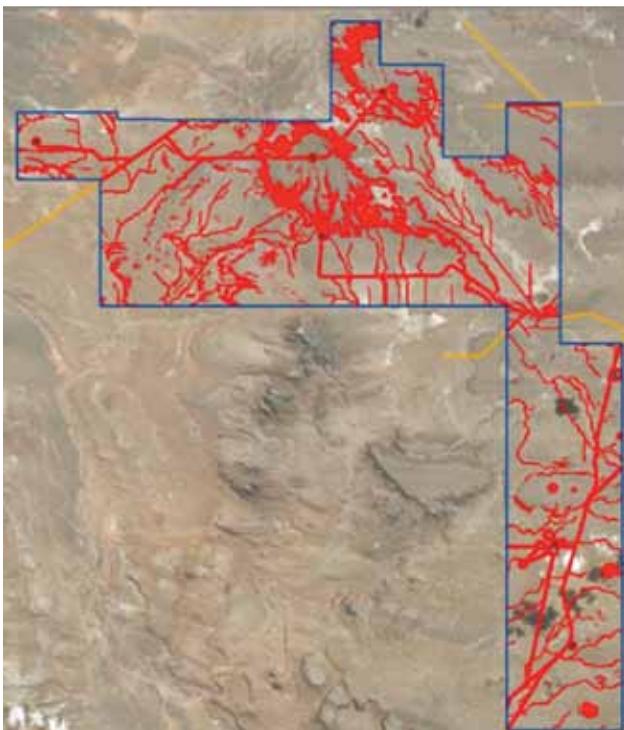


Figura 2. Ejemplo de restricciones de superficie en área Bajo del Choique - La Invernada.

2) El módulo de diseño de UFO cuenta con una herramienta para la PADS con múltiples pozos horizontales. Incluye opciones para definir la cantidad de pozos por locación, el espaciamiento entre bocas de pozo, longitud, profundidad y esquema de fracturas. UFO calcula automáticamente el costo de cada PAD a partir de una lista de materiales y operaciones configurable mediante un esquema de costos fijos y variables (Figura 3).



Figura 3. Configuración de un PAD de 8 pozos horizontales de 2.000 m de longitud con un espaciamiento de 125 m y 10 etapas de fractura.

3) El algoritmo de optimización de UFO ubica automáticamente los pozos horizontales en el yacimiento para maximizar área de drenaje (función objetivo) mientras evita las restricciones de superficie y de subsuelo (restricciones). Es posible trabajar con múltiples escenarios de manera simultánea y combinar diferentes tipos de PADS. UFO ajusta la función objetivo para maximizar el volumen de drenaje combinando grillas de Original Gas in Place, Original Oil in Place, Carbono Orgánico Total o similar.

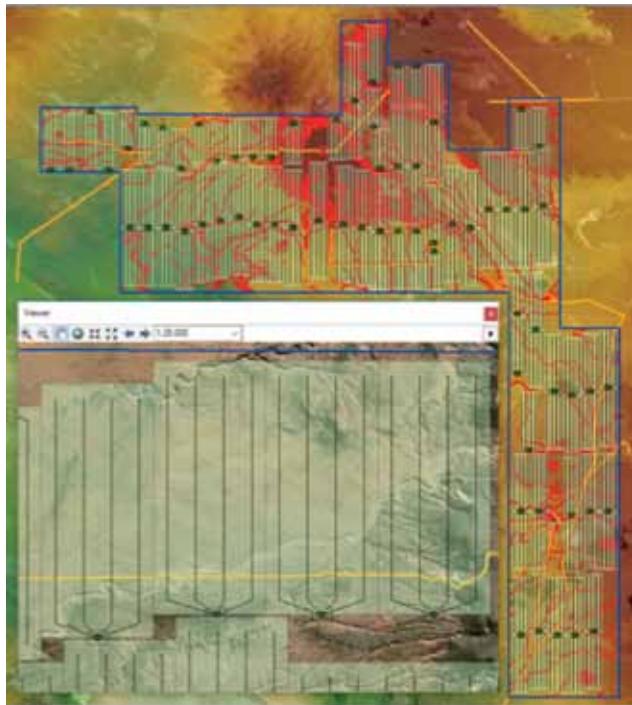


Figura 4. El optimizador de UFO logró ubicar 70 PADS de 4 pozos horizontales de 2.000 m con un espaciamiento de 250 m. Se logra una cobertura del 80% de los 400 km² del área de estudio.

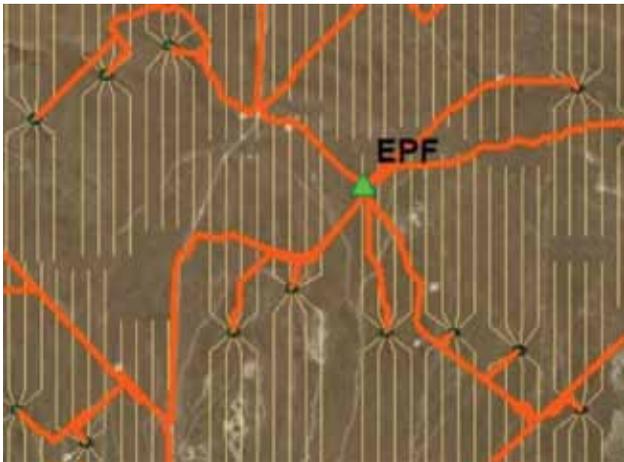


Figura 5. Simulación realizada con UFO para tendido de ductos desde los PADs hacia la EPF.

UFO luego genera automáticamente las locaciones necesarias para el plan de desarrollo computando automáticamente las coordenadas y las cotas de todas las entidades. Adicionalmente realiza el cálculo de costos y reservas incorporadas. Cuenta además con herramientas de edición para ajustar manualmente el modelo.

Apoyado en UFO, un especialista puede computar todo el plan de desarrollo de reservas para un área de 400 km² en menos de 4 h (Figura 4).

UFO cuenta además con un algoritmo de geoprocésamiento para calcular el tendido de ductos más apropiado para drenar los diferentes PADs hacia una *Early Production Facility* (EPF). Con el empleo de un modelo de impedancia superficial analíticamente busca el mejor trazado (Figura 5).



Figura 6. Yacimiento con alta densidad de locaciones en la cuenca del Golfo San Jorge.

Facility GeoLocator

¿Cuál es la problemática habitual en el diseño y la construcción de una locación? Algunas de las más relevantes son las siguientes:

- 1) Importante actividad logística de topografía y trabajo en campo.
- 2) Necesidad de minimizar el movimiento de suelos.
- 3) Cálculos y replanteos múltiples por interferencias que requieren cambios de diseño (Figura 6).

La aplicación Facility GeoLocator4 permite realizar simulaciones para la ubicación de instalaciones de superficie. Utilizando un Modelo de Elevación Digital (DEM) es posible computar el cálculo del movimiento de suelos. Las funciones principales de Facility GeoLocator incluyen⁵:

- Realizar el emplazamiento de la locación a partir de coordenadas o interactivamente sobre el mapa.
- Definir la planchada a partir de plantillas predefinidas.
- Calcular la cota rasante más apropiada.
- Definir taludes y escalonamiento.
- Computar el movimiento de suelos.
- Compartir el diseño de locación.

Permite encontrar la ubicación óptima de las instalaciones de superficie al informar importantes ahorros en visitas al campo, topografía, movimiento de suelos e interferencias. Estudios realizados nos permiten afirmar que esta técnica posibilita estimar el movimiento de suelos con un error debajo del 5%⁶ cuando se utilizan DEMs de 2 m de resolución o mejor (Figura 7).

El Facility GeoLocator permite, además, realizar perfiles topográficos para diseñar trazado de ductos y caminos (Figura 8).



Figura 7. Ejemplo de cómputo de movimiento de suelos para una locación en Vaca Muerta con el uso de un DEM de 2 m.



Figura 8. Ejemplo de perfil topográfico realizado con UFO para un diseño de camino.

Plataforma de colaboración

Es de vital importancia que los equipos de trabajo de desarrollo de reservas, facilities, ingeniería y medio ambiente colaboren e interactúen ágilmente. Por esta razón hemos diseñado una plataforma de colaboración compuesta de software y servicios basada en ArcGIS Enterprise de Esri y UFO (Figura 9).

Nota: Este documento fue generado a partir de información pública accesible en Internet y procesada y/o alterada en gabinete con fines de investigación y desarrollo. No hemos utilizado información de operadoras petroleras ni otros organismos.

Referencias

- Grötschel M., L. Lovász y A. Schrijver (1993). *Geometric algorithms and combinatorial optimization*. Springer Verlag.
- Achterberg T. (2009). *SCIP: solving constraint integer programs*. *Mathematical Programming Computation*, 1-41.
- Koch T. (2004). *Rapid Mathematical Programming*. PhD Thesis, Technische Universität Berlin. Recuperado de: <https://www.improntait.com>
- <https://www.improntait.com/ufo>, <https://youtu.be/yWYfldXdMTc>.

Seguridad y Medio Ambiente	Exploración y desarrollo de reservas	Facilities, ductos y caminos	Integridad y mantenimiento
Modelo hidrológico	Diseño de pozos horizontales	Ubicar instalaciones y locaciones	SAP GEO.e para PM
Modelo de sensibilidad ambiental	UFO para optimización de PADs	Movimiento de suelos	Integridad y mantenimiento
Modelo de restricciones de superficie	Integración con PETREL	Tendido de líneas	Collector para relevar averías
Integración con reservorios		Caminos	
Servicios GeoDatos para oficinas técnicas georrelevamiento y GeoDatos			
Aplicaciones GIS (FacGeolocator, UFO, Well Project Management, EngiNews, GIS2SAP, etc)		Interfases GIS (Active Directory, SAP PM, SAP GEO.e, SharePoint, Zafiro, Petrel, OpenWells, OpenWorks, WellMap, Project Wise y otras)	
Plataforma ArcGIS Enterprise 10.6.1 GeoDatabase, ArcGIS Server, Portal for ArcGIS y Extensiones UFO, Facility Geolocator, ArcGIS Desktop y ArcGIS Pro, ArcGIS Mobile.			

Figura 9. Plataforma de software y servicios para NOC.

- <http://desktop.arcgis.com/es/>
- <http://www.ic.fcen.uba.ar/>
- <https://www.improntait.com/novedades/nueva-version-de-facility-geolocator-nuevas-capacidades-para-el-diseno-de-instalaciones-de-superficie-petroleras>.
- <https://youtu.be/yMdbxVJF810>
- Estudio realizado sobre 15 movimientos de suelos de locaciones de pozos que luego fueron comparadas con los conforme a obra medidos en campo con GPS con corrección diferencial. Aliaga F., Impronta IT S.A., D. Delle Donne, G. Durán y J. Marengo (2014, 14 de mayo). "Optimización del Área de Drenaje en Yacimientos No Convencionales por medio de Programación Lineal Entera". Recuperado de <https://www.improntait.com/wp-content/uploads/2015/09/UFO-IMPRONTA-UBA.pdf>