

DIVERSOS TIPOS DE HERRAMIENTAS DE NEUTRÓN PULSADO

HERRAMIENTAS DE NEUTRON DE CAPTURA Vs. HERRAMIENTAS DE CARBONO OXÍGENO.

Se hará aquí la distinción entre dos tipos de herramientas de neutrón pulsado: La herramienta pulsada de neutrón de captura (PNC) y la herramienta del carbono / Oxígeno (C/O).

En las herramientas de PNC, el sistema del detector se diseña sobre todo para contar los rayos gamma de captura que llegan en un intervalo seleccionado de tiempo (ventanas de tiempo) y de tal modo para producir curvas de un decaimiento de intensidad de rayos gamma Versus tiempo. De tales curvas, el régimen en las cuales la población termal del neutrón decae en el ambiente del pozo se pueden determinar y la sección transversal de captura Σ_{FM} de la formación puede ser calculada. De la Σ_{FM} , las saturaciones del agua, S_w , se pueden computar asumiendo que las aguas de la formación son salinas.

En las herramientas de C/O, el sistema del detector se diseña sobre todo para contar los acontecimientos inelásticos (rayos gamma inelásticos) y se producen los espectros de rayos gamma inelásticos. Desde estos espectros, dos cocientes $R_{c/o}$ (Carbon/Oxygen) y $R_{ca/si}$ (Calcium/silicon) pueden ser obtenidos. El $R_{c/o}$ se relaciona con la abundancia relativa del carbón y del oxígeno en el ambiente del pozo. Combinando $R_{c/o}$ con la relación litológica $R_{ca/si}$, la saturación de petróleo se puede computar sea cual sea el valor de la salinidad del agua de la formación.

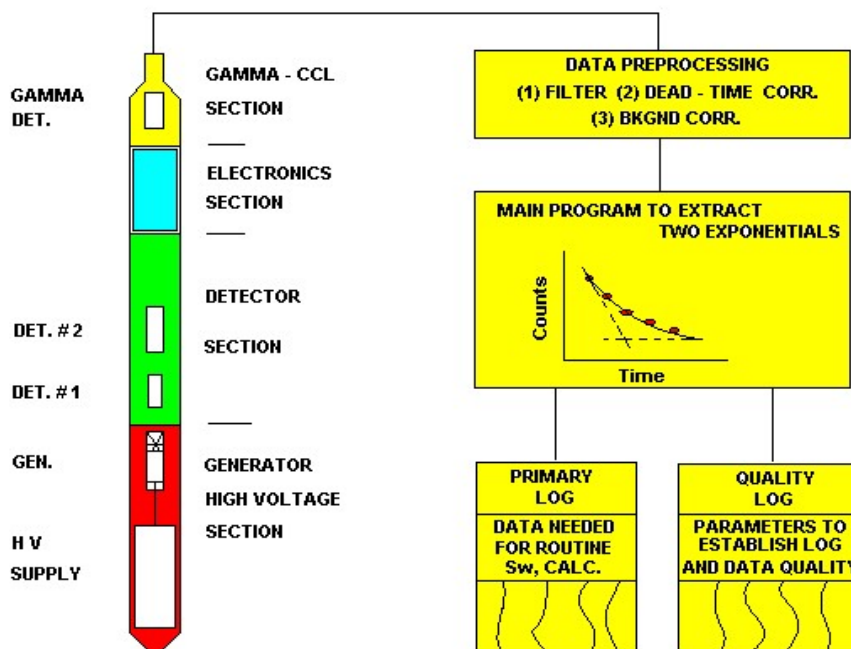
LA HERRAMIENTA PNC

Descripción general de la herramienta.

La herramienta PNC, diseñada para usar en pozos entubados, tiene 34 pies de largo y 1 11/16" De diámetro. Un detector de cuplas CCL y un detector de rayos gamma naturales, están incluidos en la herramienta complementando al subsistema de neutrón pulsado.

El subsistema de Neutrón Pulsado incluye un generador de neutrones pulsados y un corto y largo espaciados, detectores de rayos gamma NaI (Sodium-Iodide), los cuales cuentan la radiación gamma resultante de la captura de neutrones termal. Note que el detector de rayos gamma natural no ve o no lee la radiación gamma inducida por el subsistema de neutrón pulsado, por eso este es colocado cerca del otro extremo de la herramienta.

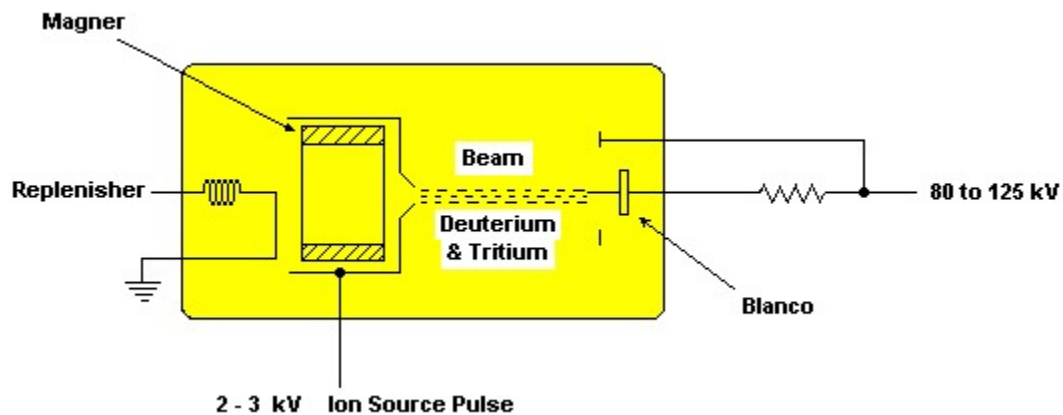
La siguiente figura muestra el diagrama de la herramienta:



SECCIÓN DEL GENERADOR DE NEUTRON

La sección del generador de neutrón consiste en una fuente de alimentación, un conductor, un multiplicador del alto voltaje (HV), y el tubo del generador de neutrón. La fuente de alimentación proporciona pulsos de 2 kilovoltios el cual ioniza el deuterio en el tubo generando el neutrón. El conductor proporciona la impulsión de la CA del alto voltaje a la entrada de un multiplicador del alto voltaje de 12 etapas. El multiplicador del alto voltaje proporciona 80 kilovoltios a 125 kilovoltios para acelerar el deuterio ionizado en el tubo de generación. El deuterio acelerado "viga" ataca el blanco impregnado tritio produciendo neutrones de 14 meV (véase la ecuación 2). El tritio también se ioniza y acelerado en la viga "llena" el blanco. Esto aumenta grandemente la vida eficaz del tubo del neutrón. Un diagrama del tubo se puede observar a continuación:

Neutron Generator



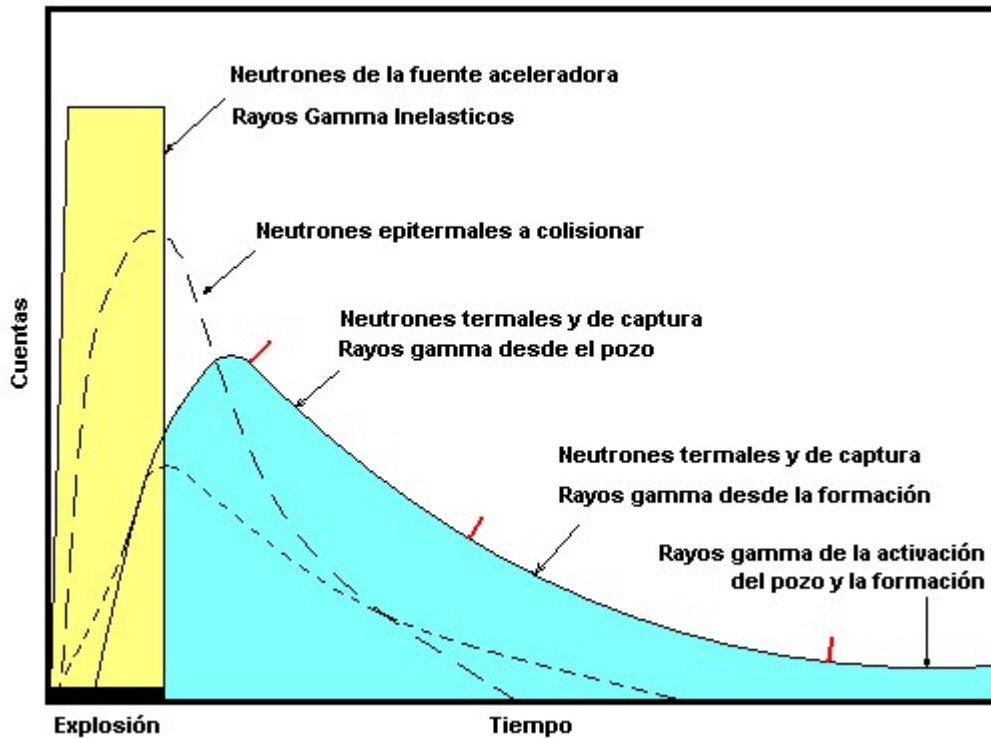
SECCION DEL DETECTOR

La sección del detector contiene una fuente compensada por temperatura, de alto voltaje (1.2 - 1.5 kilovoltios) de alimentación y dos detectores. Cada detector consta de un cristal de centelleo de Ioduro de sodio (NaI), un tubo fotomultiplicador (PMT), un pre-amplificador detector, y un discriminador amplificador. Un rayo gamma que entra en el cristal de centelleo reacciona con el NaI produciendo electrones "excitados". Mientras que estos electrones vuelven a un estado bajo de energía, se generan fotones. Estos fotones golpean el foto-cátodo del PMT y producen otros electrones "libres". Estos electrones son multiplicados en etapas sucesivas por el tubo fotomultiplicador para producir un pulso de corriente. La altura del pulso de salida es proporcional a la energía del un rayo gamma original. Este pulso después se amplifica y se cuenta.

PRINCIPIO FISICO DE MEDICIÓN DEL HERRAMIENTA PNC

La operación básica de las herramientas de PNC consiste en que el generador del neutrón irradia periódicamente la formación con neutrones de 14 MeV. Esto forma una nube de neutrones de la alta energía en la formación del pozo, que se termaliza con la colisión repetida con los núcleos atómicos. Los neutrones termales posteriormente son absorbidos o "capturados" por los elementos de la formación en un valor que sea una función del tipo y de la concentración de los elementos. Mientras que se capturan los neutrones, se emiten los rayos gammas de captura. El índice local de la captura de neutrones es proporcional a la densidad de neutrones, con disminución en el tiempo. Asimismo, el índice de la producción de rayos gamma de captura también disminuye en el tiempo. El índice de decaimiento de la población de neutrones termales por lo tanto se relaciona directamente con el índice del decaimiento de estos rayos gamma de captura. El valor total del decaimiento gamma es una función compleja de ambos parámetros en el pozo y la formación, como se observa en la siguiente figura:

Distribución Neutrón /Gamma en función del Tiempo



Después de la acumulación muy rápida de los rayos gamma de captura posterior a la terminación del pulso del neutrón, el valor de las cuentas comienza a decaer exponencialmente en función del tiempo. Las cuentas de los rayos gamma de captura resultante de los neutrones capturados correspondiente al decaimiento en el fluido de la perforación es un valor directamente proporcional a la Σ de la perforación. Y los rayos gamma de captura de la formación, decaen en un valor directamente proporcional a la Σ de la formación.

Esto se ve en las componentes de las dos curvas de decaimiento exponencial de la figura anterior, Hay inicialmente neutrones más termalés en la región de la perforación, pero puesto que la perforación tiene casi siempre un sumatoria eficaz más grande que la formación, esta se elimina con un valor más rápido. Eventualmente, todos los Rayos gamma de captura de la perforación y de la formación son insignificantes en relación con los rayos gamma estadísticos provenientes de la activación de neutrones y de la radiactividad natural de la formación.

La curva del decaimiento de rayos gamma en el ambiente de perforación / formación se compone de tres componentes; un componente de la perforación, un componente de la formación, y un componente estadístico. El componente estadístico se debe sobre todo a la activación cristalina en los detectores y es esencialmente constante (excepto en zonas de radioactividad muy alta en el detector espaciado largo). Una vez que la magnitud de este componente se sepa, puede restarse a las cuentas totales, dejando la perforación y los componentes de la formación. La perforación y los componentes de la formación no son constantes. Cada uno se puede aproximar por una ecuación exponencial de la forma:

$$(4) \quad N(t)_x = A_x * e^{-t / t_x}$$

Donde $N(t)_x$ es el valor de las cuentas en función del tiempo
 A_x es el valor de cuentas inicial a $t = 0$ (fin de la explosión de neutrones)
 t_x (tau sub x) es la constante de decaimiento.

La constante de decaimiento define la pendiente de la curva de decaimiento del componente, o es decir, esto define cuan rápidamente las cuentas se decaen. Con un t_x grande, las cuentas decaen lentamente. Con un t_x

pequeño, las cuentas se decaen rápidamente. Esta constante de decaimiento es el parámetro de interés en la registración de la sección transversal del neutrón de captura pulsado. Para la perforación y los componentes de la formación:

$$(5) \quad N_{fm} = A_{fm} * e^{-t / \tau_{fm}}$$

$$(6) \quad N_{bh} = A_{bh} * e^{-t / \tau_{bh}}$$

Donde N_{fm} y N_{bh} son las ecuaciones de la pendiente de decaimiento en la formación y la perforación respectivamente.

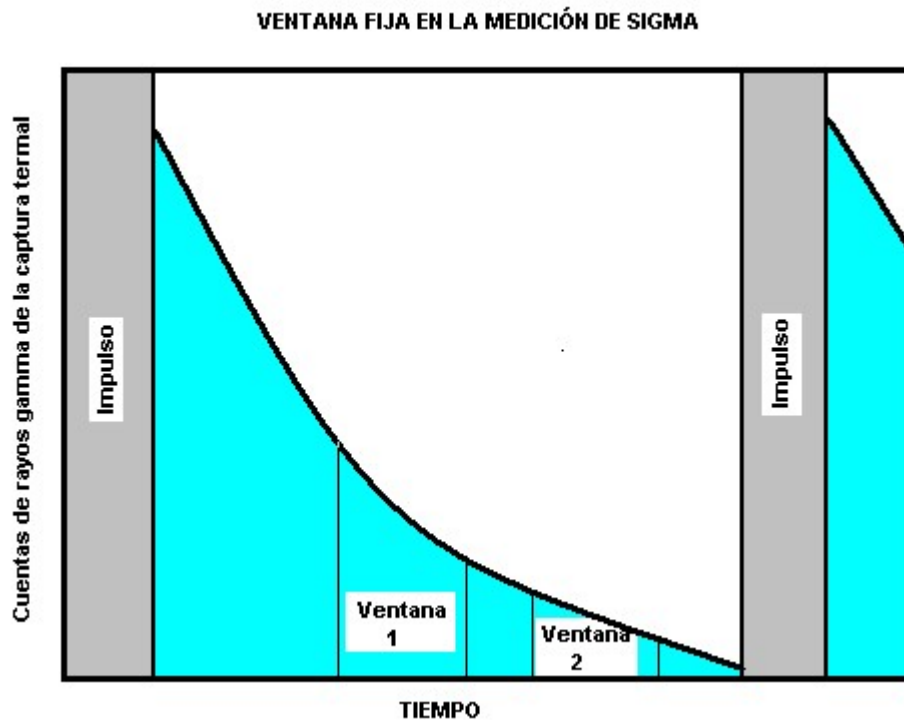
La Σ_{fm} y la Σ_{bh} se relacionan con su correspondiente τ mediante:

$$(7) \quad \Sigma_x = 4545 / \tau_x$$

Donde τ_x está dado en microsegundos y Σ_x está dada en unidades de captura ($10^{-3} \text{ cm}^2/\text{cm}^3$)

MÉTODO SIMPLE PARA EL CÁLCULO DE Σ

Un método simple para computar Σ utiliza dos ventanas fijas en un detector de rayos gamma. El detector se bloquea encendido durante dos períodos que siguen al neutrón impulsado, según se ve en la siguiente figura:



La primera ventana se bastante lejos en el tiempo (generalmente 400 microsegundos después del impulso) para que el componente de la perforación sea eliminado (véase la figura anterior) también el nivel de la diagonal del detector, está fijada, bastante arriba de modo tal que las cuentas del fondo sean insignificantes. La ventana 1 se

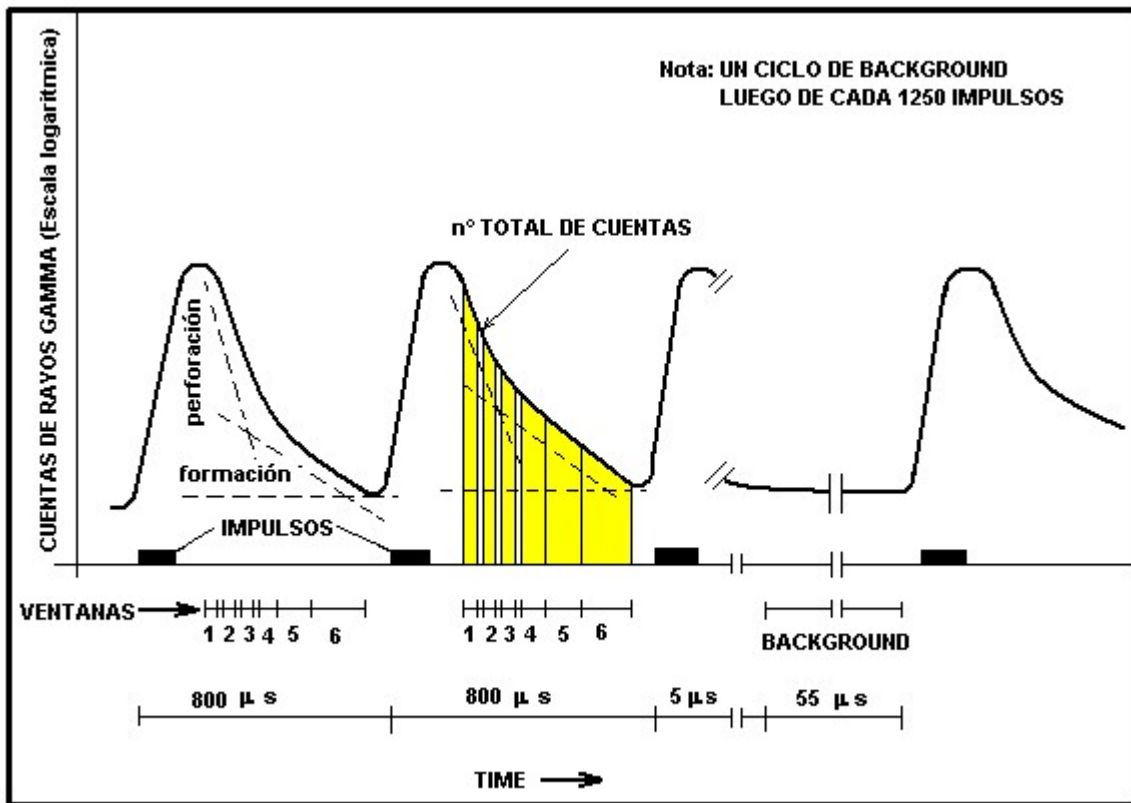
abre para contar durante 200 microsegundos. Después, cerca de los 100 microsegundos, la segunda puerta comienza a contar, también durante 200 microsegundos. El ciclo entero, la impulsión y las ventanas, se repiten cada 1000 microsegundos. Puede ser demostrado por la ecuación (5) que el Σ_{fm} se puede computar simplemente de:

$$(8) \quad \Sigma_{fm} = \frac{10500}{\Delta t} \log \frac{N^\circ \text{ de cuentas de la ventana 1}}{N^\circ \text{ de cuentas de la ventana 2}}$$

Aquí Δt es el tiempo entre los puntos medios de las ventanas. Como se ve en la figura anterior, la ventana 1 no comienza inmediatamente, el Σ medido puede estar muy cerca del verdadero o sea el sigma de la formación, sin embargo, si las cuentas de la perforación son significativas, el sigma medido de la formación puede estar en error.

COMPUTACIÓN DEL Σ

Las medidas de TMD, en los dos detectores, cuentan valores en seis diversas ventanas de tiempo, entre cada neutrón impulsado, según lo demuestra la siguiente figura. Estas ventanas siguen el decaimiento de muy cerca y por encima del extremo de un neutrón impulsado, hasta casi el principio de la impulsión del siguiente neutrón.



VENTANAS DE TIEMPO

Las primeras dos ventanas se colocan poco después del final de la impulsión tales que: (1) todos los neutrones de la impulsión hayan termalizado, antes de que la primer ventana esté abierta, y (2) ambas ventanas son apreciables, si no, la detección cuenta predominantemente los neutrones de captura en el lodo de la perforación o los materiales cercanos a la pared del pozo. Las cuatro últimas ventanas están cada una más largo espaciadas

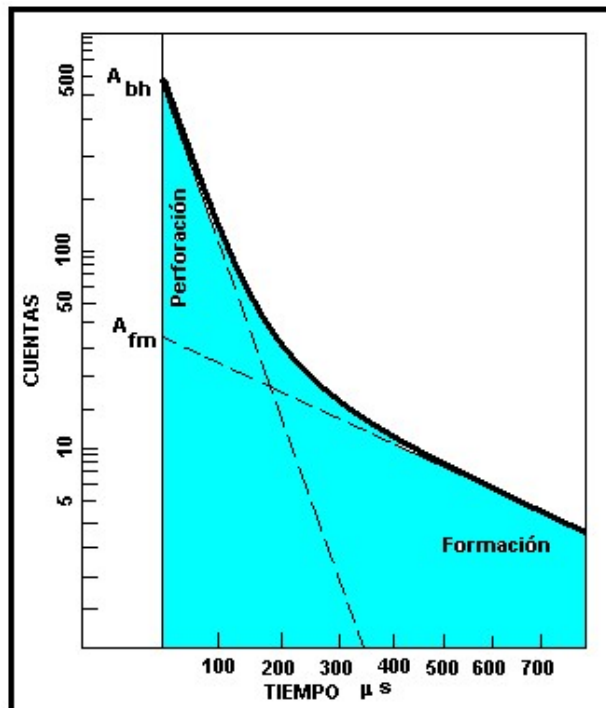
progresivamente en tiempo desde la impulsión del neutrón. Cuanto más alejada una ventana esté de la impulsión, más alto es el porcentaje de cuentas de la formación, respecto a la perforación, en esa puerta. La última ventana (la VENTANA 6) se aleja suficientemente de la impulsión que esencialmente no se genera ninguna cuenta (el < 3%) proveniente del lodo de la perforación.

Así como el sistema fijo de ventanas, el PNC tiene un valor fijo en la repetición de la impulsión (levemente más elevado que 1250 impulsiones/sec.). La impulsión de neutrón es tan pequeña como sea posible, a la vez que se mantiene completa la salida de neutrones en el generador. Esto permite que los valores de las cuentas en las primeras dos ventanas sean óptimos para las cuentas de la perforación.

Después de un segundo de la operación, la herramienta PNC se apaga cerca de 60 milisegundos. Se utiliza este tiempo para medir, en cada detector, el valor de cuentas estadísticas (background) en una séptima puerta (Figura 10). Este background, el cual es debido sobre todo a la activación cristalina del detector, después se filtra y resta de los valores corregidos de las cuentas del tiempo muerto en cada una de las seis ventanas primarias de los datos. Después de 1.06 segundos, se repite el ciclo. La vida media de la activación cristalina dura cerca de 25 minutos, así la variación en las cuentas del background es insignificante durante 1.06 segundos del ciclo de funcionamiento.

Los seis tiempos muertos y background resultantes corrigieron los valores de las cuentas en cada detector y representan puntos en la curva compuesta del decaimiento de la formación y de la perforación después de cada uno impulsa. Con los valores de las cuentas entonces se hace un promedio sobre muchas impulsiones para formar una curva compuesta del decaimiento integrada sobre un intervalo vertical corto en la perforación (6 pulgadas a varios pies, dependiendo de los parámetros de filtración).

El programa de computadora principal de campo entonces toma estos seis puntos a lo largo de la curva compuesta del decaimiento de la formación y el pozo, y utiliza una sofisticado e interactiva técnica de los mínimos cuadrados para separar la curva compuesta en los componentes del decaimiento de la perforación y de la formación. La siguiente figura muestra los componentes de las curvas de decaimiento de la perforación y de la formación.



Composición de las curvas de decaimiento Perforación – Formación

Además de la medida Σ_{fm} de la formación, la computadora calcula la sección transversal de captura de la perforación (Σ_{bh}) y las intercepciones A_{fm} y A_{bh} para cada componente en tiempo real. Este procedimiento se completa para los datos del decaimiento de cada detector. Los datos resultantes de Σ_{fm} están tan libres como sea posible de los efectos de la perforación, puesto que los valores de las cuentas de la perforación están

esencialmente "sustraídas" de los datos de la formación, en el programa de computación en el proceso del cálculo de Σ_{fm} de la formación.

Una prima adicional con esta técnica es que, como para-producción, el Σ_{bh} de la perforación también se obtiene. Este parámetro, como se demuestra más adelante, puede tener mucho valor en para identificar directamente la salinidad de la perforación, los contactos de la perforación, los topes del cemento, gas o aire en la vecindad de la perforación, etc. Es también útil en la fabricación de las correcciones de menor importancia al Σ_{fm} que son causadas por la perturbación en los valores del decaimiento de la formación debido a los cambios en condiciones de la perforación.

INTERPRETACIÓN CUALITATIVA

La siguiente tabla muestra los diferentes parámetros de perfilaje PNC con su respectiva descripción.

Σ_{fm-ss} = Sección transversal de captura de la formación medida por el detector corto espaciado.

Σ_{fm-ls} = Sección transversal de captura de la formación medida por el detector largo espaciado.

Ambas secciones indican la magnitud de los efectos de difusión. Indican también la repetibilidad del perfil Σ .

$(Abh * \tau_{bh})_{ss}$ = Cuentas totales desde la perforación del detector corto espaciado. Detecta cambios en las condiciones del pozo (salinidad, diámetro, gas, anulus tubing/cemento).

$R_{bh/fm} = (Abh * \tau_{bh})_{ss} / (A_{fm} * \tau_{fm})_{ss}$ = Relación entre las cuentas de la formación de detector corto espaciado. Es un indicador de la porosidad en condiciones de pozo constantes.

$ss-BKG$ = Background del detector corto espaciado. Detecta corrimientos en las bias del detector corto espaciado.

$ls-BKG$ = Background del detector largo espaciado, Detecta zonas de alta radioactividad o corrimiento de bias en el detector largo espaciado. Esto puede detectar surgimiento de agua dentro o cerca del casing.