

Desarrollo de una aplicación computacional para apoyar el aprendizaje de la cátedra perfilaje de pozos

Development of a computer application for the learning support of the well logging course

Araujo, Jean¹; Bracho, Carolina¹ y Gambus, Maika^{2*}

¹Escuela de Petróleo. ²Instituto de Investigaciones Petroleras. Facultad de Ingeniería. LUZ

Maracaibo 4001, Venezuela

*mgambus@fing.luz.edu.ve

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo principal presentar una aplicación computacional para apoyar el aprendizaje de la cátedra Perfiles de Pozos de la carrera de ingeniería de petróleo en la Universidad del Zulia. Específicamente, ésta aplicación proporciona la corrección de las curvas de algunos registros de pozos corridos a hoyo abierto, utilizando como base, ecuaciones generadas mediante el uso de la técnica de regresión lineal por mínimos cuadrados. Las correcciones son referidas a la eliminación de desviaciones registradas en las señales que recibe la sonda debidas a los diferentes ambientes por los que éstas viajan antes y después de alcanzar la zona virgen, zona donde se localizan los fluidos presentes en los yacimientos. Las gráficas para corregir estos ambientes (hoyo, lodo, revoque, capas adyacentes e invasión) fueron suministradas por la empresa Schlumberger. Adicionalmente, esta aplicación computacional incluye cálculos de parámetros básicos para evaluar formaciones limpias. La programación ha sido desarrollada bajo el ambiente Visual Basic 6.0 y está estructurada en tres (3) módulos principales: carga y preparación de registros, cálculos iniciales, y correcciones ambientales. El proceso de corrección se realiza de manera rápida y sencilla, generándose curvas resultantes de entrada para propósitos de evaluación petrofísica. De manera similar, la aplicación computacional llamada ProCerp v.1.0, Programa Computacional para la Corrección en Registros de Pozos, permite exportar las curvas resultantes y ser utilizadas por otras aplicaciones.

Palabras clave: Aplicación computacional, perfilaje de pozos, aprendizaje, evaluación petrofísica.

Abstract

The main objective of this article is to present a computer application for the learning support of the Well Logging course in the petroleum engineering career at la Universidad del Zulia. Specifically, this application allows the correction of open hole well log curves, based on equations generated by using the square minimum linear regression technique. These corrections refer to the elimination of some deviations originated in the signals that are registered by the well logging probe, once they travel through different environment, before and after reaching the unwashed zone, where the original fluids exist in the reservoirs. Therefore, Schlumberger corrections charts are used to take into account the effect of wellbore, mud fluid, mudcake, adjacent layers, and invasion on the well log curves. Also, this software includes some basic calculations for clean formation evaluations. The programming of this software has been developed by using the Visual Basic 6.0 platform, and it is structured by three main modules: load and preparation of well logs module, the main calculation module, and the environmental corrections module. The correction process is done in a quick and simple way, generating final curves for petrophysical evaluation purposes. Similarly, the software named ProCerp v.1.0, because of its abbreviation in Spanish, allows the exportation of the resulting curves and these can be used by other applications.

Key words: Computer application, well logging, learning, petrophysical evaluations.

1 Introducción

El perfilaje de pozos es una técnica utilizada en la industria petrolera, para grabar propiedades roca – fluido y encontrar zonas de hidrocarburos en las formaciones geológicas dentro de la corteza terrestre. En el año 1927, los hermanos Marcel y Conrad Schlumberger realizaron el primer registro eléctrico en un pequeño campo petrolero en Pechelbronn al noreste de Francia, éste registró una gráfica de resistividad eléctrica de las formaciones rocosas atravesadas por el pozo. Rápidamente se identificó en la industria petrolera, la utilidad de la medición de la resistividad para propósitos de correlación y para la identificación de las capas potencialmente portadoras de hidrocarburos (Daza, 2005).

En el año 1929, el registro de resistividad eléctrica se introdujo comercialmente en Venezuela, Estados Unidos y Rusia. Con el paso de los años, los hermanos Schlumberger, perfeccionaron el método de registro continuo y desarrollaron el primer trazador gráfico, haciendo cada vez más útil el uso del perfilaje de pozos. Las herramientas de perfilaje fueron desarrolladas con el pasar de los años, midiendo propiedades eléctricas, acústicas, radioactivas, electromagnéticas, y otras relacionadas no solo a las rocas, sino también a sus fluidos (Daza, 2005).

Hoy en día contamos con numerosas herramientas, así como programas que registran estas medidas y proveen al usuario la facilidad de una rápida interpretación y certidumbre en sus evaluaciones petrofísicas.

Desafortunadamente, éstos programas poseen licencias comerciales, y debido a los altos costos asociados y dificultades para su adquisición y actualización, los estudiantes no disponen de estos recursos instruccionales en su formación académica, por lo que el presente artículo presenta una aplicación computacional para apoyar el aprendizaje de la cátedra Perfiles de Pozos, de la carrera de ingeniería de petróleo en la Universidad del Zulia. La misma está diseñada, fué implementada y evaluada para ayudar a estudiantes universitarios de pregrado a mejorar la comprensión de los contenidos programáticos de la referida cátedra y a reconocer potenciales prospectos contentivos de hidrocarburo, por medio de la ejecución de tareas y ejercicios, ya que específicamente, ésta aplicación proporciona la corrección de las curvas de algunos registros de pozos corridos a hoyo abierto e incluye cálculos básicos para una rápida evaluación e interpretación petrofísica.

La revista *Ciencia e Ingeniería* considerará para su publicación trabajos relacionados con todas las áreas de la ingeniería.

2 Desarrollo de la aplicación computacional

ProCerp v.1.0, Programa Computacional para la Corrección en Registros de Pozos, es una aplicación programada bajo el ambiente Visual Basic 6.0, que integra diversas funciones necesarias para realizar la revisión y

corrección de ciertos registros de pozo a hoyo abierto, de manera tal que el usuario realice una interpretación mucho más certera.

Las cálculos que realiza ProCerp v.1.0 fueron establecidos partiendo de las gráficas de corrección de Schlumberger (Schlumberger, 2005). A partir de estas gráficas digitalizadas se obtuvieron los datos para aplicar el método de regresión por mínimos cuadrados y obtener las ecuaciones resultantes utilizadas en la programación de esta aplicación computacional. El método de mínimos cuadrados consiste en un análisis numérico, en el cual dados un conjunto de pares, se intenta encontrar la función que mejor se aproxime a los datos de acuerdo con el criterio del mínimo error cuadrático. En su forma más simple, intenta minimizar la suma cuadrática de las diferencias ordenadas entre los puntos generados por la función y los correspondientes en los datos.

ProCerp v.1.0, corre en sistema operativo Windows Vista teniendo fácil acceso a las opciones disponibles y está diseñado de manera simple y sencilla, para que nuevos usuarios sean capaces de aprender a usarlo rápidamente.

3 Estructura de la aplicación computacional

ProCerp v.1.0 se encuentra estructurado por tres (3) módulos principales: Módulo de carga y preparación de registros, módulo de cálculos básicos, y módulo de correcciones ambientales

3.1 Módulo de carga y preparación de registros

Este módulo permite realizar la carga de los datos necesarios para el buen funcionamiento de las herramientas. Requiere de registros de pozos en formato Log ASCII. Los datos de archivos de pozos funcionan como fuente de los registros de propiedades de interés.

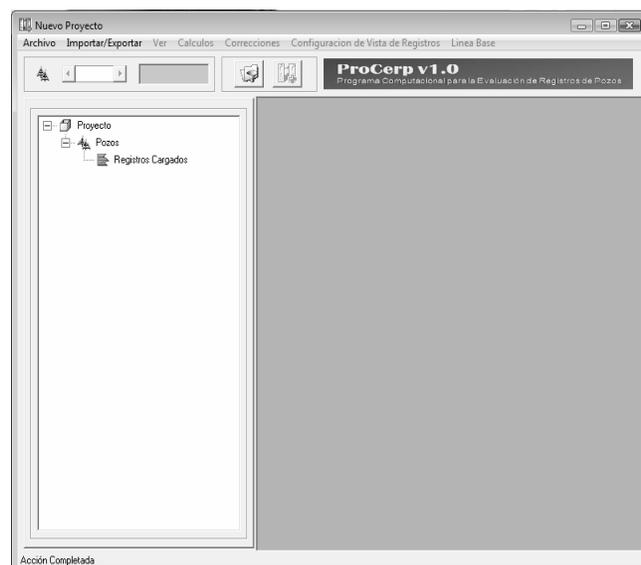


Fig. 1. Módulo de carga y preparación de registros

La Fig. 1 muestra la ventana principal del programa, donde se observan los botones de Archivo e Importar/Exportar que son los principales para comenzar a trabajar en la aplicación.

3.2 Módulo de cálculos básicos

Una vez ubicados en el espacio de trabajo con los pozos a estudiar cargados, pasamos al módulo de cálculos básicos, que permite la ejecución de diversos cálculos simples de análisis de registros (ver Fig. 2).

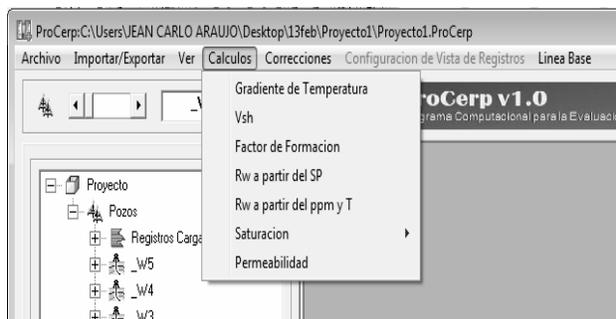


Fig. 2. Contenido del modulo de cálculos de ProCerp v.1.0

Entre los cálculos que realiza la aplicación computacional tenemos:

Cálculo de la resistividad del agua de formación (R_w) a partir del registro de pozo potencial espontáneo (SP).

Las formaciones siempre contienen agua y conducirán electricidad en la medida que el agua presente sales disueltas. La resistividad del agua de formación (R_w) es la resistividad de una muestra de 1 metro de longitud y área transversal de 1 metro cuadrado conteniendo agua de formación a una temperatura específica (Schlumberger, 1972). La estimación de este parámetro puede realizarse a partir del registro de potencial espontáneo, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones: Formación saturada 100% de agua salada (acuífero), limpia (con un porcentaje en volumen de arcillas menor al 5%) y con espesor mayor a los 30 pies (estrato grueso).

Como un ejemplo del flujo de trabajo que se desarrolla en la aplicación computacional, a continuación se presenta la ecuación (1) generada al usar la técnica de mínimos cuadrados a la gráfica SP-1, considerando las lecturas del registro de potencial espontáneo estático (SSP). La ecuación (1) es utilizada para generar los puntos que se superponen en la Fig. 3.

$$\frac{R_{mfe}}{R_{we}} = 10^{a + (b * SSP)} \tag{1}$$

donde R_{mfe} y R_{we} es la resistividad del filtrado del lodo equivalente y la resistividad del agua de formación equivalente, respectivamente; y a, b son coeficientes generados (ver tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes generados correspondientes a la ecuación (1)

Temperatura	a	b
100°F	3.487697E-03	-1.354555E-02
200°F	-4.661000E-03	-1.140790E-02
300°F	1.584600E-04	-9.835900E-03
400°F	1.635250E-03	-8.702200E-03
500°F	-1.387062E-03	-7.852361E-03

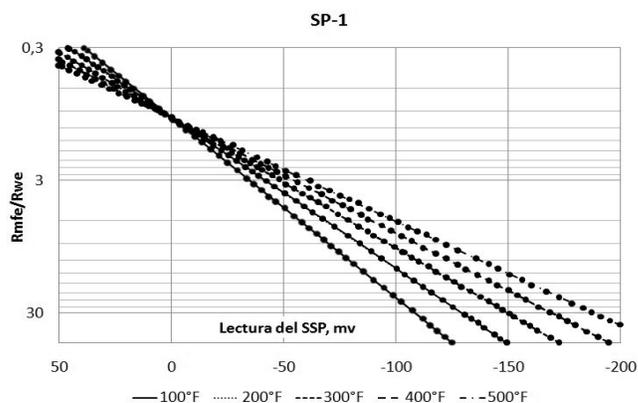


Fig. 3. Gráfica de corrección SP-1. (Schlumberger, 2005)

Los resultados de la ecuación generada son mostrados como puntos en la Fig. 3, reflejando un aceptable cotejo al compararlos con cada línea teórica referencial de la gráfica.

Cálculo de R_w a partir la salinidad y la temperatura de la formación.

Por medio de iones monovalentes y polivalentes, el agua conduce la corriente eléctrica. Los iones monovalentes solo pueden llevar una carga, por ello, la capacidad de un electrolito para conducir la electricidad va a depender del número de iones por unidad de volumen (concentración) y de la velocidad del ión (movilidad). Sodio, cloro y potasio, por ejemplo, presentan iones monovalentes comunes que lleva el agua en su composición. Calcio, Magnesio, Azufre, Sulfato, Carbonato, etc; representan iones polivalentes (Darling, 2005).

La resistividad de una muestra de agua puede ser estimada a partir de su análisis químico (Tiab y col., 1959). Usualmente, una concentración equivalente de NaCl es determinada manualmente y posteriormente requerida para estimar la resistividad del agua de formación (R_w) a una temperatura específica.

La aplicación computacional desarrollada permite realizar este cálculo de manera rápida y certera, una vez introducida la composición química del agua de formación.

Cálculo del gradiente de temperatura.

ProCerp v.1.0 permite generar una curva continua de temperatura, logrando observar variaciones de este parámetro a lo largo de la profundidad del pozo.

Esta facilidad permite corregir por temperatura los valores de las resistividades de las diferentes soluciones presentes (agua de formación, filtrado del lodo) antes de ser

usados en estimaciones de saturación de agua tanto para la zona lavada como para la zona virgen.

Cálculo del volumen de arcilla

Para el cálculo del volumen de arcilla, la aplicación considera a los indicadores simples, utilizando las curvas de los registros: rayos gamma, potencial espontáneo, neutrón y resistividad.

Cálculo del factor de formación

El factor de formación es usado para calcular en forma práctica la relación existente entre la porosidad, resistividad de la formación y la saturación de agua presente. ProCerp v.1.0 realiza estos cálculos a través de diferentes modelos, como por ejemplo: Archie, Humble y considerando la litología regional (Schlumberger, 1989).

En el caso del modelo de Archie, los valores considerados para el coeficiente de tortuosidad (a) es relacionado con la litología presente en la formación de estudio (Ellis y col., 2007). Por ejemplo, para arenas consolidadas $a = 0.81$, en arenas carbonatadas $a = 2.25$; mientras el exponente de cementación (m), es considerado de la siguiente manera: Para rocas no cementadas $m = 1.3$, escasamente cementadas $m = 1.45$, ligeramente cementadas $m = 1.65$, moderadamente cementadas $m = 1.85$, y altamente cementadas $m = 2.1$.

En el caso del modelo de Humble, los valores fueron establecidos considerando el criterio anterior, $a = 0.62$ y $m = 2.15$.

En el caso del modelo de Litología Regional (Venezuela), los valores fueron establecidos como $a = 0.81$ y $m = 2$.

Cálculo de la saturación de agua

ProCerp v1.0 estima la saturación del agua de formación presente en los estratos de interés, a partir de modelos tales como: Archie, Simandoux e Indonesiano (Schlumberger, 1989).

Cálculo de la permeabilidad

ProCerp v1.0 calcula aproximaciones de los valores de permeabilidad presentes en los estratos de interés, a partir del modelo de Tixier, por ser este uno de los más usados en los yacimientos propios de la cuenca del Lago de Maracaibo (Tixier y col., 1959).

3.3 Módulo de correcciones ambientales

Este módulo conlleva el mayor número de operaciones y cálculos para el resultado final de la aplicación. En éste, se visualizan las herramientas que son utilizadas para obtener las curvas corregidas de los registros de entrada, y es de acuerdo a esto, que se realizan las consideraciones necesarias para aplicar las condiciones requeridas.

Está organizado de acuerdo al tipo de registro leído y cada ventana posee la información necesaria para realizar las correcciones de los factores ambientales que influyen en cada uno de ellos.

La Fig. 4 muestra el listado de registros considerados en la aplicación para realizar las correcciones de sus curvas respectivas:

- GR, registro de rayos gamma
- MSFL, registro micro esférico enfocado
- MLL, registro microlateroperfil
- PL, registro de proximidad
- SFL, registro esférico enfocado
- DLL, registro doble lateroperfil
- DIL, registro de doble inducción
- IEL, registro de inducción eléctrica
- FDC/CNL/SNP, registro de densidad de formación compensada, neutrón compensado y neutrón, respectivamente y registro sónico.

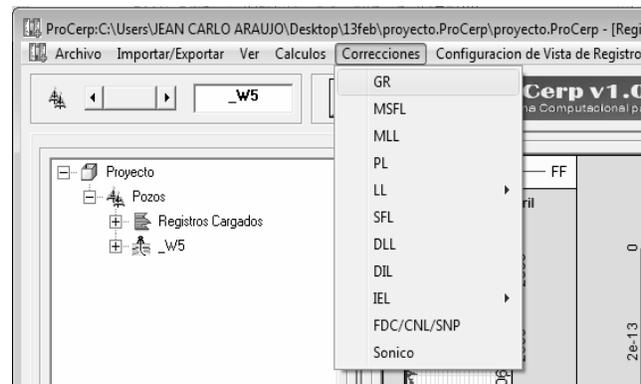


Fig. 4. Contenido del módulo de correcciones ambientales

ProCerp v1.0 requiere para corregir las curvas de los mencionados registros, datos de entrada. Como un ejemplo de éste proceso de corrección, se muestra la ecuación (2), generada al usar la técnica de mínimos cuadrados a la gráfica GR-1, considerando las lecturas del registro de rayos gamma (GR), para obtener el factor de corrección (FC) debido a los efectos hoyo y lodo. Es importante mencionar que para este caso particular, información relacionada a posición y diámetro de la herramienta, tipo de hoyo, tipo y densidad del lodo, es requerida.

$$FC = 10^{a + b(t) + c(t)^2 + d(t)^3 + e(t)^4 + \dots + i(t)^8} \quad (2)$$

Donde t , es el valor constante que se obtiene a partir de la ecuación (3) y los coeficientes a , b , c , d , e , f , g , h , i son constantes generadas y mostradas en la tabla (2):

$$t = \frac{\rho_{mud}}{8.345} \left(\frac{2.54dh}{2} - \frac{2.54dsonda}{2} \right) \quad (3)$$

donde ρ_{mud} es la densidad de lodo en lbs/gal, dh es el diámetro del hoyo tomado del registro caliper en pulgadas, y $dsonda$ es el diámetro de la herramienta rayos gamma utilizada, en pulgadas.

Los resultados de la ecuación (2) son mostrados como puntos en la Fig. 5, reflejando un aceptable cotejo al compararlos con cada línea teórica referencial de la gráfica.

Tabla 2. Coeficientes generados correspondientes a la ecuación (2)

Para herramienta de	a	b	c	d	e
3 ^{3/8} " centrada	-1.0626E-01	2.0338E-02	-2.0208E-05	-9.9054E-05	1.5056E-05
3 ^{3/8} " excéntrica	-1.0520E-01	2.2742E-02	-1.8268E-03	1.5993E-04	-8.6888E-06
1 ^{11/16} " centrada	-1.2607E-01	2.1404E-02	-9.7440E-04	1.3063E-04	-8.8575E-06
1 ^{11/16} " excéntrica	-1.2586E-01	2.6078E-02	-3.7096E-03	4.9184E-04	-3.9614E-05

Para herramienta de	f	g	h	i
3 ^{3/8} " centrada	-9.6469E-07	3.1833E-08	-5.3089E-10	3.5549E-12
3 ^{3/8} " excéntrica	2.6263E-07	-4.1146E-09	2.6029E-11	0
1 ^{11/16} " centrada	3.1941E-07	-5.8347E-09	4.2353E-11	0
1 ^{11/16} " excéntrica	1.8641E-06	-5.0479E-08	7.2878E-10	-4.3438E-12

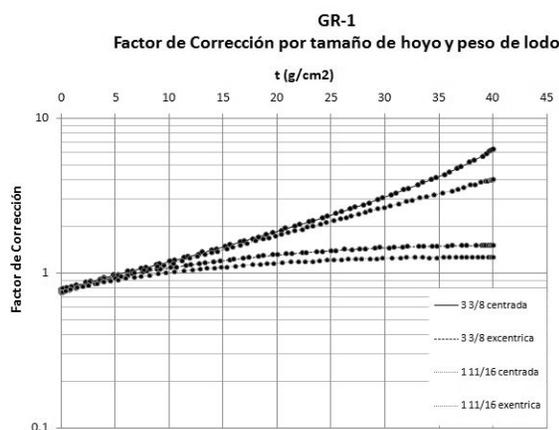


Fig. 5. Gráfica de corrección GR-1. (Schlumberger, 2005)

4 Validación de la aplicación computacional

La validación de la aplicación computacional desarrollada está basada en el cálculo del error relativo, donde los resultados que arroja ProCerp v.1.0 en comparación con los resultados de los registros que se obtienen de la aplicación comercial Interactive Petrophysics (Casasnovas, 2006) muestran un valor medio de error relativo comprendido en el rango de 0 y 5.5%.

De la Fig. 6 puede observarse que las curvas corregidas del registro de pozo Lateroperfil Somero por ambas aplicaciones computacionales (IPTM: línea gruesa, denominada LLS_IP y ProCerp v.1.0: línea delgada, denominada LLS_PC) se superponen, demostrando confiabilidad en el cálculo desarrollado por la aplicación presentada. Adicionalmente, un análisis estadístico de ambas curvas fue evaluado, considerando toda la data correspondiente a cada curva, reflejando que el registro lateroperfil somero muestra un valor medio de error relativo de 2.11%.

Por cada registro considerado en la aplicación, por el módulo de correcciones se realizó el mismo procedimiento realizando variaciones en la información de entrada, según los requerimientos de cada registro de pozo, obteniendo re-

sultados similares. El rango de error calculado en función de los valores de las curvas corregidas por ambas aplicaciones, tomando como base las correcciones ambientales realizadas con IPTM, fue de 0.00006% a 5.23%, siendo la media de 2.09%.

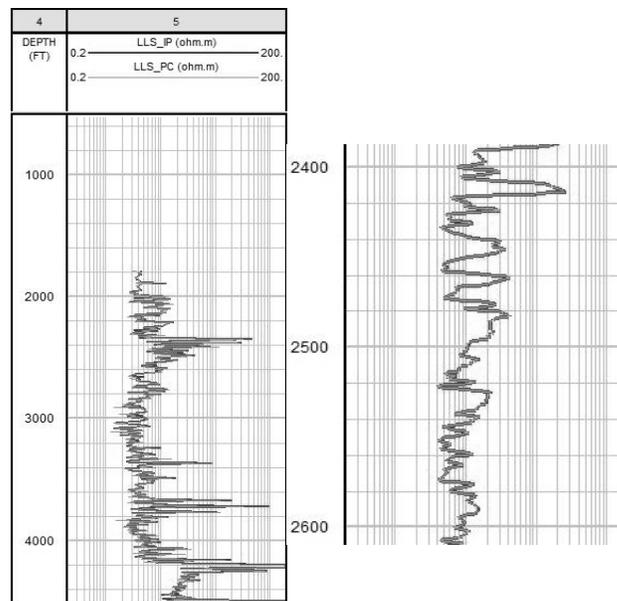


Fig. 6. Comparación de las curvas corregidas del registro lateroperfil somero por Interactive Petrophysics y ProCerp v.1.0

Limitaciones

Tomando en cuenta que el diseño de ProCerp v1.0 se ha realizado con el propósito de considerar los factores que puedan intervenir en la lecturas reales que realizan las herramientas estudiadas (registros de pozo a hoyo desnudo), y que el nivel de restricción sea lo menor posible; existen factores que requieren de estudios muchos más profundos y especializados que disminuyen el alcance del programa.

De esta manera, observando los resultados obtenidos y de acuerdo al desarrollo de la aplicación y de los diferentes factores que intervienen en los cálculos de las correcciones que realiza ProCerp v1.0, se puede decir que presenta limitantes referentes a:

Carga de archivos de data: Solo permite aquellos registros de pozos con formato Log ASCII versión 2.0.

Resultados: Incertidumbre o poca confiabilidad en resultados obtenidos en prospectos con espesores menores o iguales a cuatro pies, ya que la corrección ambiental por efecto de capas vecinas no es considerada en las herramientas macro resistivas, por ejemplo, registros de inducción, esférico enfocado y lateroperfil 8.

Formaciones Arcillosas: La aplicación desarrollada no considera las correcciones por volumen de arcilla, de manera que las ecuaciones programadas están limitadas a un valor de Vsh menor al cinco por ciento.

Curvas de Entrada: Las correcciones ambientales programadas para la aplicación, están limitadas a ciertos regis-

tros de pozo corridos a hoyo abierto, de manera que curvas de registros a hoyo entubado no pueden ser corregidas.

Correcciones Ambientales: La aplicación no realiza correcciones por diámetro de invasión y por hidrocarburos presentes en la formación, cuando se tratan de corregir curvas de registros de porosidad.

5 Conclusiones

La formulación de las ecuaciones obtenidas de los gráficos de corrección de la compañía Schlumberger™ fueron desarrolladas mediante la utilización de la técnica de regresión por mínimos cuadrados.

Del total de las ecuaciones generadas el noventa y tres por ciento de ellas son de forma polinómica de grado variable entre cuatro y ocho; el siete por ciento restante lo conforman un grupo de ecuaciones lineales, cuadráticas y racionales, obteniendo un coeficiente de correlación en el rango de 0,999857 y 0,994538 para el grupo de polinomios, y un rango de 0,997928 y 0,990355 para el grupo de ecuaciones minoritario.

Al momento de seleccionar la regresión, se consideró además de su coeficiente de correlación, el límite donde la tendencia establecida de cada gráfico se cumpliera; esto con la intención de minimizar los errores de cálculos que se podrían presentar en caso de extrapolaciones entre las ecuaciones resultantes.

ProCerp v1.0 permite una visualización clara de una o varias curvas de registro de pozos en su panel de gráfico a la vez.

ProCerp v1.0 posee un módulo de cálculos básicos como saturación de agua, permeabilidad, volumen de arcilla, entre otros, que proveen al usuario de mayor información para poder realizar una interpretación petrofísica más fundamentada.

ProCerp v.1.0 realiza las correcciones por hoyo, lodo y revoque de registros de pozo a hoyo abierto.

Además de las ecuaciones ingresadas en ProCerp v.1.0, se generaron las ecuaciones para la corrección por diámetro de invasión en los registros de resistividad e inducción y por hidrocarburos presentes en la formación para los registros de porosidad.

ProCerp v.1.0 no genera las correcciones automáticas por diámetro de invasión en los registros de resistividad e inducción y por hidrocarburos presentes en la formación para los registros de porosidad.

ProCerp v1.0 escribe archivos Log ASCII versión 2.0 para su posterior exportación y lectura en otras aplicaciones.

Para la validación de ProCerp v1.0 se realizó una comparación gráfica de los resultados de las correcciones obtenidas, con los mismos registros pero corregidos por la aplicación comercial Interactive Petrophysics™, de la compañía Schlumberger. A partir de esto, los resultados de las correcciones en ProCerp v.1.0 se ubican en un rango de error relativo medio de 0,00006% y 5,23003%, siendo el valor medio 2.08928%.

ProCerp v1.0 es una herramienta de apoyo académico que permanecerá en las instalaciones de la Escuela de Petróleo y será de fácil acceso a los cursantes de la cátedra Perfilaje de Pozos.

6 Recomendaciones

Insertar un módulo para la corrección por diámetro de invasión.

Insertar un módulo de corrección por el efecto de capas delgadas en intervalos menores o iguales a cuatro pies.

Insertar un componente de librería dinámica para la corrida más rápida de ProCerp v1.0 a la hora de integrar otros cálculos.

Crear un módulo específico para el estudio puntual de la detección de arenas arcillosas o intercalaciones de arcillas en los espesores de interés.

Crear un módulo de zonificación que permita seccionar el registro y así tener un mayor poder de decisión al elegir la corrección adecuada para cada zona escogida.

Crear un módulo de editor de ecuaciones, donde se puedan realizar cálculos tomando como variables los registros que integren un proyecto.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Schlumberger Venezuela (SLB) por la generosa donación del software comercial usado para la validación del programa ProCerp v1.0, además, de facilitar las gráficas de corrección digitalizadas usadas como referencias para la generación de las ecuaciones que representan la base de programación de la aplicación computacional propuesta en este artículo.

Referencias

- Casasnovas V, 2006, Interactive Petrophysics 3.2. Guía de Entrenamiento, Schlumberger, Maracaibo, Venezuela, pp. 179.
- Darling T, 2005, Well Logging and Formation Evaluation, Editorial Elsevier, Estados Unidos, pp. 335.
- Daza M, 2005, Evolución Histórica del Perfilaje de Pozos a Hoyo Desnudo en Venezuela, PDVSA Exploración y Producción, Maracaibo, pp. 111.
- Ellis D y Singer, J, 2007, Well Logging for Earth Scientist, Editorial Springer, Estados Unidos, pp. 699.
- Schlumberger, 1972, Interpretación de Perfiles Fundamentos, Volumen I, New York, pp. 198.
- Schlumberger, 1989, Log Interpretation Principles and Applications, Estados Unidos, pp. 241.
- Schlumberger, 2005, Log Interpretation Charts, Estados Unidos, pp.181.
- Tiab D y Donaldson T, 1959, Petrophysics Theory and Practice of Measuring Reservoir Rocks and Fluid Transport Properties, Editorial Elsevier, pp. 926.
- Tixier M, Alger R y Doh, C, 1959, Sonic Logging, Journal Petroleum Technology, pp. 256.

Recibido: 15 de enero de 2011

Revisado: 12 de febrero 2011