

El Boletín para Nuestra Comunicación

INTRODUCCIÓN

En esta entrega queremos compartir con Uds. nuestra experiencia en “REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA) en Geociencias e Ingeniería de Yacimientos de Petróleo y Gas”.

Las redes neuronales son una herramienta muy útil y eficaz para enfrentar problemas de caracterización de reservorios, ya sea determinando permeabilidades de pozos que no han sido coroneados o, por ejemplo, determinando la evolución de presiones estáticas tal como lo mostraremos en estos Boletines.

La utilización de Redes Neuronales Artificiales (RNA) constituye una línea de trabajo, que excede la capacidad de predicción de los métodos convencionales. La ventaja de esta técnica es que no requiere que todos los

parámetros y las relaciones entre ellos sean especificados explícitamente.

Como en nuestros Boletines anteriores, los invitamos a enviarnos sus comentarios y/o propuestas o requerirnos mayor información que la presentada.

De interesarles disponer los Boletines anteriores podrán encontrarlos en nuestra Página Web. Al pie del Boletín hallarán la dirección de la Página y también otras formas de comunicarse con nosotros.

En el año 2013 cumplimos 25 años de trayectoria en América Latina y particularmente en Argentina. Agradecemos a las Empresas que nos acompañan en nuestro primer cuarto de siglo.

LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

FUNDAMENTOS Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Esta herramienta simula el proceso cognitivo del cerebro y es de mucha utilidad para resolver aquellos problemas que no pueden ser solucionados por los métodos numéricos convencionales. Las RNA, funcionan como sistemas dinámicos no lineales que aprenden a reconocer patrones a través del entrenamiento.

En contraste con los métodos de regresión lineal, las RNA no fuerzan la predicción a caer cerca de los valores medios y, por lo tanto, **permiten preservar la variabilidad real de los datos** (Bhatt 1999).

La experiencia de aplicación de las RNA muestra que no hay un "método óptimo universal" de las mismas, por lo que puede ser necesario probar diferentes métodos para cada caso. Tal como veremos, estos aspectos son incluidos en la llamada Etapa de Validación de la RNA aplicada, por un lado se valoran los datos predichos y paralelamente se analiza si el tipo de RNA utilizado es el conveniente.

La red tiene dos componentes principales: Nodos o Neuronas y conexiones (nexos ponderados entre las neuronas). Luego de la exposición de las muestras al entrenamiento, las neuronas computan los valores de activación y los transmiten a otras, de una forma que depende del algoritmo de aprendizaje que se use, ver Fig. 1.

El proceso de aprendizaje de las BP-RNA, consiste en transmitir hacia delante en la red los valores de entrada y entonces calcular la diferencia entre el Output predicho y el Output medido. Esta información de error es propagada hacia atrás con el fin de modificar los pesos de los links entre capas ocultas. Después de un cierto número de iteraciones, el entrenamiento finaliza logrando la mejor aproximación entre los valores predichos y los medidos (Bhatt 1999, 2001).

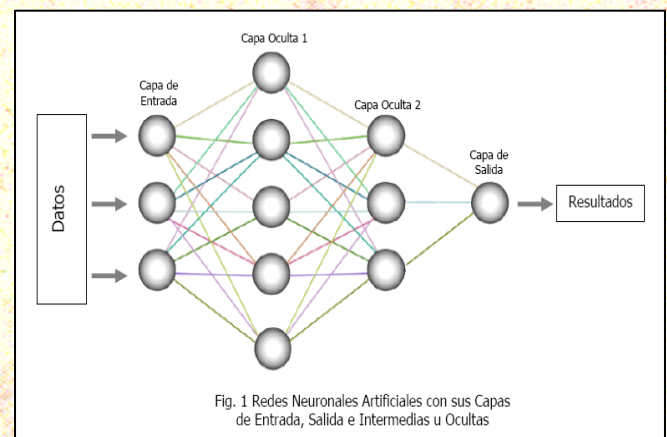


Fig. 1 Redes Neuronales Artificiales con sus Capas de Entrada, Salida e Intermedias u Ocultas

ARQUITECTURA DE LA RNA

En el presente trabajo se utilizó una Red Neuronal de Retro-Propagación Multicapa (Back-Propagational Artificial Neural Network (BP-RNA), Software utilizado: LESA® – Módulo Esteem de Digital Formation).

El entrenamiento de una RNA estará condicionado, más allá de los datos de entrada utilizados, por 3 parámetros intrínsecos: el número de capas ocultas, el número de iteraciones y la cantidad de neuronas en las capas ocultas. La óptima elección de estos parámetros determinará los tiempos y la bondad de los entrenamientos. No existe modelo matemático que describa la red entrenada, ésta sólo puede definirse por su topología (número de capas y cantidad de neuronas en cada capa) que determinan el número de interconexiones y la fuerza de esas interconexiones.

LAS RNA Y LOS CONJUNTOS PEQUEÑOS DE DATOS

Una de las aplicaciones frecuentes e importantes de las RNA es para “conjuntos pequeños de datos”, donde, en ciertas condiciones, se produce lo que técnicamente se llama “sobre ajuste” (over fitting) de los datos.

Estas aplicaciones ocurren en las Geociencias y la Ingeniería del Petróleo y Gas pues con frecuencia se dispone un número limitado de datos adquiridos en el laboratorio o campo, ya sea por encontrarse el yacimiento en la etapa inicial de su desarrollo; o por problemas de costos; o por limitaciones logísticas; etc.

En esos casos se podrán tener:

- Pocas coronas,
- Escasas mediciones de presiones estáticas
- Pocos pozos perforados, con toda su información relativa.
- Conjuntos reducidos de Perfiles de pozo, etc.

Coincidiendo con varios autores, pudimos verificar que las RNA disminuyen efectivamente el error de predicción cuando existe una relación subyacente entre las variables, tema que es de gran importancia en los casos de aplicación en “conjuntos pequeños de datos”.

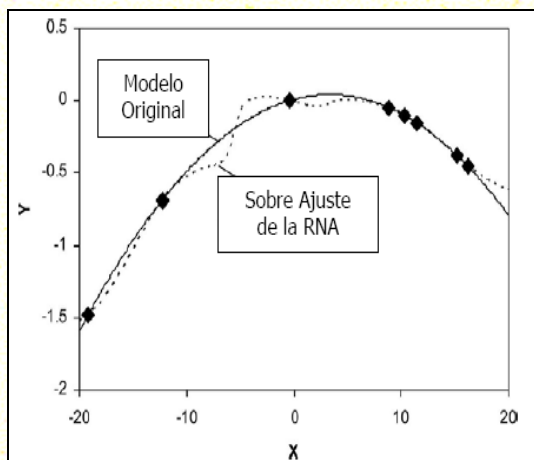


Fig. 2 Predicción inadecuada de las RNA, con una función sobre ajustada. La RNA ajusta a todos los puntos dato, pero interpola y extrapola pobremente. Kaviani (2008)

En estas aplicaciones, el uso de las RNA puede dar lugar a un sobre-ajuste al tren de datos, logrando una mala predicción de otros puntos (Fig. 2).

En el caso aquí presentado verificamos que las BP-RNA logren un buen comportamiento del error de validación, disminuyéndolo con la modificación del número de Capas Ocultas o Nodos.

Después de esta breve reseña de las RNA y sus características, presentaremos dos ejemplos de aplicación, uno desarrollado en las Geociencias y el otro en la Ingeniería de Yacimientos de petróleo y gas.

En el primero se predicen valores de permeabilidad de un yacimiento, escasamente medida por el número limitado de coronas extraídas y en el segundo se predice la evolución de la presión estática de yacimiento, también escasamente registrada.

MODELO DE PERMEABILIDADES DE RESERVORIO UTILIZANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES

El objetivo de este trabajo es generar un modelo de permeabilidad 3D para el reservorio de la Fm. Lotena en el yacimiento Anticlinal Campamento, Cuenca Neuquina, que refleje las heterogeneidades, a la escala del reservorio, con mínimas incertidumbres

La adecuada predicción de la permeabilidad en todos los pozos y su más probable distribución en una grilla, son fundamentales en el Modelo Estático a ser usado en una Simulación Numérica Dinámica del yacimiento. Las permeabilidades de pozo fueron estimadas aplicando Redes Neuronales Artificiales (RNA) y distribuidas en la grilla por Kriging Ordinario.

El grupo de perfiles de pozo disponible limitó el tamaño del conjunto de datos de entrada. Se realizaron análisis de sensibilidad y se concluyó que el mejor conjunto de datos de entrenamiento estaba compuesto por los siguientes perfiles: Potencial Espontáneo (SP), Resistividad Profunda y Porosidad (de los perfiles sísmicos), como parámetros de entrada y permeabilidades de corona, como datos de salida. Se obtuvo un coeficiente de correlación del 90% entre los datos de corona y la permeabilidad predicha, lo que confirmó la bondad del procedimiento aplicado.

Se observó que el modelo generado de permeabilidades permitió identificar barreras de conectividad indicadas previamente por la falta de conexión entre pares de inyector-productor, lo que permitió también concluir que el Kriging Ordinario fue un método adecuado para poblar la grilla del modelo.

Finalmente un muy satisfactorio Ajuste Histórico de la producción, en un Modelo Numérico Dinámico, confirmó la calidad del modelo de permeabilidades logrado, como una buena solución para un viejo problema.

Breve Descripción del Yacimiento

Anticlinal Campamento inició su producción primaria en 1954 y a fines de 1983 se comenzó el desarrollo de un proyecto piloto de Recuperación Secundaria por Inyección de Agua.

La estructura en la que se encuentra el yacimiento es un anticlinal elongado E-W atravesado por fallas de rumbo aproximado N-S, que lo dividen en tres bloques: Oriental, Central y Occidental. En este trabajo se analizaron los reservorios de la Formación Lotena en el Bloque Oriental.

METODOLOGÍA APLICADA

Para obtener la Permeabilidad por pozo se aplicaron las RNA de Retropropagación tal como se describió previamente.

DESARROLLO: ELECCIÓN DE PARÁMETROS Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Sólo 2 pozos del Yacimiento tenían información de corona disponible y una suite completa de perfiles (NPHI, DT, RHOB, SP, GR, Resistivos) mientras que 11 pozos disponían registros SP, Resistivos y Sónico. Los 25 pozos restantes carecían de perfiles de porosidad.

En base a la información disponible, se efectuaron análisis de sensibilidad con el fin de seleccionar los parámetros de entrada a las RNA de mayor influencia en la estimación de la permeabilidad.

Inicialmente se entrenó una red ideal que contaba con la suite completa de perfiles como parámetros de

entrada. El objetivo fue exponer la RNA ante las mejores condiciones posibles para verificar su poder de predicción.

El excelente ajuste obtenido (Fig. 3) alentó el entrenamiento con un conjunto más restringido de datos, acorde con la información disponible.

Se efectuaron correlaciones entre los distintos parámetros disponibles (Fig. 4) y se evaluaron varios casos de entrenamiento empleando combinaciones de datos. Finalmente se concluyó que el set más adecuado debía estar conformado por perfiles SP, ILD y Porosidad Efectiva interpretada del Perfil Sónico.

Otro análisis consistió en ir variando los parámetros intrínsecos de las RNA, hasta obtener el mejor ajuste.

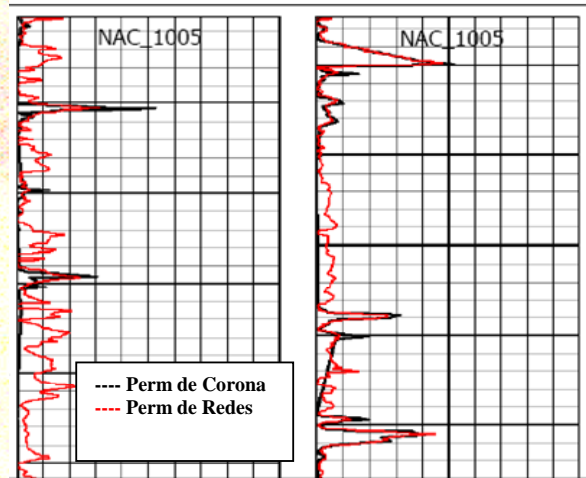


Fig. 3- Entrenamiento Inicial de Permeabilidad con Perfiles SP, ILD, DT, RHOB y NPHI

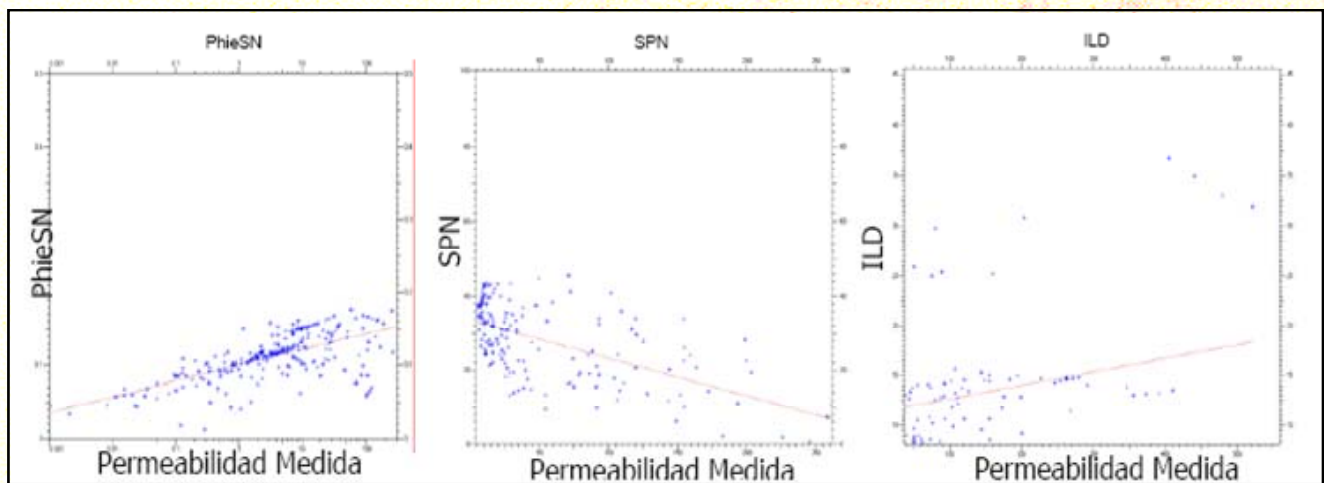


Fig. 4 Correlación entre la Permeabilidad Medida y los Perfiles SPN, ILD y PHIESN.

TAREAS DESARROLLADAS - RESUMEN

En los 11 pozos con registro sónico disponible se calcularon las porosidades efectivas mediante análisis petrofísicos de perfiles y validación con las porosidades medidas en los pozos con corona.

En aquellos pozos carentes de perfiles de porosidad, se estimó esta variable utilizando las RNA. Los análisis multivariados en los pozos que disponían del set completo de perfiles arrojaron como resultado una buena correlación entre los perfiles ISP e ILD con el perfil de porosidad calculado. Se entrenó entonces una red neuronal con los perfiles ISP, ILD, PHIE de los 11 pozos mencionados, lográndose un ajuste muy bueno entre el perfil predicho y la porosidad efectiva calculada. Estos resultados fueron validados con la porosidad de corona de pozo.

Este entrenamiento fue aplicado al resto de los pozos logrando así disponer de un perfil de porosidad efectiva en la totalidad de los mismos. Una vez obtenida la porosidad efectiva se procedió a entrenar una red neuronal

que lograra reflejar en sus predicciones la heterogeneidad en la permeabilidad presente a escala de reservorio.

La Red Neuronal, que fue entrenada en los dos pozos con corona disponible, utilizó 3 neuronas en la capa de entrada: registros de pozo SPN, ILD y Porosidad Efectiva Sónica; 15 y 8 neuronas repartidas en dos capas ocultas y 1 neurona en la capa de salida: la permeabilidad absoluta en condiciones de NOBP (Presión Neta de Confinamiento). Los parámetros básicos seleccionados según los análisis de sensibilidad fueron: 30 sistemas expertos en paralelo y 500 iteraciones.

PRÓXIMA ENTREGA

En el próximo Boletín analizaremos los resultados y la bondad de las redes en la predicción de la permeabilidad, y en la siguiente entrega sobre la predicción de la evolución de la presión estática.

Como siempre, es nuestro deseo compartir experiencias y conocimientos con nuestros colegas que nos faciliten a todos la resolución de problemas complejos.

“Tecnología de Avanzada” En Modelo Integrado

MG&A Oil&Gas ofrece su vasta experiencia a las Compañías del Upstream del Petróleo y Gas que operan en América Latina, brindándoles una amplia gama de Servicios Integrados en:

Caracterización Temprana de Yacimientos
Revitalización de Campos Maduros
Yacimientos No Convencionales
Certificación y Auditoría de Reservas
Cursos y Transferencia de Tecnología

Para brindar estos Servicios trabajamos, en ocasiones con nuestros clientes, en:

Geología	Ingeniería de Reservorios.
Sedimentología	Simulación Numérica Dinámica
Estratigrafía	Predicciones Dinámicas por Redes Neuronales
Petrofísica	Ingeniería de Producción
Geofísica	Evaluaciones de Riesgo
Geoestadística	Evaluaciones Económicas
Modelado Estático	Auditorías Técnicas & Económicas

Nuestras Recomendaciones Técnicas optimizan la economía de los proyectos

Caracterización Temprana - Revitalización de Campos Maduros - Yacimientos No Convencionales