



Teric

from ffA



**GeoTeric y la Expresión Geológica**  
**Libro blanco**



## Introducción

Estamos entrando en una nueva era en la producción y exploración de hidrocarburos. La revolución del gas de esquisto, la necesidad de explorar ambientes más extremos, la necesidad de hacer los campos pequeños económicos, junto con el aumento de la sensibilidad medioambiental y la subida de los costes están cambiando la manera en que la industria opera. Nunca hasta ahora se había tenido el nivel de conocimiento geológico y la información requerida para implementar estrategias de exploración y producción rentables económicamente.

Este es el impulso fundamental para las enormes inversiones que se están haciendo en nuevas técnicas para adquirir y procesar datos sísmicos. Tener más sísmica y de mejor calidad mejorará la recuperación de yacimientos ya existentes y permitirá encontrar más petróleo y gas. Para que esto se lleve a cabo, la sísmica necesita ser traducida en conocimiento geológico que nos permita tomar decisiones coherentes, es decir, necesita ser interpretada.

Sin duda, los avances en adquisición y procesamiento han mejorado nuestra habilidad de obtener una imagen del subsuelo, pero también han aumentado la cantidad de sísmica que necesita ser interpretada, mientras que el número de intérpretes apenas ha cambiado. Además ahora la sísmica tiene que ser analizada aún más minuciosamente para conseguir entender la geología al nivel de detalle que ahora se requiere. Por lo tanto, para utilizar el potencial de una sísmica mejor, se necesitan nuevas tecnologías de interpretación sísmica que permitan al limitado número de intérpretes con experiencia utilizar sus conocimientos y habilidades al máximo. Con el cambio generacional que la industria está experimentando, las tecnologías de interpretación deben permitir también a los intérpretes con menos experiencia ser productivos de forma más rápida.

## Introducción

## Aumentar la productividad

## Mejorar la comprensión

## Comunicar los conceptos

## Una estrategia unificada

## Bibliografía

## Aumentar la Productividad

El aumento de productividad que es necesario no se consigue alterando ligeramente los métodos de interpretación convencional, cuya complejidad reduce la eficiencia del flujo de trabajo. Se necesita una estrategia completamente nueva, que tiene que ser al mismo tiempo potente y simple de aplicar.

Para este cambio en la eficiencia de la interpretación se necesita precisamente lo que GeoTeric y el flujo de trabajo Geological Expression permiten. GeoTeric es un software de interpretación sísmica que es rápido de aprender, simple de usar, y permite que la geología sea visualizada de forma fácil, efectiva y permitiendo el uso de flujos de trabajo eficientes para construir y actualizar un modelo geológico tridimensional directamente usando la sísmica. El objetivo de GeoTeric es traducir directamente los datos sísmicos en información geológica.

El flujo de Geological Expression en el que se basa GeoTeric permite que el usuario interactúe fácilmente con grandes cantidades de datos. Para esto se requiere un software diseñado teniendo en mente la eficiencia y la facilidad de uso; permitiendo que GeoTeric pueda ser utilizado no solo para extraer información, sino también para comunicar la información contenida en la sísmica 3D de forma increíblemente rápida.

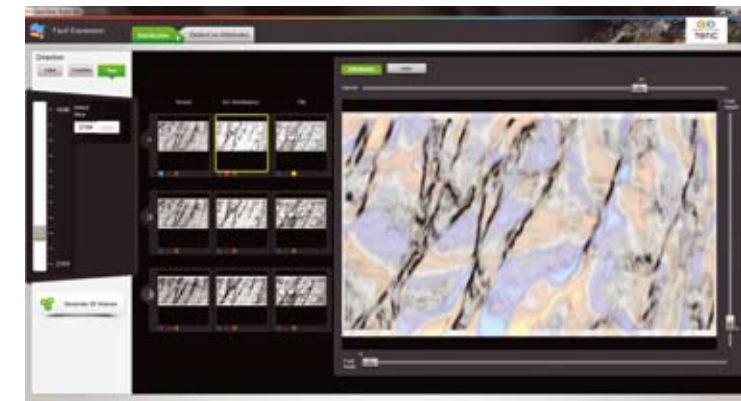


Figura 2 : Fault Expression utiliza técnicas de optimización de parámetros basadas en ejemplos para crear de forma rápida un volumen representando las fallas de forma precisa.

Una de las razones por las que GeoTeric es fácil y eficiente de usar es por la estrategia que se utiliza para la optimización de parámetros. Dos de las áreas en las que cambiar los parámetros puede tener un impacto bastante dramático son el acondicionamiento de datos y el flujo de trabajo de expresión de fallas. Para afrontar estos problemas hemos desarrollado las técnicas Noise Expression y Fault Expression. Ambas técnicas utilizan un método de optimización de parámetros basado en ejemplos (patente pendiente), siguiendo los principios de cibernética cognitiva (Aversana, 2013).

Noise Expression y Fault Expression (Figura 2) presentan un conjunto de resultados calculados usando algoritmos diferentes y con parámetros diferentes. El usuario puede ajustar interactivamente los parámetros en cada una de estas opciones y comparar los resultados entre sí y con la sísmica original a partir de la que se generaron los resultados. Esto ayuda al intérprete a obtener los parámetros óptimos de forma muy rápida, y mejorando la comprensión de la geología. Noise Expression y Fault Expression también permiten entender de forma rápida por qué se ha obtenido un resultado concreto al aplicar los parámetros.

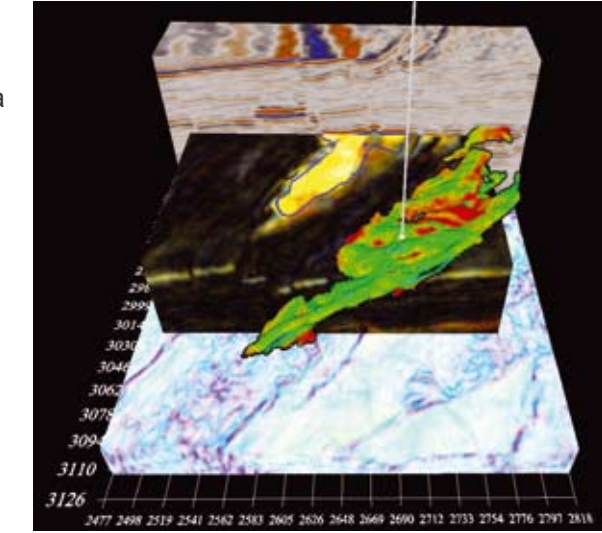


Figura 1 : Geobodies 3D con información de espesor, visualizados junto a combinaciones de color estratigráficas y estructurales.

## Mejorar la Comprensión Geológica

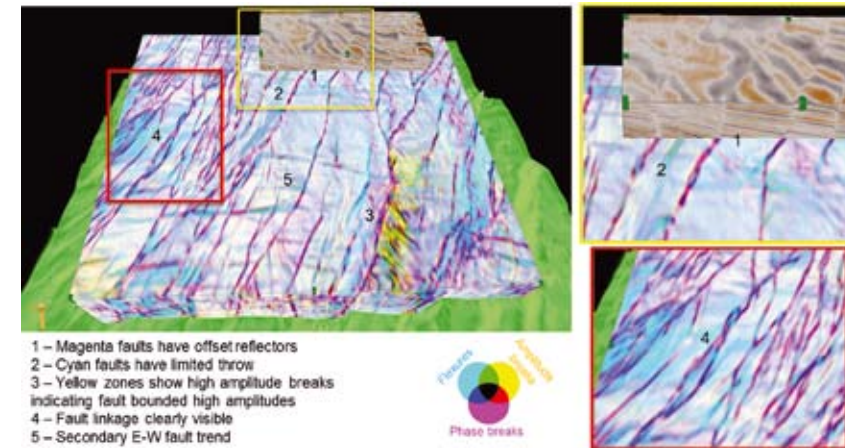
La productividad no es solo rapidez. Reducir el tiempo que cuesta crear un modelo geológico no conlleva una mejora en la productividad si el modelo no es fiable. Para tener confianza en que hemos hecho una interpretación correcta y en que entendemos el funcionamiento de un sistema, hay que observar los datos desde múltiples perspectivas y comparar diferentes características o atributos sísmicos en su contexto. El aspecto comparativo de la interpretación sísmica es frecuentemente ignorado cuando se enfoca el análisis de los datos desde una perspectiva puramente matemática. Esto no ocurre con Geological Expression, dado que podemos llevar a cabo múltiples cálculos y comparar escenarios.

Para ello, las claves son la visualización de colores en alta resolución y el uso de mucha potencia de procesamiento. Gracias a la industria de los videojuegos, ahora tenemos acceso a ambas en estaciones de trabajo de sobremesa estándar y en portátiles de alta gama. Hasta hace poco, los sistemas de visualización estaban limitados a un máximo de 256 colores o grises. Esto significaba que la sísmica tenía que ser comprimida antes de que pudiera ser visualizada, perdiéndose gran cantidad de información.

Ahora podemos trabajar con más de 16 millones de colores. El uso de esta resolución tan alta es crucial para entender el subsuelo basándonos en los datos sísmicos, ya que aumenta enormemente nuestra habilidad de ver, comparar y analizar características que pueden ser sutiles pero de gran importancia en nuestra sísmica.

Podemos conseguir entender mejor la información si observamos la relación entre fuentes diferentes en lugar de considerar las distintas fuentes o atributos de forma separada. Esto proporciona un contexto a la información y puede aumentar la cantidad de información a la que tenemos acceso. Por ejemplo, si tomamos tres atributos y consideramos que cada uno de ellos contiene N trozos de información, examinarlos por separado nos daría un máximo de 3N trozos de información. Si combinamos los 3 atributos para analizar su interrelación podemos ver hasta N<sup>3</sup> (NxNxN) trozos de información. Además, si hacemos esta comparación utilizando una combinación de colores, producimos una imagen que es más intuitiva a pesar de ser más compleja.

Figura 3 : Combinar tres atributos de fallas en una combinación de colores CMY revela más información sobre la geología que la que un atributo individual podría contener.



Por esta razón, la co-visualización de la descomposición de frecuencias utilizando técnicas de combinación de colores RGB (Henderson et al., 2007) está convirtiéndose rápidamente en un estándar en los flujos de trabajo de interpretación sísmica. Menos conocido es como las combinaciones de colores pueden ser usadas para comparar otro tipo de información, por ejemplo para observar la variación de amplitud con la distancia (AVO), para analizar los efectos 4D o para entender la geología estructural.

La herramienta Fault Expression de GeoTeric, hace uso de combinaciones de colores, en este caso usando un esquema de colores CMY (Cian, Magenta y Amarillo) para co-visualizar atributos de fallas diferentes (Figura 3). Dado que la expresión sísmica de fallas puede variar a lo largo de su trayectoria y entre distintas fallas, un solo atributo raramente proporciona una imagen completa de la falla. La combinación de colores permite la combinación y visualización simultánea de tres atributos que representan tres tipos de respuestas sísmicas diferentes. Además la imagen compuesta contiene más información que cada uno de los tres atributos examinados de forma individual, resaltando cambios litológicos a lo largo de la falla o analizando la extensión de las zonas de distorsión asociadas a la falla.

Visualizando múltiples volúmenes, tenemos una herramienta poderosa para observar la forma en la que la geología está expresada en la sísmica, siendo a la vez una herramienta fácil y rápida de usar. Es extremadamente útil cuando intentamos conseguir una imagen completa de la geología y permite que diferentes escenarios de exploración y producción sean examinados en detalle.

## Comunicar los Conceptos

El valor de GeoTeric en la comunicación de ideas y conceptos geológicos también ha de ser considerado. El conocimiento del subsuelo que los geólogos y geofísicos han sido capaces de conseguir gracias a la interpretación solo añade valor si influye en la ejecución de un proyecto. Esto requiere que este conocimiento sea comunicado efectivamente y de una manera adecuada al resto del miembros del equipo y a la dirección.

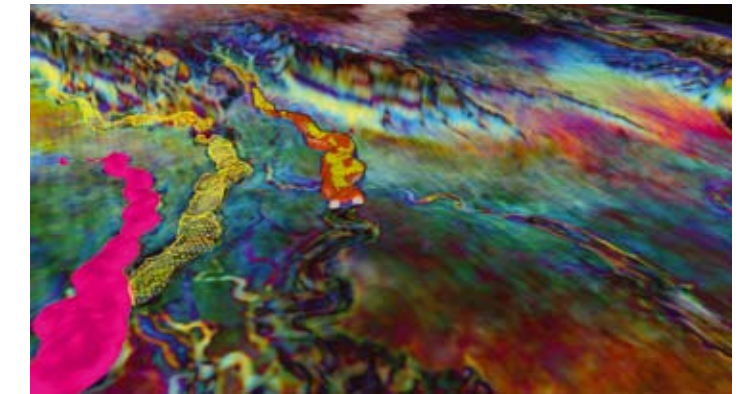
Desarrollar un conocimiento geológico profundo es solo la primera parte del flujo de trabajo Geological Expression, pero GeoTeric no termina ahí. Una de las características que hace GeoTeric tan potente es la delineación los elementos de geológicos que son visibles en la combinación de colores, a partir de los cuales se puede crear un modelo geológico tridimensional.

Inicialmente, GeoTeric permitía la delineación de geobodies en combinaciones de colores y otros conjuntos de datos de atributos múltiples. La delineación en combinaciones de colores es un problema complejo, y al resolverlo se ha conseguido una herramienta común para geobodies, interpretación de horizontes, delineación de fallas y para clasificación de facies.

Las combinaciones de colores proporcionan una manera muy precisa de entender la geometría compleja tridimensional de estructuras como canales, abanicos aluviales, depósitos de sal, chimeneas de gas, karst e inyectitas, cuya geometría no puede ser definida fácilmente mediante horizontes.

Sin embargo, pese a que algunos objetos pueden ser vistos muy claramente en las combinaciones de colores, pueden ser extremadamente difíciles de extraer debido a su expresión geológica variable, incompleta y a menudo muy sutil. Los vemos como entidades definidas porque el sistema visual humano tiene esa habilidad de filtrar el ruido, utilizando el conocimiento previo para conectar diferentes partes de la imagen. Para resolver el problema de la extracción de objetos hay que entender que la delineación de geobodies es una tarea tanto de análisis de datos como de interpretación. Esto significa que hay que usar una metodología con la que tanto los datos como el conocimiento y experiencia del intérprete sean utilizados simultáneamente e interactivamente, es decir, una metodología basada en los datos y guiada por el intérprete.

Figura 4: Canales interpretados usando los "Adaptive Geobodies" (Canales rosa y amarillo) y clasificados usando la herramienta de clasificación de facies IFC+ (Canal a mano derecha)



La tecnología patentada de Adaptive Geobodies utilizada en GeoTeric está inspirada por dos métodos de segmentación de imágenes que se utilizan de forma habitual en imágenes médicas: los conjuntos de nivel o level sets (Cremers et al., 2007) y los contornos activos (Lowell et al. 2004, Liang et al., 2006). Los Adaptive Geobodies funden estos dos métodos en un marco matemático común y los integra con una clasificación estadística de múltiples atributos para proporcionar un método sencillo de usar pero muy sofisticado para delinear geobodies basados en los datos. A pesar de los requisitos informáticos del proceso, la habilidad para definir los geobodies usando una malla bastante dispersa permite que el proceso opere en tiempo real, combinando el método basado en los datos con el guiado por el intérprete. El guiado por el intérprete es posible de tres maneras: controlando los parámetros de la delineación basada en los datos, bloqueando partes del geobody mientras otras áreas siguen creciendo y manipulando directamente la superficie de geobody de forma interactiva. Estas propiedades de los Adaptive Geobodies dan al intérprete control total sobre el proceso mientras se mantiene la conexión directa entre el objeto definido y los datos sísmicos.

La combinación de los métodos basados en los datos y guiados por el intérprete implica que los Adaptive Geobodies pueden ser usados para extraer cualquier cuerpo estratigráfico que se identifique dentro de la sísmica 3D. Los geobodies proporcionan una forma de incorporar los detalles de elementos geológicos complejos a un modelo geológico tridimensional con una resolución equivalente a la de la sísmica, ayudando a acercar la geofísica a los geólogos y la geología a los geofísicos. Los Adaptive Geobodies (Figura 4) son un ejemplo más de como GeoTeric utiliza procesos avanzados y técnicamente complejos para producir potentes herramientas que son simples de usar.



## Una Estrategia Unificada

El método de los Adaptive Geobodies ha sido extendido en la última versión de GeoTeric permitiendo que una estrategia similar pueda ser usada para interpretar, directamente desde la combinación de colores, aquellos objetos que puedan ser representados como una superficie. Esta técnica se denomina Adaptive Horizons (patente pendiente) y será ampliada en próximas versiones para incluir interpretación de fallas (Adaptive Faults).

GeoTeric también utiliza un método basado en los datos y guiado por el intérprete para llevar a cabo una clasificación de facies sísmicas intuitiva y eficaz. La técnica de Clasificación Interactiva de Facies (IFC+) en GeoTeric lleva a cabo una clasificación de facies basada en atributos utilizando unos algoritmos similares a los que Adaptive Geobodies y Adaptive Horizons utilizan para la delineación de objetos.

Con IFC+, ponemos el énfasis de nuevo en proporcionar potentes técnicas de análisis en un marco interactivo y fácil de usar. Esto es particularmente importante en la clasificación de facies sísmicas, ya que a menudo parece ser un proceso abstracto e incierto, en el que la conexión entre los resultados generados y la geología no está clara.

Utilizando un método basado en los datos y guiado por el intérprete, IFC+ aborda esto de tres maneras. En primer lugar utiliza el conocimiento geológico y geofísico del intérprete para seleccionar los atributos que más probablemente puedan diferenciar las facies de interés. En segundo lugar utiliza el conocimiento geológico del intérprete para seleccionar regiones en los atributos sísmicos o en los datos de pozos que más probablemente representen una facies concreta. En tercer lugar IFC+ proporciona un medio para examinar correlaciones de atributos sísmicos y propiedades geológicas de registros de pozos. La naturaleza interactiva de IFC+ permite que los resultados sean actualizados en tiempo real cuando el intérprete cambia parámetros o añade información nueva.

Esta interactividad proporciona un conocimiento geológico más profundo al mismo tiempo que permite comprobar y examinar diferentes escenarios de forma eficiente y rápida.

GeoTeric y el método Geological Expression de interpretación sísmica combinan el procesamiento de datos y la modelización convencional. GeoTeric representa un gran salto en la interpretación sísmica proporcionando acceso a una de las tecnologías de interpretación más potentes y sofisticadas disponibles hoy en día, en un paquete de software diseñado para mejorar la experiencia del usuario y maximizar la productividad. GeoTeric aumenta enormemente el conocimiento geológico que puede obtenerse en la sísmica 3D. El método basado en los datos y guiado por el intérprete utilizado en GeoTeric es fundamental para obtener la información valiosa contenida en la gran cantidad de datos sísmicos disponibles, una cantidad que además sigue aumentando debido a la fuerte inversión de la industria en adquisición.

Poseer mayor cantidad o mejor calidad de datos sísmicos solo tiene valor cuando se mejora el conocimiento del subsuelo en un plazo de tiempo que permita que el conocimiento adicional sea usado eficientemente. GeoTeric está diseñado para hacerlo. En esencia, GeoTeric traduce directamente datos geofísicos en información geológica permitiendo que tanto los geólogos y geofísicos con mucha experiencia como los jóvenes geólogos y geofísicos con menos experiencia puedan trabajar de forma eficiente. GeoTeric permite conocer mejor la geología y entender las incertidumbres de la interpretación, permitiendo además que ese conocimiento sea comunicado a todo el equipo de trabajo. Se ha demostrado que el uso de GeoTeric como parte del flujo de trabajo para interpretar el subsuelo contribuye a una ejecución de proyectos más eficaz y a tomar decisiones más informadas.

## Bibliografía:

Aversana, P.D, (2013), Cognition in Geosciences, EAGE Publications, 2013, ISBN 978-90-7384-41-5

Henderson J, Purves SJ, Leppard C and Spencer P. “Automated delineation of geological elements from 3D seismic data through analysis of multi-channel, volumetric spectral decomposition data, ”First Break, 25, pp 87-93, March 2007.”

Cremers D, Rousson M and Deriche R. A Review of Statistical Approaches to Level Set Segmentation: Integrating Color, Texture, Motion and Shape International Journal of Computer Vision Volume 72, Number 2, 195-215, February 2007.

Lowell J., Hunter A., Steel D., Basu A., Ruder R., Fletcher E., and Kennedy I. Optic nerve head segmentation. IEEE Transactions on Medical Imaging 23(2) 1 – 9, 2004.

Liang J., McInerney T. and Terzopoulos D. United Snakes, Medical Image Analysis, 10 (2) 215 – 233, 2006.

