

UTILIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA SIG CON IMÁGENES DE SATELITE DE ALTA RESOLUCIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA EN EL YACIMIENTO PETROLIFERO “RHOURE EL KHROUF” (RKF), ARGELIA.

F. Berlanga Arjona y J. Navarro Comet
CEPSA. E.P., S.A.
Ribera del Loira, 50. Madrid, 28042.
fernando.berlanga@cepsa.com
jorge.navarro@cepsa.com

Palabras clave: SIG, Ikonos, Spot, yacimiento petrolífero.

Resumen

La compañía Cepsa - en asociación con la compañía estatal argelina Sonatrach - lleva a cabo trabajos de exploración y producción de hidrocarburos en la concesión de explotación, denominada Rhourde el Khrouf (RKF), situada en el Gran Erg Oriental del desierto del Sahara. Para completar estos trabajos se requería una cartografía actualizada, de calidad y con la mayor definición posible, por lo que se consideró necesario la adquisición de imágenes de satélite de alta resolución espacial: Spot e Ikonos.

El objetivo del presente trabajo es presentar cómo se realizó una cartografía detallada a escala 1:25.000 de la concesión, incluyendo el yacimiento RKF y utilizando técnicas de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) sobre imágenes de satélite Spot y especialmente sobre una imagen Ikonos. Esta cartografía será una herramienta base de gran utilidad en futuros trabajos en el área, tales como implantación de nuevos pozos, trazado y tendido de oleoductos, construcción de nuevas infraestructuras, etc.

Los principales objetivos que se plantean en este trabajo son:

1.- Representación gráfica de las diferentes entidades que pueden ser cartografiadas: obras lineales (carreteras, pistas, oleoductos y gaseoductos), construcciones civiles (instalaciones de procesamiento) y militares, emplazamiento de pozos, telecomunicaciones (antenas), estructuras y formaciones eólicas (dunas), afloramientos de recursos naturales (yesos), puntos de control GPS, representación topográfica del terreno, etc...

2.- Integración de todas las entidades cartográficas en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para su consulta y análisis geográfico.

Para alcanzar dichos objetivos se ha utilizado el software ArcView 9.1 con la extensión 3D Analyst, así como el software ER Mapper 7.1 y ERDAS Imagine 8.5 y 8.6.

1. Introducción

Desde hace unos años se vienen utilizando los SIG en la exploración y producción de hidrocarburos. Una de las herramientas más importantes en la exploración de petróleo es la obtención de cartografía de calidad. Cuando se trabaja en zonas remotas, como en nuestro caso el desierto de Sahara (Gran Erg Oriental Argelino), se cuenta con mapas muy generales, poco detallados y de varios años de antigüedad.

Una consecuencia inmediata de esta falta de calidad en la cartografía, es la dificultad de situar las coordenadas sobre el terreno de los diversos elementos de interés en la exploración: límites de los permisos y concesiones, localización de pozos, trazado de líneas sísmicas, pistas, carreteras, etc.

La gran proliferación de sensores espaciales y aéreos de teledetección, unido a la constante mejora en sus prestaciones (alta resolución espacial) y al progreso de las técnicas de tratamiento digital de imágenes, hace que la teledetección-fotointerpretación, unida a los SIG, se estén convirtiendo progresivamente en un importante complemento a las técnicas geológicas y geofísicas en la exploración y producción de yacimientos de petróleo.

Hoy en día mediante las técnicas de teledetección y SIG se pueden utilizar las imágenes de satélite para realizar mapas que se ajusten a las necesidades de la investigación, tanto en lo que se refiere a planimetría como a altimetría, elaborando cartografía a diferentes escalas, que van desde 1:1.000.000 a 1:500.

La obtención de una cartografía de calidad sobre el yacimiento petrolífero de Rhourde el Khrouf (RKF) situado en el desierto de Argelia no solo ha tenido consecuencias prácticas positivas en la exploración, sino también en la producción, facilitando el diseño de infraestructuras, planificación y ubicación de nuevos pozos, diseño de la adquisición de líneas sísmicas, instalación de telecomunicaciones, estudios de impacto ambiental, etc.

2. Area de estudio

El área de estudio se localiza en Argelia, al norte del Gran Erg Oriental del Desierto del Sahara, próxima a la frontera con Tunes, a unos 326 km. al SE de la población de Hassi Messaoud, aproximadamente entre los paralelos 30° 30' y 30° 40' de latitud Norte y los meridianos 8° 10' y 8° 23' de longitud Este, constituyendo una superficie de 357 km² (Figuras 1 y 2). El paisaje del área se caracteriza por las grandes extensiones de arena, dando lugar a dunas en estrella, conocidas localmente como *rhourde*..

El yacimiento de RKF se encuentra localizado en la parte central de la cuenca de Berkine, una de las cuencas geológicas de Argelia más prolíficas desde el punto de vista de producción de hidrocarburos. El yacimiento RKF fue descubierto por Cepsa en septiembre de 1992. Desde mayo de 1996, la compañía Cepsa -en asociación con la empresa nacional de hidrocarburos Sonatrach- viene explotando el yacimiento. Actualmente, RKF produce diariamente unos 20.000 barriles de petróleo y unos 50 millones de pies cúbicos de gas. Estos hidrocarburos se producen a partir de dos intervalos de arenas; el más somero se encuentra a unos 3.000 metros de profundidad y se conoce localmente como TAGI (Trias Argileux Greseux Inferieur). El intervalo mas profundo se sitúa a unos 3.450 metros y se trata de una intercalación de arenas y arcillas de edad Carbonífero. Con el objeto de mantener la presión, el gas producido se inyecta en las arenas del TAGI y otra parte se utiliza para generar electricidad para su consumo en la planta de producción (CPF). Hasta la fecha, se han perforado 26 pozos, de los cuales 19 de ellos son productores de petróleo y gas, 6 son inyectores de gas y 1 pozo está abandonado.



Figura 1. Situación del yacimiento de hidrocarburos RKF sobre un mosaico de imágenes MODIS. El yacimiento RKF está situado en el este de Argelia, en el Gran Erg Oriental, uno de los mayores desiertos del mundo. Fuente de las imágenes: NASA



Figura 2. Situación de las áreas de exploración y concesiones de hidrocarburos, sobre un mosaico de imágenes SRTM 90m (DEM). El yacimiento de RKF (357 km²) está situado dentro del área resaltada en rojo. Fuente de las imágenes: CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)

3. Metodología

La metodología aplicada en la elaboración de la cartografía del yacimiento de petróleo RKF, ha seguido las siguientes etapas fundamentales:

- Adquisición y georreferenciación de imágenes de satélite (Spot e Ikonos).
- Fotointerpretación y digitalización de entidades cartográficas. Generación de las bases de datos e integración en el sistema de información geográfica (SIG).
- Elaboración de un modelo digital del terreno (MDT).
- Análisis geográfico en el área de explotación de hidrocarburos.

3.1 Adquisición y Georreferenciación de imágenes de satélite (Spot e Ikonos)

En octubre de 2003 se adquirió una imagen Spot pancromática de 2.5m de resolución, y en julio de 2004 se adquirió la imagen Ikonos con resolución de 1m. En febrero de 2005, Cepsa encargó a la empresa argelina Enageo (Entreprise Nationale de Geophysique) la realización de un estudio topográfico con la toma de puntos GPS, lo que permitió a posteriori una mayor precisión en la ortorectificación y georreferenciación de las imágenes de satélite Ikonos y Spot. La georreferenciación de las imágenes Spot e Ikonos se realizó tomando como puntos de control los diferentes puntos GPS adquiridos en esta campaña topográfica. La ortorectificación se ha llevado a cabo usando la herramienta Orthobase de ERDAS Imagine 8.5 para SPOT y Geometric Correction de ERDAS Imagine 8.6 para la imagen Ikonos. El resultado de este proceso ha dado lugar a dos imágenes perfectamente georreferenciadas, preparadas para fotointerpretar y digitalizar todas las entidades cartográficas con la mayor precisión posible.

El error admitido para la imagen Spot ha sido inferior a un píxel (2.5m) y para la imagen Ikonos también ha sido inferior a un píxel (1m). En la Tabla-1 podemos observar el Error Medio Cuadrático (RMS) correspondiente a la imagen Ikonos. Para el remuestreo se ha utilizado el algoritmo de convolución cúbica [1] [2].

PTO	X_gps	Y_gps	X_IK	Y_IK	Diferencia x	Sq dif X	Diferencia y	Sq dif Y	RMS por punto
RKF03	426902.700	3380103.100	426903.1060	3380103.0128	-0.406	0.165	0.087	0.008	0.415
RKF05	428151.800	3380293.000	428154.0379	3380291.9582	-2.238	5.008	1.042	1.085	2.468
RKF10	430902.600	3380551.200	430902.5464	3380550.4461	0.054	0.003	0.754	0.568	0.756
RKF18	432796.000	3381939.800	432792.4891	3381940.4786	3.511	12.326	-0.679	0.460	3.576
RKF17	431168.200	3382793.900	431167.9675	3382793.8989	0.232	0.054	0.001	0.000	0.232
RKF07	429271.400	3382551.200	429270.1428	3382551.1621	1.257	1.580	0.038	0.001	1.258
RKF15	426754.100	3383666.300	426753.0006	3383666.4926	1.099	1.209	-0.193	0.037	1.116
RKF08	428949.800	3386447.600	428949.4857	3386447.5231	0.314	0.099	0.077	0.006	0.324
RKF14	428897.200	3388114.100	428899.0355	3388113.4721	-1.836	3.369	0.628	0.394	1.940
RKF13	429672.800	3389737.000	429670.9962	3389736.947	1.804	3.254	0.053	0.003	1.805
RKF06	431471.600	3387706.600	431472.5069	3387706.5492	-0.907	0.822	0.051	0.003	0.908
RKF02	431724.600	3385927.900	431725.517	3385927.627	-0.917	0.840	0.273	0.074	0.956
RKF04	431962.800	3384258.100	431964.6273	3384257.4130	-1.827	3.339	0.687	0.472	1.952
RKF11	435336.700	3386654.400	435336.5355	3386654.3777	0.164	0.027	0.022	0.000	0.166
RKF01	428897.300	3384754.800	428903.9725	3384754.1294	-6.672	44.522	0.671	0.450	6.706
RKF09	430194.600	3383827.300	430195.5581	3383826.5226	-0.958	0.918	0.777	0.604	1.234
RMS TOTAL		2.260				2.201		0.510	

Tabla-1. Error RMS (Error Medio Cuadrático) para la imagen Ikonos en la georreferenciación.

Por último se procedió a integrar las imágenes en el SIG como ficheros raster en formato .img, siendo los datos de proyección asignados a las imágenes:

Esferoide: Clarke 1880	Proyección: UTM
Datum: Nord Sahara 1959	Huso: 32 Norte

3.2 Fotointerpretación y digitalización de entidades cartográficas. Generación de las bases de datos e integración en el sistema de información geográfica (SIG).

Una vez corregidas y georreferenciadas las imágenes, se procedió a la fotointerpretación y digitalización de entidades que pudieran ser cartografiadas, integrándose en capas de información (shapefiles) tales como la ubicación de pozos de petróleo, gas y agua, infraestructuras de comunicación (carreteras y pistas), instalaciones, antenas de telecomunicaciones, etc...

Todas estas capas de información han sido digitalizadas en pantalla y posteriormente organizadas en grupos temáticos, codificadas, manipuladas, corregidas, supervisadas e incorporadas al SIG, siendo el software utilizado para la digitalización y edición de dichas capas ArcView 9.1 (ArcMap), obteniendo una base de datos con un componente espacial (una posición geográfica definida) y un componente no-espacial (sus atributos: propiedades y valores) [3].

Debido a la alta resolución de las imágenes, se puede evaluar el error cometido en la digitalización con una gran precisión (<1m para la imagen Ikonos y < 2.5m para la imagen Spot) y así poder definir y digitalizar perfectamente todas las entidades cartográficas.

En la Tabla-2 se describen las capas que pertenecen a los diferentes grupos temáticos, así como las clases de entidades geométricas (puntos, líneas y polígonos) representadas en cada una de ellas. Es importante reseñar, que cada capa o entidad cartográfica tendrá asociada una base de datos o tabla de datos alfanuméricos (atributos).

Grupos	Capas	Categorías	Entidad vectorial
Topografía	Curvas de nivel		línea
	Puntos de cota		punto
	Cresta de duna		línea
Pozos	Propuesto		punto
	Productor		punto
	Gas Inyector		punto
	Abandonado		punto
	Agua		punto
Oleoductos, gaseoductos y conducciones de agua	Petróleo 20"		línea
	Petróleo 4" y 6"		línea
	Gas 4"		línea
	Agua 4"		línea
	Abandonado 4"		línea
Instalaciones	Civiles		polígono
	Militares		polígono
Vías de comunicación	Pistas	Asfaltada	línea
		Yeso	línea
Antenas de telecomunicaciones	Radio repetidores	VHF	punto
		WLAN	punto
Otros	Áreas de permisos y concesiones		polígono
	Pista de aterrizaje		polígono
	Puntos de control GPS		punto
	Balsa de lodos		polígono
	Afloramiento de yeso		polígono

Tabla-2. Tabla de los grupos temáticos con sus respectivas capas.

* *Curvas de nivel:* Se trata de una capa generada a partir de los datos obtenidos en la campaña sísmica 3D desarrollada sobre una extensión de aproximadamente 500 km². Los contornos de elevación (curvas de nivel) se han generado a través del procesado de más de 75.000 puntos (X, Y, Z).

La capa está representada por curvas de nivel con una equidistancia de 5 metros. Cabe reseñar que con estas curvas de nivel, juntamente con los valores de altitud de todos los puntos de cota, se ha generado un modelo digital del terreno (MDT).

Los campos correspondientes a la tabla son: código (0 para curva maestra y 1 para curva normal) y cota de elevación expresada en metros sobre el nivel del mar.

* *Puntos de cota*: Es una capa con 75.628 puntos georreferenciados e importados de la campaña sísmica 3D de unos 500 km² adquirida sobre el yacimiento de RKF en el año 2005. Se trata de una entidad vectorial puntual con 3 campos de atributos: coordenada UTM-X, coordenada UTM-Y y coordenada-Z o altitud. Los datos de estos registros están expresados en metros y los valores de altitud van desde 185 m. para la cota más baja hasta 395 m. en el punto más elevado.

* *Cresta de dunas*: Las crestas de dunas se han digitalizado como una capa de entidad lineal y tan solo incluye un campo de información en su base de datos, correspondiente a la longitud de la cresta, expresada en metros.

* *Pozos*: Dentro de este grupo se ha realizado una subdivisión temática por tipo o clase de pozo: propuesto, productor, inyector de gas, abandonado y de suministro de agua. Estos se han digitalizado como elementos puntuales, representando los pozos mediante la introducción de las coordenadas exactas de cada uno de ellos, existiendo una información muy completa en su base de datos. El número de campos de atributos es muy numeroso, estando presentes las coordenadas UTM (X e Y), geográficas (latitud y longitud), altitud, operador, profundidad de pozo, status, fecha, etc...

* *Oleoductos, gaseoductos y conducciones de agua*: Al igual que en el caso de los pozos, en esta capa se ha realizado una subdivisión temática, apareciendo en la cartografía como una entidad lineal. Las clases establecidas se relacionan a continuación:

- Oleoducto de 20"
- Oleoducto de 4" y 6"
- Gaseoducto de 4"
- Oleoductos y gaseoductos abandonados.
- Conducciones de agua.

La base de datos asociada a esta capa, cuenta con un número importante de campos de atributos, siendo los más representativos: status, longitud, diámetro, caudal, presión, etc...

* *Instalaciones*: Esta capa se ha digitalizado como una entidad poligonal, existiendo dos tipos de instalaciones: civiles y militares. En la cartografía realizada solamente aparece representada una instalación civil que corresponde a la Base y Centro de Procesamiento e Instalaciones (CPF) que la compañía Cepsa tiene establecida en el área de explotación. Por lo que respecta a instalaciones militares existen varios polígonos representativos de este tipo de entidades y que en algunos casos suelen ser permanentes y en otros son temporales relacionados estos últimos con la perforación de pozos. Los campos de atributos asignados en la base de datos, son los siguientes: status, superficie y población.

* *Vías de comunicación*: La red de pistas se han digitalizado como elementos lineales, diferenciando dos tipos de vías: asfaltadas y de yeso. La información asociada a esta capa en su base de datos, es la siguiente: tipo de vía, longitud, anchura, inicio y final.

* *Radio repetidores*: Corresponde a una capa de entidad puntual simbolizada por antenas de telecomunicaciones. Los tipos de antenas cartografiados son: VHF radio repetidor y WLAN radio repetidor. Los atributos asignados a la base de datos vienen representados por: tipo de repetidor, coordenadas (UTM y geográficas), altura de la antena, frecuencia y alcance.

* *Límites de los permisos de exploración y concesiones de explotación*: Capa elaborada a partir de las coordenadas oficiales de los límites de los permisos y concesiones. Es una entidad poligonal con 7 campos de atributos en su base de datos: código de permiso y/o concesión, extensión (km²), porcentajes de participación de las compañías (operador y asociadas), fecha de adjudicación del permiso y/o concesión, contrato y su fecha de finalización.

* *Pista de aterrizaje*: Digitalizada como una capa poligonal con 5 campos de atributos en su base de datos, correspondientes a: código, estado, extensión, longitud y anchura.

* *Puntos de control GPS*: La capa ha sido digitalizada de forma similar a la capa de pozos, simbolizándose estos puntos como elementos puntuales, e introducidos en la cartografía mediante la edición de sus coordenadas. La tabla correspondiente a sus atributos viene descrita por los siguientes campos de atributos: código, coordenadas (UTM y geográficas), altitud y la existencia o no de mojones [4].

* *Balsa de lodos*: Esta capa ha sido digitalizada como una entidad poligonal, careciendo prácticamente de información adicional en su tabla de atributos, salvo los campos que corresponde al área o superficie y volumen.

* *Afloramientos de yeso*: Se trata de una entidad poligonal simbolizada por multitud de formas irregulares y en donde el único campo de información en su base de datos corresponde a la superficie de cada afloramiento expresado en m².

Una vez finalizada la digitalización, y elaboradas las bases de datos de todas las capas (shp) e integradas en el SIG, la información cartográfica obtenida puede ser utilizada en múltiples procesos de análisis, modelización e interpretación sobre todo el área de explotación.

En las siguientes imágenes se puede apreciar un detalle de la imagen Ikonos (Figura 3) y la integración de la cartografía digital superpuesta (Figura 4). Debido a la alta resolución de la imagen Ikonos, se puede fotointerpretar con gran precisión determinadas entidades lineales, en este caso, las pistas y afloramientos de yeso se han definido perfectamente.

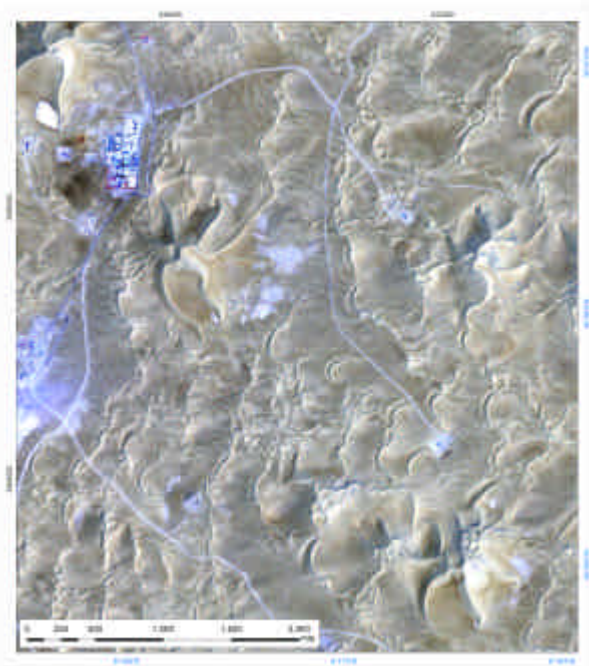


Figura 3. Imagen Ikonos de las instalaciones e infraestructuras del yacimiento RKF. Las manchas blancuecinas corresponden a los afloramientos de yesos, que se utilizan para el pavimentado de las pistas y accesos a los pozos. Obsérvese la forma en estrella de las dunas, que se conocen localmente como *rhourde*.

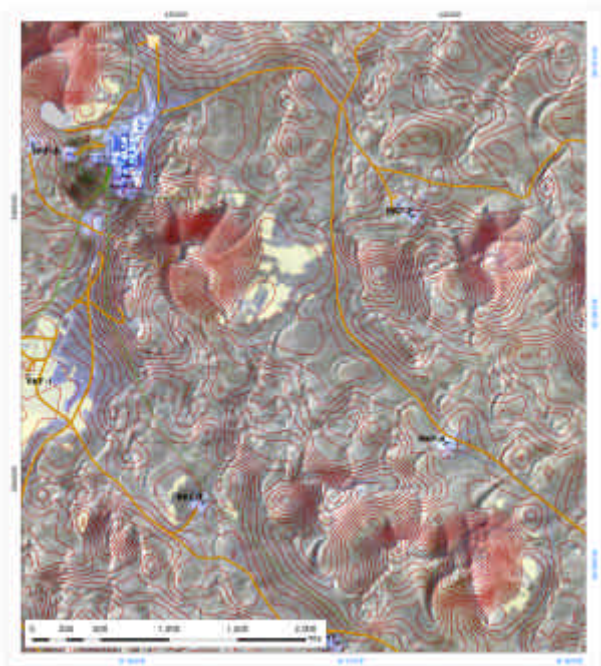


Figura 4. Imagen Ikonos (la misma que la Figura 3) donde se ha superpuesto la cartografía digital. Obsérvese como las curvas de nivel reflejan perfectamente las dunas con forma de estrella.

3.3 Elaboración de un modelo digital del terreno (MDT).

El modelo digital del terreno (MDT) ha sido generado a partir de las curvas de nivel juntamente con los valores de los puntos de control adquiridos en la campaña sísmica 3D. Este proceso se ha llevado a cabo con la extensión 3D Analyst de ArcView 9.1, generando un modelo de redes irregulares (*Triangulated Irregular Network-TIN*).

Esta estructura de datos se compone de una gran cantidad de triángulos irregulares unidos que se construyen a través de la conexión de los tres puntos más cercanos. El resultado es un mosaico que se adapta a la superficie de terreno, tal y como se puede apreciar en las Figuras 5, 6 y 7.

Una de las características más importantes de esta capa, es que podemos obtener información relativa a la topografía que comprende la zona de estudio, y cualquier punto del TIN señala información de la elevación o altitud.

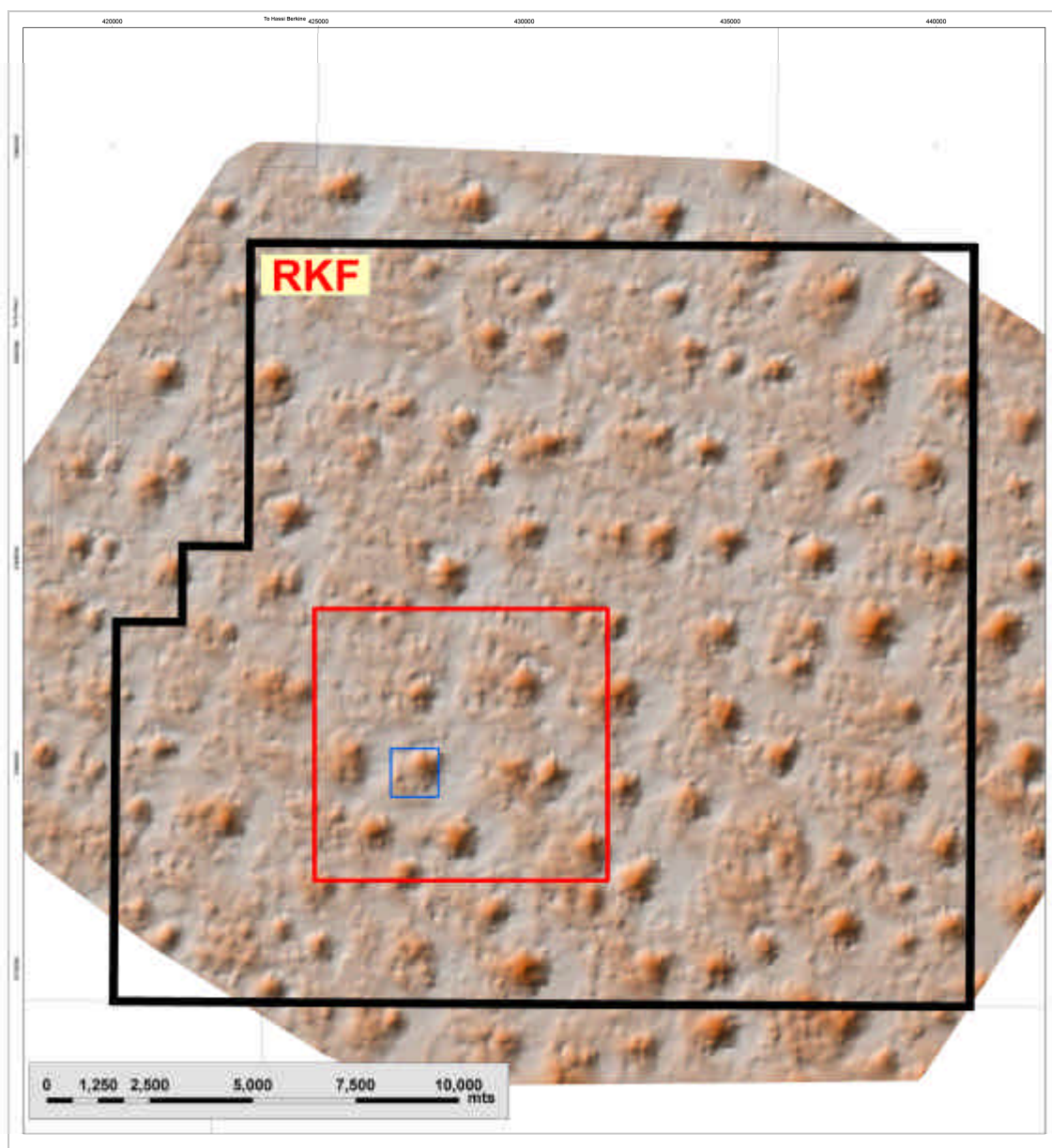
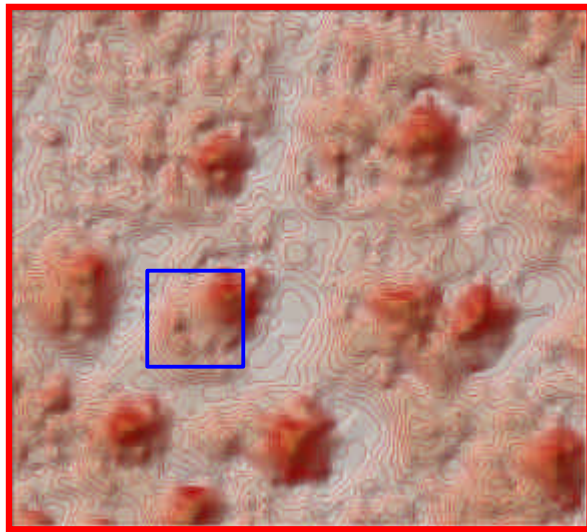


Figura 5. Modelo digital del terreno (MDT). Se ha generado una paleta de colores hipsométricos, correspondiendo los tonos más claros a las cotas más bajas y los tonos más oscuros a las más altas. De este modo se pueden identificar las diferentes dunas en estrella que existen en el área de explotación.



Figuras 6. Detalle de la zona de dunas (polígono rojo de la Figura 5) donde se aprecian los contornos de las curvas de nivel superpuestas al MDT.

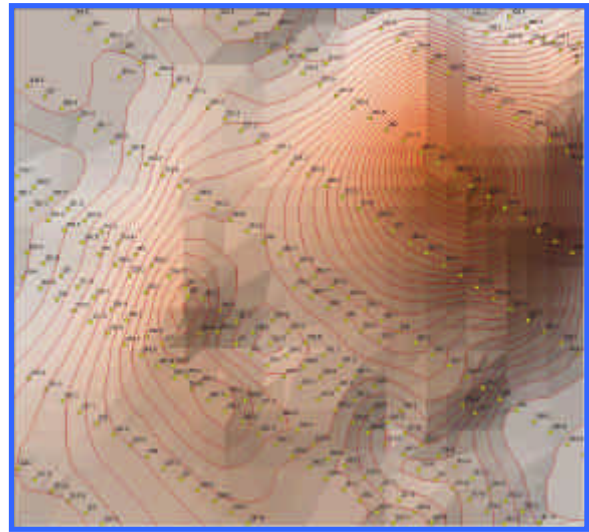


Figura 7. En esta imagen (recuadro azul de la Figura 6) se aprecian los puntos de control de la altitud en metros. Estos puntos de control que se alinean a lo largo de una dirección NO-SE, corresponden a las mediciones obtenidas durante la adquisición de la campaña sísmica 3D en el año 2005.

3.4 Análisis espacial o geográfico en el Bloque RKF

El análisis geográfico o espacial que podemos realizar sobre la cartografía, nos permite analizar e interpretar la información cartográfica con la cual estamos trabajando. Las diferentes capas que hemos integrado en la cartografía, nos van a poder dar la máxima información y determinar que tipo de consultas le podremos hacer al SIG. Las consultas y posteriores respuestas que obtengamos dependerán de las bases de datos disponibles, pues una vez integradas en el SIG, estas pueden ser utilizadas en diferentes procesos de análisis y modelado cartográfico sobre el conjunto o parte del yacimiento petrolífero de RKF.

Las herramientas de análisis espacial que nos ofrece el SIG, nos va a permitir manejar la información gráfica y alfanumérica de una forma sencilla y dinámica, pudiendo establecer conexiones con otras bases de datos integradas en nuestro sistema.

La posibilidad de poder combinar la componente espacial y los campos de atributos en una consulta geográfica, es una de las grandes cualidades y ventajas que existen en los SIG.

El análisis espacial que estamos desarrollando sobre la cartografía del bloque RKF nos ha permitido obtener respuestas y posteriormente dar soluciones a problemas concretos como: implantación y proximidad entre pozos, instalación de antenas de comunicación cálculo de áreas y perímetros en la creación de infraestructuras, análisis lineal en la instalación de oleoductos (Figura 8), cálculos de obras civiles en el movimiento de tierras, etc...

Mediante el análisis e interpretación del MDT utilizando el software ErMapper 7.1 y la extensión 3D Analyst de ArcGIS, se han podido obtener imágenes tridimensionales (Figuras 9) y mapas de pendientes, que han servido para la realización de propuestas de posicionamiento de pozos, así como de instalación de oleoductos y gaseoductos; hay que mencionar que en este tipo de conducciones, los perfiles topográficos son un factor muy importante a tener en cuenta.

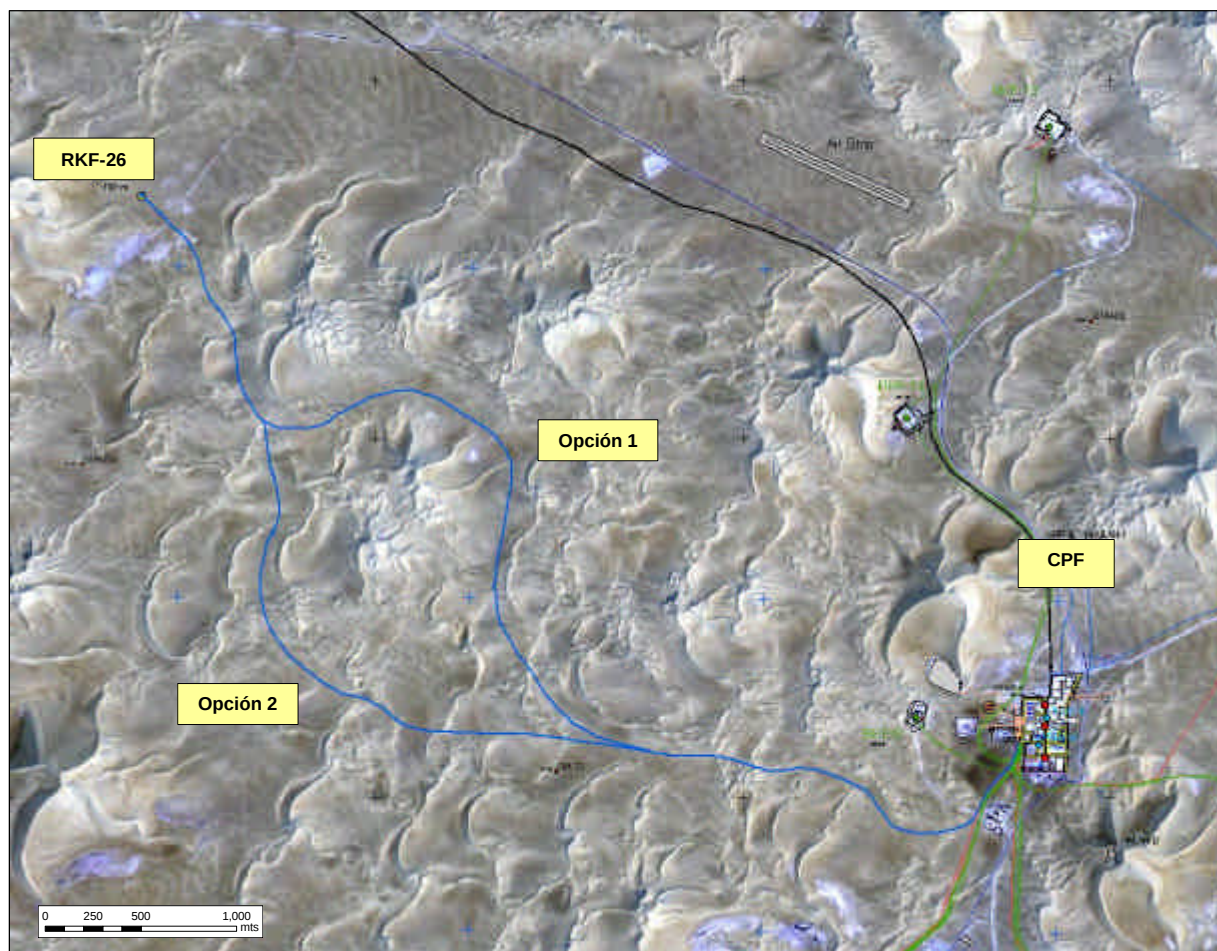


Figura 8. Imagen Ikonos en el área de explotación del yacimiento RKF. En esta figura se observan en líneas de color azul las dos opciones propuestas (1 y 2) para el trazado de un nuevo oleoducto desde el pozo RKF-26 al centro de procesamiento e instalaciones (CPF)

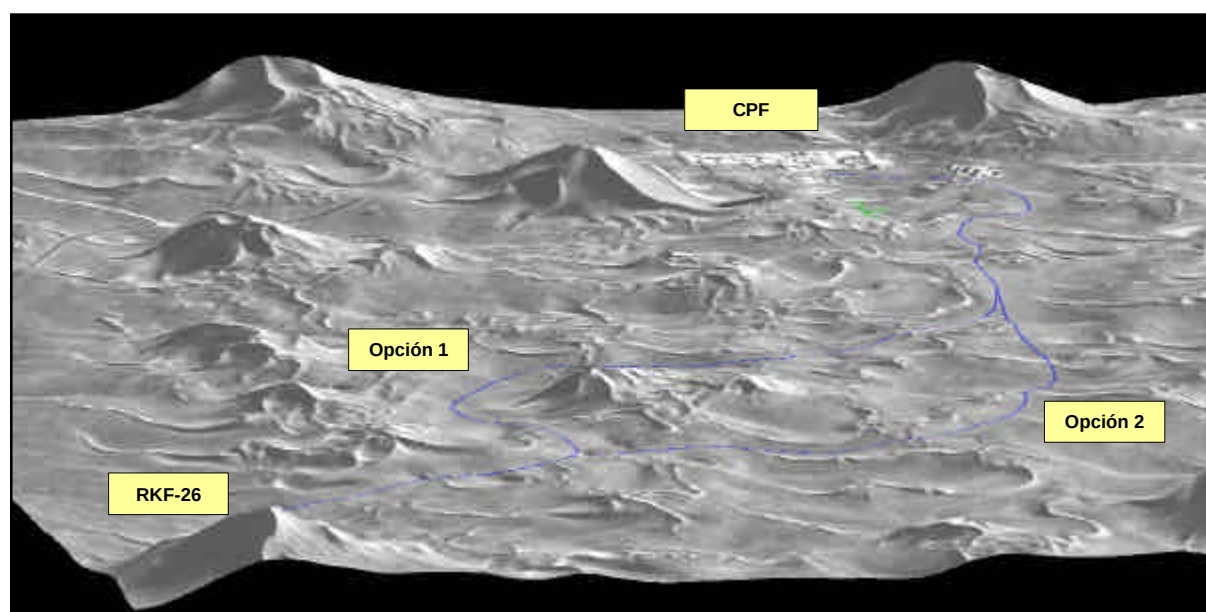


Figura 9. Escena en 3D de la imagen de satélite Spot mostrando en líneas de color azul las dos opciones propuestas (1 y 2) para el trazado de un nuevo oleoducto desde el pozo RKF-26 al centro de procesamiento e instalaciones (CPF)

4. CONCLUSIONES

La localización geográfica de las diferentes entidades que se han digitalizado con una gran exactitud cartográfica, ha sido posible a la extraordinaria resolución espacial de las imágenes de satélite (Ikonos < 1m y Spot < 2.5m). Estas imágenes, son una importante fuente de información geográfica para la elaboración de mapas a grandes escalas (1:5.000 a 1:25.000).

A la vista de los resultados obtenidos en la elaboración de la cartografía del yacimiento petrolífero RKF, podemos concluir que:

- Con las imágenes Ikonos y Spot se han obtenido los resultados esperados para la elaboración de cartografía a gran escala. (E. 1:25.000)
- Se han localizado, fotointerpretado y digitalizado todas las entidades cartográficas posibles de interpretar a la escala de trabajo, correspondientes a las diferentes infraestructuras que se encuentran dentro del área de explotación.
- Con la integración en el SIG de los datos de campo obtenidos de la campaña sísmica 3D se ha podido realizar un MDT, adquiriendo así un análisis tridimensional de toda la zona cartografiada.
- Con toda la información obtenida (espacial y no espacial) e integrada en el SIG, se ha podido realizar un producto final inédito, útil, y de alta calidad, que nos permite afrontar en la actualidad la planificación de diferentes proyectos en el yacimiento petrolífero de RKF.

5. REFERENCIAS

- [1] Aurensis, 2005. Cartografía de infraestructuras del yacimiento RKF de Argelia a escalas 1:100.000 y 1:5.000 para Cepsa EP. Proyecto N° 04-059. Informe técnico interno.
- [2] Aurensis, 2005. Corrección geométrica de las imágenes Spot del permiso RKF en Argelia. Proyecto N° 04-108. Informe técnico interno
- [3] Peña LLopis, J., 2006. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Editorial Club Universitario, pp. 310, Alicante.
- [4] Enageo, 2005. Rapport Petroleum - Wells. Pemis Rhourde El Khrouf, Block 406A. Informe técnico interno