

El Boletín para Nuestra Comunicación

INTRODUCCIÓN

Con esta segunda entrega de nuestro Boletín deseamos agradecer los buenos augurios y comentarios que recibimos de nuestros colegas con motivo del Boletín N° 1.

Los invitamos a continuar analizando y enriqueciendo con sus comentarios el material que encuentren en los Boletines, y también a enviarnos aquello que deseen se difunda por este medio. Al pie del Boletín encontrarán cómo comunicarse con nosotros.

Incluimos en este número un tema de gran desarrollo y aplicación actual: La Simulación Numérica Dinámica en Líneas de Flujo.

Presentamos los fundamentos y principales características de esta herramienta que complementa a la tradicional Simulación

Dinámica de Reservorios por Diferencias Finitas y que en algunos casos puede suplantarla permitiendo rápidamente evaluar múltiples Escenarios geológicos e ingenieriles para decisiones certeras y rápidas.

En entregas posteriores de este Boletín avanzaremos sobre un área en el que la Simulación en Líneas de flujo realiza aportes muy importantes: la Recuperación Secundaria con su Diseño y Optimización de Mallas de implementación.

Finalizamos este Boletín, como ya lo hicimos antes, con la Sección Novedades.

Esperamos poder satisfacer sus expectativas. ↗

SIMULACIÓN NUMÉRICA DINÁMICA EN LÍNEAS DE FLUJO CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPALES APLICACIONES

LA SIMULACIÓN NUMÉRICA DINÁMICA EN LÍNEAS DE FLUJO (SNDLF)

A medida que se incrementa la necesidad de una representación más adecuada de la realidad geológica y de los movimientos de los fluidos en los Reservorios de Petróleo, los Modelos Numéricos cada vez resultan más complejos. Los programas de Simulación Numérica Dinámica basados en cálculos de Diferencias Finitas o de Elementos Finitos se ven forzados a brindar soluciones en una escala "gruesa" debido a las limitaciones habituales de Hardware, tales como la cantidad de Memoria Operativa (aproximadamente 5 KB de RAM por celda activa) y a los Tiempos Aceptables para las Corridas (Tamaño del TimeStep controlado por el Tamaño de las Celdas).

Por otro lado, en los últimos años los investigadores dedicados a la Simulación Numérica de Reservorios han volcado muchos esfuerzos en minimizar los impactos de los Upscaling cuando se pasa de un Modelo Estático en escala geológica "fina" a un Modelo Dinámico en escala "gruesa".

La Simulación Numérica Dinámica en Líneas de Flujo (SNDLF) constituye una alternativa innovadora y muy atractiva que permite el manejo de Modelos Dinámicos en una escala "fina" (sin Upscaling) ya que, al desacoplar la geometría y heterogeneidad del flujo de las ecuaciones de transporte, la SNDLF resulta computacionalmente más rápida y eficiente en la resolución de problemas dominados por flujos convectivos (sistemas no altamente compresibles)^[1 y 2].

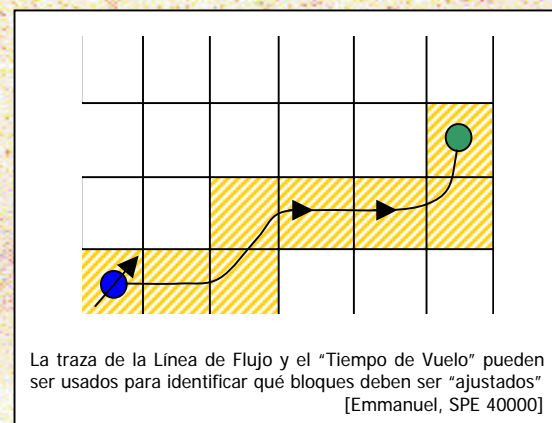
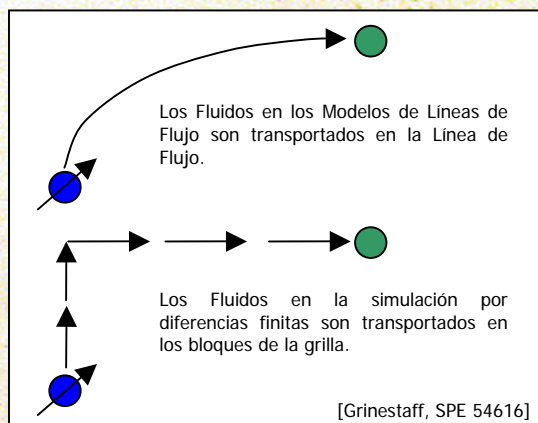


Fig. 1 El Flujo de Fluidos y los Ajustes del Modelo Estático utilizando Líneas de Flujo

La Simulación en Líneas de Flujo comienza resolviendo las ecuaciones de flujo mediante la obtención del campo tridimensional de Presiones considerando las propiedades de las rocas, fluidos y condiciones de contorno. Posteriormente, se trazan las Líneas de Flujo siguiendo el gradiente de Presiones, en forma tangencial al campo vectorial de velocidad total, y plantea la ecuación de transporte de fluidos, aplicando la Ley de Darcy correspondiente, a lo largo de la Línea de Flujo en forma unidimensional. Para ello sustituye en esa ecuación las variables x , y , z por una variable τ , llamada Tiempo de Vuelo (TOF, Time of Flight), que representa el tiempo que un trazador neutral requiere para alcanzar un punto "s" de la Línea de Flujo. De esta forma las Líneas de Flujo dejan de ser tan sensibles a la forma y tamaño de los bloques.

A continuación se resuelve un Balance de Masa en cada Línea de Flujo para mover la composición del fluido en el tiempo, se mapea esa composición a lo largo de cada línea y finalmente se distribuye el fluido en la vertical considerando el efecto gravitatorio y volviéndolo a mapear en la grilla 3D. Así, automáticamente, se vuelve a comenzar el ciclo resolviendo el campo de presiones en cada paso temporal deseado.

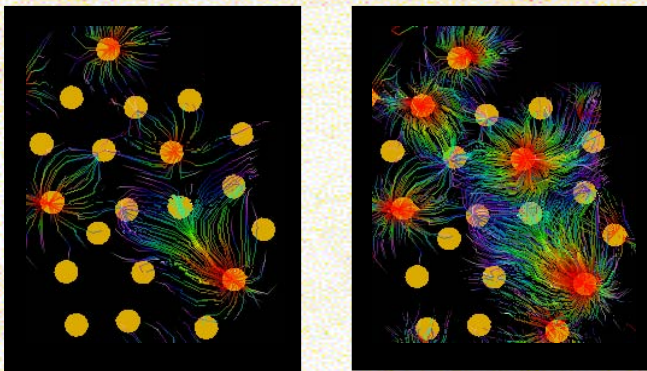


Fig. 2 Líneas de Flujo y Tiempo de Drenaje, vista en planta, en dos estadios de un proceso de Barrido con Agua

Todo este proceso de simulación es rápido, lo que permite tener una gran discretización espacial, y por lo tanto, representar en mayor medida la heterogeneidad de los reservorios de manera más cercana a la realidad.

Merece destacarse, como lo muestra la Fig. 1, que en los Modelos de Líneas de Flujo, el fluido es transportado en la dirección de los gradientes de presiones, a lo largo de las líneas de flujo y no entre bloques de grilla como ocurre en la Simulación por Diferencias Finitas y que la traza de la Línea de Flujo y el Tiempo de Vuelo permiten identificar los bloques que requerirían ser "modificados" en un eventual proceso de Ajuste Histórico.

Sin embargo, cabe acotar que la resolución de las Líneas de Flujo considera que éstas no cambian significativamente con el tiempo, cosa que sí ocurre con los sistemas altamente compresibles, donde, por lo tanto, los métodos de las Diferencias Finitas son superiores.

Las principales aplicaciones en las cuales la SNDLF resulta exitosa son las siguientes^[3; 4 y 5], ver Figs. 2, 3 y 4:

- **Ranking de Grandes Modelos Geológicos para la Caracterización Temprana de Reservorios** basada en la integración de la información estática y dinámica disponible;
- **Calibración de Modelos Geológicos en Escala Fina** para evaluar los procedimientos geostatísticos y las técnicas de Upscaling, realizando Sensibilidades a distintos parámetros. Permite trabajar con Modelos que contienen un gran número de celdas en tiempos de procesamiento cortos;
- **Optimización de la Locación de Pozos Interdistanciados**, basada en la más ajustada calibración del Modelo Geológico, que permite reflejar la geometría y heterogeneidad de los reservorios más detalladamente;

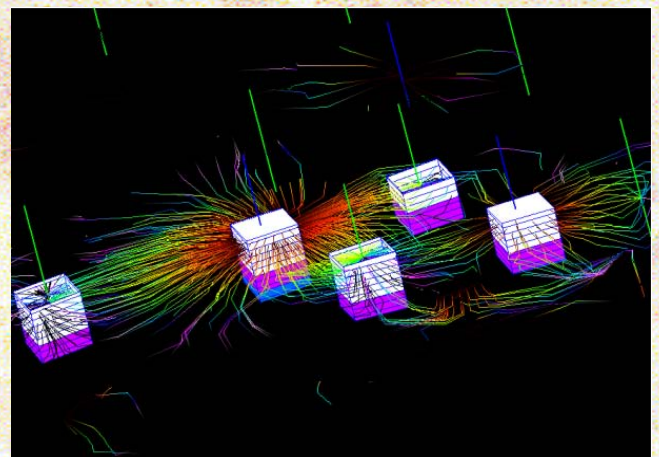


Fig. 3 Líneas de Flujo y Tiempo de Vuelo, vista 3D

- **Evaluación, Optimización y Seguimiento de la Recuperación Secundaria** utilizando Nuevos Parámetros, función de las propiedades estáticas y dinámicas de los reservorios, como son las Líneas de Flujo con los TOF y las Conectividades entre inyectores y productores (WAF, Well Allocation Factors);
- **Identificación de las zonas del reservorio** donde principalmente ocurre el flujo de fluidos tanto en las cercanías de pozos inyectores como productores;
- **Optimización del Diseño de las Mallas de Recuperación Secundaria** basadas en una clara y cuantitativa relación entre pozos productores e inyectores;
- **Disminución sustancial de los Tiempos de Procesamiento**, comparando con la Simulación en Diferencias Finitas. Para los grandes yacimientos esta característica significa abrir la posibilidad de acceder a un proceso de Simulación Numérica Dinámica;
- **Ajuste Histórico Integral de Modelos Estático – Dinámicos en Escala Fina.** Esta es una tarea que habitualmente las Diferencias Finitas no pueden desarrollar.

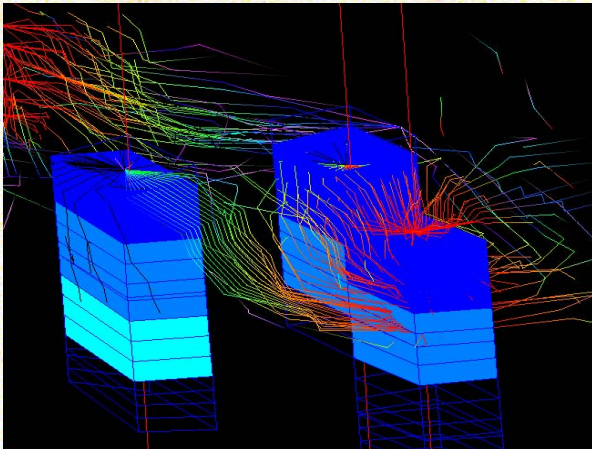


Fig. 4 Líneas de Flujo y Tiempo de Vuelo comunicación entre capas

LA SNDLF Y LA ESTADÍSTICA INTEGRAL AUTOCORRELADA (EIA)

Como expresamos en nuestro Boletín N° 1, la EIA brinda procedimientos apoyados en conceptos estadísticos autocorrelados, basados en análisis variográficos de las propiedades, integrados con el comportamiento productivo de los reservorios.

Complementariamente la SNDLF, con su capacidad de identificar las zonas involucradas en el proceso de inyección y producción por pozo, permite relacionar de manera directa las propiedades de esas zonas con el comportamiento dinámico en sí mismo.

Además la SNDLF puede trabajar con los Modelos Geológicos a nivel de Escala Fina reflejando detalladamente la geometría y heterogeneidades de los reservorios.

NOVEDADES

Deseamos comentarles que MG&A representa a StreamSim Inc. con su **Software 3DSL para Modelado Dinámico en Líneas de Flujo**.

3DSL es un Simulador 3D y trifásico para modelar en Líneas de Flujo procesos de inyección-producción en yacimientos de petróleo, cuenta con **Studio SL**, para post-procesar alguna de las salidas de **3DSL**. En la Página Web de StreamSim: www.streamsim.com, podrá encontrarse más información sobre **3DSL** y la Simulación en Líneas de Flujo.

Realizamos el Soporte Técnico y Entrenamiento para el manejo de 3DSL. Para ello llevamos a cabo programas de adiestramiento en nuestras oficinas y dictamos Cursos Talleres de aplicación.

Es decir que estas dos herramientas, la EIA y la SNDLF, brindan un camino entre las Realizaciones "cuantitativas" Estáticas y Dinámicas que conduce a la obtención del Modelo de Yacimiento más probable, acorde con la información disponible, ya sea en los estadios iniciales, como intermedios o maduros de los yacimientos

REFERENCIAS

- [1] Thiele, M. R.: "Streamline Simulation", paper presented at the 6th International Forum on Reservoir Simulation (September 2001), Schloss Fuschl, Austria.
- [2] Samier, P.; Quetier, L. and Thiele, M.: "Applications of Streamline Simulations to Reservoir Studies", paper SPE 78883 (August 2002) 324-332.
- [3] Emanuel, A. S. and Milliken, W. J.: "History Matching Finite Difference Models with 3D Streamlines"; paper SPE 49000 in Proceedings of the 1998 ATCE, New Orleans, LA.
- [4] Baker, R. O.; Kuppe, F.; Chugh, S.; Bora, R.; Stojanovic, S. and Batycky, R. P.: "Full-Field Modeling Using Streamline-Based Simulation: 4 Case Studies"; paper SPE 66405 presented at the SPE Reservoir Simulation Symposium held in Houston, Texas, USA (February 2001).
- [5] Batycky, R. P., Thiele, M. R. and Blunt, M. J.: "A Streamline-Based Reservoir Simulation of the House Mountain Waterflood", SCRF (1997).



Sesión de trabajo de profesionales de MG&A y de la Empresa productora contratante en la Modelación Dinámica de un importante yacimiento de petróleo utilizando Líneas de Flujo.

Como usuarios finales que somos del software, en nuestras tareas de Consultoría, podemos brindar una experiencia de manejo muy rica y variada.

Precisamente en la foto anterior se muestra una Sesión de trabajo de profesionales de MG&A y de la empresa contratante, en el Modelado Dinámico de un importante yacimiento de petróleo, bajo Recuperación Secundaria, de la Cuenca Neuquina.



Carla De Micco, joven Ingeniera recientemente incorporada a nuestro grupo en Ingeniería de Reservorios – Simulación Numérica.

En la foto de arriba aparece Carla De Micco Ingeniera recientemente incorporada a nuestro grupo como parte del equipo de Ingeniería de Reservorios y Simulación Numérica, Carla está particularmente participando en los trabajos de Simulación Dinámica por Líneas de Flujo.


Continuamos participando, tanto como asistentes, autores de las secciones técnicas o como expositores de las Muestras, en distintos Congresos y Reuniones Técnicas Internacionales, tal como se muestra en la foto de abajo.




Mirta Galacho, Pablo Vázquez, Néstor Galacho y Luciana Masud asistiendo a la Presentación del poster de MG&A durante el 2º Congreso de Hidrocarburos organizado por el IAPG

Contáctenos

: mgyasoc@mgyasoc.com.ar

: www.mgyasoc.com.ar

 (5411) 4325-8985; Gratuito desde México: 01 800-123-4788