



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

Facultad de ingeniería

**CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS
DE REGISTROS GEOFÍSICOS
DE POZOS**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO GEOFÍSICO
P R E S E N T A:
ISAÍAS REYES HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS : ING. HÉCTOR RICARDO CASTREJÓN PINEDA



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F.

2012

ÍNDICE



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Resumen	5
----------------------	----------

CAPÍTULO I

Introducción.....	6
--------------------------	----------

CAPÍTULO II

Teoría de calibración.....	10
-----------------------------------	-----------

<i>2.1. Evolución de las calibraciones.....</i>	<i>10</i>
---	-----------

2.2 Necesidades de las calibraciones.....	11
---	----

<i>2.2.1 Estándares de calibración.....</i>	<i>11</i>
---	-----------

<i>2.2.2 Procedimiento de calibración.....</i>	<i>13</i>
--	-----------

<i>2.2.3 Calibradores.....</i>	<i>15</i>
--------------------------------	-----------

<i>2.2.4 Ambiente de calibración.....</i>	<i>16</i>
---	-----------

2.3 Tipos de calibraciones	16
----------------------------------	----

<i>2.3.1 Calibración de Fabrica</i>	<i>16</i>
---	-----------

<i>2.3.2 Calibración de maestra o taller</i>	<i>17</i>
--	-----------

<i>2.3.3 Calibración de Campo</i>	<i>18</i>
---	-----------

<i>2.3.3.1 Calibración antes de registrar</i>	<i>18</i>
---	-----------

<i>2.3.3.2 Calibración después de registrar</i>	<i>19</i>
---	-----------

2.4 Formas de calibrar.....	19
-----------------------------	----

<i>2.4.1 Tipos de Calibración.....</i>	<i>19</i>
--	-----------

<i>2.4.2 Ejemplo de una calibración mediante el método de los 2 puntos.....</i>	<i>20</i>
---	-----------

2.5 Software.....	22
-------------------	----

<i>2.5.2 Fases del software.....</i>	<i>23</i>
--------------------------------------	-----------

<i>2.5.3 Presentación de las calibraciones.....</i>	<i>25</i>
---	-----------

2.6 Términos más usados en las calibraciones.....	26
---	----

CAPITULO III

Calibración por principio de medición.....	28
3.1 Registros de correlación.....	28
3.1.1 Calibración del Potencial Natural.....	28
3.1.2 Calibración de las herramientas de Rayos Gamma.....	28
3.1.3 Calibración de las herramientas de Espectroscopia de Rayos Gamma....	32
3.2 Registros de Porosidad.....	38
3.2.1 Calibración de herramientas de Neutrones.....	38
3.2.2 Calibración de las herramientas de Densidad.....	47
3.2.3 Calibración de las herramientas Sónicas.....	56
3.3 Registros de Resistividad.....	60
3.3.1 Calibración de herramientas de Inducción.....	60
3.3.2 Calibración de las herramientas de Conducción.....	67
3.3.3 Calibración de las herramientas Microregistros	73
3.4 Registros mecánicos.....	78
3.4.1 Calibración de herramientas Caliper.....	78
3.4.2 Calibración de las herramientas de Echados.....	82

CAPITULO IV

4.1 Variaciones.....	90
4.1.1 Registros de correlación.....	90
4.1.2 Registros de porosidad.....	91
4.1.3 Registros de resistividad.....	94
4.1.4 Registros mecánicos.....	97
4.1 Tolerancia.....	98
4.2.1 Baker Hugues.....	99
4.2.2 Halliburton.....	102
4.2.3 Schlumberger.....	105

CAPITULO IV

Conclusiones	107
Anexo A	109
Anexo B	130
Bibliografía	136

Resumen

La calibración de las herramientas en los registros geofísicos de pozos es de gran importancia para el control de calidad de los registros debido a que una óptima calibración de las herramientas asegura la confiabilidad de los registros. Por tal motivo las compañías dedicadas a la adquisición de registros geofísicos ponen especial cuidado a las calibraciones realizadas a sus herramientas.

Este trabajo nos muestra un panorama de la industria dedicada a los registros geofísicos en lo referente a las calibraciones de las herramientas. La Tesis está dividida en 5 capítulos. En el primer Capítulo presentamos los antecedentes, la justificación y los objetivos. En el Capítulo 2 se presenta la teoría de calibración, los requerimientos de las calibraciones, los tipos de calibraciones, las formas de calibrar al igual que la forma en que deben ser presentadas las calibraciones

El Capítulo 3 presenta una clasificación de las herramientas según su principio de medición, explicando la forma en que se calibran, los calibradores utilizados por las herramientas así como también los patrones a calibrar.

El Capítulo 4 muestra los rangos de tolerancias empleados por las 4 principales compañías dedicadas a registros geofísicos de pozos en México, al igual que nos expone las variaciones en las tolerancias .

En el Capítulo 5 se presenta la conclusión del trabajo y las recomendaciones para mantener un control óptimo en las tolerancias usadas y en la presentación de los registros por parte de las compañías.

Finalmente, se han incluido dos anexos (A,B) con temas de información de interés como son: presentaciones de las calibraciones por las 4 principales compañías dedicadas a registros en México, clasificación de las herramientas de las 4 compañías más importantes dedicadas a registros geofísicos en México con base en sus principios de medición.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La adquisición de registros geofísicos de pozos ha sido, a lo largo de la historia de la perforación de pozos, una herramienta de vital importancia para la evaluación cualitativa y cuantitativa de las formaciones debido al valor que agregan al trabajo de ingeniería de yacimientos, convirtiéndose en una herramienta indispensable en la industria petrolera dada la exactitud de sus mediciones, la precisión de su operación y la versatilidad de su visualización actual. Sin los registros de pozos no se podrían poner en producción en forma eficiente, ni caracterizar los yacimientos. La exploración de recursos naturales del subsuelo cada vez es más compleja, los yacimientos son más profundos y han pasado de ser estructurales a estratigráficos y desde hace tiempo la exploración geológica requiere de estudios geofísicos para hacer mediciones de las propiedades físicas de las rocas en el subsuelo.

Las herramientas de registros de pozos constan de circuitos en donde las mediciones pasan de los transductores en las sondas a los circuitos como corriente, voltaje y resistencia; que varían dependiendo de las condiciones de presión, volumen y temperatura. En el caso particular de los registros geofísicos de pozos, se requieren asegurar que para condiciones perfectamente definidas, las mediciones obtenidas tengan el valor correcto del parámetro real que se está midiendo.

Partiendo de que una herramienta de registros produce una medición sobre la base de una señal eléctrica que se relaciona en una forma conocida por el parámetro físico que se está midiendo. La salida registrada debe ser consistente y repetible de una corrida de registros a otra y de una herramienta a otra herramienta. Puesto que la sensibilidad herramienta no puede ser la misma para todas las herramientas, especialmente si son de compañías fabricantes diferentes. Para lograr esto, las mediciones están relacionadas con patrones de referencia estándar por un proceso conocido como calibración.

El procedimiento de calibración ajusta la sensibilidad de un instrumento a un estándar de calibración conocida. El proceso de calibración consiste en observar

la respuesta de medida del dispositivo al de una estándar conocido.

En la perforación de pozos, durante el proceso de adquisición de datos, los parámetros petrofísicos reales no se miden directamente, sino mediante transductores en las sondas con un principio físico diferente, que convierten la medición a valores proporcionales de corriente, voltaje o resistencia, ya sea en forma analógica ó digital y como pulsos de luz, para transmitirlos a la superficie a través de los conductores o fibras ópticas en el cable, para su posterior conversión y procesamiento.

La función de respuesta de la herramienta es tal que las salidas finales de la herramienta son en unidades estándar de ingeniería. Durante el registro, las constantes de calibración se aplican a la herramienta de medición para obtener la respuesta calibrada en la que se basará la medición.

Las calibraciones han evolucionado al igual que las herramientas, ya que a lo largo de casi un siglo se han desarrollado nuevas y mejores herramientas; sin embargo todas necesitan ser calibradas. De la misma forma la manera de realizar las calibraciones ha cambiado desde sus inicios hasta la actualidad, ya que anteriormente la calibración se realizaba de manera manual y antes de la era de la computación los registros no eran referidos a una herramienta específica en un pozo específico; esto llevó a un gran desafío en la era anterior a las computadoras, el cual fue la transferencia de la información colectada para definir la respuesta de la herramienta. Esta transferencia se desarrolló mediante el empleo de diferentes estándares, definiéndose finalmente: norma primaria, norma secundaria y norma terciaria.

El principio de cada norma era verificar que la transferencia de la información fuera la correcta y que la respuesta de la herramienta correspondiera a una herramienta específica usada en un pozo específico, para tal efecto la norma secundaria era calibrada en primera instancia por la norma primaria y la terciaria por la norma secundaria. Con esto se eliminó la transferencia manual de la

información y se pasó a la transferencia digital, la cual eliminó errores típicos e hizo más fácil la transferencia de la información de la calibración que es de vital importancia en el pozo, ya que se necesita la respuesta de calibración en el pozo (calibración antes) para realizar las mediciones y que estos sean datos confiables. En el año de 1979, ya en la época de la transferencia digital, se generó otro cambio en las calibraciones y fue el desarrollo e introducción de las unidades de adquisición computarizadas CSU (Cybert Unit System de Schlumberger) lo cual agilizó los tiempos de registros al igual que las calibraciones de las herramientas, se comenzó a utilizar software que calibraba la herramienta desde la computadora, que funcionaba como calibradores al utilizarse en herramientas como la de inducción donde la calibración se realizaba desconectándola del CSU. La tecnología avanza apresuradamente y de esta forma se fueron desarrollando las herramientas de registros de nuevas tecnologías, para el año 1991 ya se empezaba a utilizar una nueva unidad de cómputo para el control, registro y calibración de las herramientas, las Maxis 500; esta unidad marcó el inicio de la era moderna de las calibraciones .

Actualmente, la estandarización y el control de calidad de los registros está cobrando mucha importancia ya que permite asegurar que para condiciones perfectamente definidas, las mediciones obtenidas tengan el valor correcto del parámetro que se está midiendo, dado que los procedimientos de calibración y presentaciones pueden variar dependiendo del modelo de la herramienta, sistema de registro y la versión de software que se está utilizando.

La adquisición de propiedades físicas de las rocas medidas por las sondas en las herramientas de registros geofísicos de pozos es muy costosa e importante para la interpretación de los parámetros petrofísicos; por lo que es necesario que antes de iniciar la etapa de procesamiento e interpretación de las curvas de registros, se verifique la calidad de los datos, en la cual la revisión de las calibraciones es un paso indispensable para certificar que la información medida es real y confiable. Por tal motivo y conociendo la diversidad de herramientas existentes en el mercado, al igual que varias compañías se encargan de suministrar servicios de registros geofísicos, se decidió realizar el presente trabajo el cual tiene como

objetivo establecer que calibraciones se aplican a cada tipo de registros de pozos en base a sus principios de medición, los patrones de calibración que se utilizan y los rangos de tolerancia empleados por las diferentes compañías.

CAPÍTULO II

TEORÍA DE CALIBRACIÓN

2.1 Evolución de las calibraciones.

1. En los inicios de la toma de registros las calibraciones se realizaban de una manera rudimentaria, se empleaban películas donde por medio de un visor se iban moviendo las curvas de calibración para ajustar el registro. Con ayuda de galvos se iban ajustando las curvas hasta calibrar las herramientas. Estas calibraciones eran muy defectuosas ya que en ocasiones cuando la curva de calibración se iba a salir del rango permisible para la calibración el ingeniero tendía a meterla de nuevo al rango aunque la herramienta hubiera quedado mal calibrada. Todo esto con el fin de correr el registro y evitar retraso en el pozo.
2. La segunda generación de la calibración de los registros se comenzó a llevar a cabo con el empleo de los sistemas cibernéticos (CSU), estos realizaban el proceso de manera computarizada y más rápido. Pero estas unidades cibernéticas eran demasiado grandes y la calibración tardaba mucho ya que para operarlas se utilizaban lenguajes de comandos para calibrar cada herramienta.
3. La tercera generación corresponde ya a las unidades totalmente digitales y se puede hablar de la era moderna de las calibraciones; en esta etapa las calibraciones se realizan con el empleo de software que ajustan la herramienta y calculan los parámetros requeridos (*ganancia* y *offset*). En este tipo de calibración se comienza hablar de las unidades de registro Maxis 500 (Schlumberger).
4. En la cuarta generación de las calibraciones, se utilizan sistemas artificiales que simulan las condiciones de taller (JIGS) y que guardan los valores medidos en taller en la unidad, para posteriormente sólo simular una

calibración; sin embargo, lo que se está realizando es un ajuste de la medición a los valores tomados en taller y ya no se realiza ninguna calibración en campo.

2.2 Necesidad de las calibraciones.

2.2.1 Estándares de calibración

Para que el valor de una medición sea preciso la respuesta de la herramienta debe ser relacionada a un estándar real conocido. Para tal efecto, se han desarrollado y utilizado diversas normas para calibrar y comprobar herramientas de registro. Estas incluyen las normas del American Petroleum Institute (API), estándares industriales, normas maestras de Schlumberger, normas maestras de Weatherford, normas maestras Baker Hugues, normas maestras de Halliburton, y así cada compañía dedicada a los registros geofísicos ha desarrollado sus normas maestras para calibrar y comprobar sus herramientas en base a los requerimientos de sus equipos.

Las normas API y estándares de la industria (de fábrica) se conocen como "normas primarias". Las normas maestras o de taller están calibradas para estas normas primarias. Estas normas maestras se conocen como normas secundarias, las cuales no pueden ser transportadas a los pozos, por lo que se han desarrollado las normas de campo, las cuales están calibradas para cualquiera de las normas primarias, maestra ó de taller. Cada una de estas normas tiene patrones físicos de calibración (JIGs) para cada sonda de registros en particular.

Los estándares de registro de unidades de medida en muchos casos han sido definidos por el American Petroleum Institute (API). Los talleres con instalaciones de calibración (normas primarias) se han construido en el API, que se encuentra en Houston, Texas, EE.UU. Esto proporciona un medio de poner a prueba las respuestas de los dispositivos de registro bajo ciertas condiciones estándar. En

otros casos, el parámetro bajo observación es una cantidad física bien definida y aceptada y el calibrador primario puede implementarse con facilidad; La resistividad y conductividad son ejemplos de estos parámetros.

Dependiendo del dispositivo de medición, los estándares primarios pueden ser uno de los siguientes:

- API de pozo de prueba estándar, estructura o aparato,
- Una prueba de fijación, en las instalaciones de la empresa,
- Una parte de la circuitería electrónica de la herramienta.

Cuando el patrón primario está ubicado en las instalaciones de la compañía, en algunos casos no es práctico su transporte a la localización del pozo con el fin de realizar la calibración inmediatamente antes de que se tome el registro. En este caso, el patrón primario se mantiene en las instalaciones de la compañía y un nuevo conjunto de normas, que pueden denominarse estándares secundarios (patrones o JIGs secundarios), se incluyen como una parte de la herramienta de fondo de pozo. Los valores calibrados de los estándares secundarios se miden y registran. En este punto los estándares secundarios se han relacionado directamente con los estándares primarios. Inmediatamente antes de tomar el registro, los estándares secundarios se miden con las constantes obtenidas a partir de la calibración primaria (maestra o de taller) para asegurar que la respuesta del sistema de medición no ha cambiado. Un ejemplo de este procedimiento es la calibración de los dispositivos de resistividad.

No es práctico transportar los estándares secundarios a donde se localiza el pozo, entonces, las normas de campo o verificadores de pozos (patrones o JIGs de calibración de campo) se emplean con el fin de verificar la respuesta del dispositivo. La respuesta de la herramienta de fondo de pozo a alguna forma de dispositivo de verificación portátil se registra en el momento de la calibración secundaria (maestra o de taller) y el aparato de verificación se utiliza entonces para verificar el correcto funcionamiento del sistema en la localización del pozo

antes del estudio (calibración antes). La densidad compensada y dispositivos de neutrones son calibrados de esta manera.

2.2.2 Procedimiento de calibración

En la etapa de la medición real de los datos, los parámetros físicos, tales como pulgadas para el registro caliper (diámetro de pozo), no se mide directamente, más bien una propiedad análoga, como en este caso puede ser la resistencia, se mide en el fondo del pozo y se convierte en el valor proporcional en unidades de ingeniería en la superficie, en este caso a pulgadas. La conversión se lleva a cabo mediante la aplicación de las constantes de calibración o parámetros que normalmente se denominan ganancias y desplazamientos. Cada herramienta tiene su propio conjunto de compensaciones que garanticen que los valores medidos son valores reales. Dependiendo del número de parámetros de calibración que deben determinarse para una herramienta dada, el procedimiento de calibración requiere que una o más mediciones sean calibradas. Los parámetros de calibración se determinan entonces a partir de esas mediciones.

En cualquier proceso de calibración, los pasos son los siguientes:

1. Determinar la sensibilidad de herramientas con un patrón primario (calibración maestra o de taller) y generar las constantes de conversión.
2. Comprobar la sensibilidad de la herramienta contra una norma secundaria (ó de referencia interna ó autocalibración) para su futura aplicación.
3. Normalizar la variable medida obtenida al iniciar sesión con la sensibilidad determinada en el maestro, interna o ambas calibraciones.

4. Calibrar la variable medida en unidades de ingeniería usando los coeficientes de conversión establecidos por diseño y se almacenan en el sistema informático.
5. Mantener la exactitud de la calibración con calibraciones maestras frecuentes (cada 2 ó 3 meses).
6. Comprobar la calibración de la herramienta antes y después de la corrida de registro, que se conserve en las tolerancias de variación.

Los valores de las calibraciones deben cotejarse con las tolerancias de diseño o los límites establecidos para el control. Si una calibración interna está fuera de la tolerancia, pero estable, se realiza una verificación, pero si resulta que no es verificable la causa debe ser investigada y corregida tan pronto como sea posible. El equipo está ahí para realizar un registro válido por la aplicación de parámetros maestros de calibración. Además de la calibración maestra en taller, se proponen nuevos parámetros después de que la verificación ha sido completada y se procede a volver a calcular los resultados.

Las condiciones de calibración se deben describir con la mayor precisión y completas, dentro de estas características se incluye la temperatura, composición química y tipo de lodo. Estas condiciones también incluyen el hardware ya que en algunos casos algunos componentes necesitan ser emparejados para obtener buena precisión en los registros, si esto es así se debe indicar en el registro lo que se ha realizado en el hardware. Todos los procedimientos deben ser realizados lo más cuidadosamente posible en forma práctica, explicado a detalle para que nada sea realizado de una manera rudimentaria, ya que eso daría poca certeza de que el registro se está realizando de manera correcta, cabe mencionar que una buena calibración requiere tiempo y no puede ser precipitada. Esto porque en ocasiones la medición de una herramienta se debe comparar con la medición de otra herramienta, para ver si la medición de una corresponde con la medición de otra,

en caso de que no sea así se considerará como mal funcionamiento de la herramienta y debe cambiarse.

2.2.3 Calibradores

El dispositivo que se utiliza para calibrar otros instrumentos se conoce como calibrador o patrón de calibración. Estos dispositivos están diseñados para corroborar que las herramientas y sensores cumplan con ciertas especificaciones de precisión. Los calibradores varían en forma y función.

El tamaño del calibrador dependerá del volumen de investigación que se desea medir en el pozo, es necesario optimizar el calibrador para que tenga la mínima influencia del medio. De igual forma, es necesario que sea fácil de transportar y que sea de fácil disponibilidad, en caso de que se tenga que cambiar por alguna falla debido a que el calibrador debe tener una precisión extrema y esta puede perderse desde que comienza el transporte hasta en el mismo punto de medición.

Los calibradores deben ser tratados como piezas experimentales, que deben recibir buen mantenimiento, transporte adecuado y cuidadoso, ya que un daño o falta de mantenimiento en el calibrador puede ocasionar errores en las mediciones. Se debe tratar de minimizar los errores sistemáticos dado que deberán ser operadas por cualquier persona capacitada en el área de registros.

La posición del calibrador tendrá un papel importante en la medición, por tal motivo muchas veces se coloca una marca que hace referencia de la posición correcta en la que se debe colocar en la herramienta para calibrar. Para la construcción del calibrador se debe considerar el material con el que se construirá porque en algunos caso el material con el que se va a trabajar no puede dársele una forma específica, entonces se deben adaptar las condiciones para poder trabajar con ese material. También el control de la humedad es un factor

importante; por ejemplo en las herramientas de neutrones, si hay humedad en la cubierta la lectura no será recomendada porque alrededor de esta habrá átomos de Hidrógeno que harán que la lectura no sea del todo precisa.

2.2.4 Ambiente de calibración

Controlar el ambiente donde se está realizando la calibración es una de las prioridades en toda calibración, ya que las variaciones en las calibraciones se deben en su mayoría a efectos provocados por condiciones ambientales, por tal motivo el ambiente de calibración alrededor de la herramienta de registros y el calibrador debe ser controlado, para evitar que se produzca un error sistemático.

Se debe cuidar entonces que el calibrador no se encuentre cerca de la herramienta si no es necesario en ese momento, ya que esto puede generar un error sistemático. Como ejemplo mencionamos el error de sonda en las herramientas de inducción, el cual es estimado de manera impropia si herramientas conductivas están cerca del área de calibración.

Hay que tener en cuenta también los efectos de PVT (presión, volumen y temperatura) ya que estas variaciones generan que la herramienta se descalibre debido a que las condiciones ambientales de taller no son siempre las que predominan en campo.

2.3 Tipos de calibraciones

2.3.1 Calibración de fábrica

Esta calibración es utilizada para establecer la respuesta de referencia de ingeniería de la herramienta con parámetros bien conocidos y formaciones controladas con estándares de laboratorio. Las herramientas de campo están justamente diseñadas para reproducir esta respuesta de referencia de la

herramienta y para asegurar uniformidad y estabilidad de las respuestas de medidas en función del tiempo

La calibración de fábrica consta de una primera medición hecha a un estándar de medición y una medición de referencia que sirve como base para futuros controles. La medida principal es la calibración del sensor utilizado para convertir una medida en bruto a mediciones reales.

2.3.2 Calibración maestra o de taller

Se lleva a cabo en las instalaciones de las empresas de servicio dedicadas a la adquisición de los registros y son las correlaciones de los estándares primarios de la industria, es decir es la comprobación de que la herramienta de registro se encuentra en óptimas condiciones para ser llevada al pozo, ya que en la mayoría de los casos los patrones de calibración son muy grandes y transportarlos a la ubicación del pozo no es posible. Por lo tanto, las compañías de servicios de registros comparan periódicamente en sus talleres las medidas de los sensores en con una medida local de referencia conocida; si existiese alguna variación, esta es compensada ya sea con un ajuste electrónico o con compensaciones de ganancia y el cero.

Debido a que la sensibilidad de los detectores o sus fuentes varían de una herramienta a otra en función del tiempo, una calibración Maestra en el Taller se requiere a intervalos regulares para normalizar la respuesta de cada herramienta a su respuesta estándar establecida por la Calibración Primaria, normalmente se debería realizar esta calibración cada dos a tres meses. Antes de iniciar el registro, se debe ingresar en el programa de adquisición toda la información de la calibración Maestra en el Taller para la normalización de cada sensor en particular. Por todos los medios se debe asegurar que la respuesta de la herramienta no ha sido alterada desde la última calibración en el Taller ya sea por

alteración del programa, por fallas causadas por la transportación de la herramienta al pozo o por la exposición a condiciones ásperas del agujero.

La frecuencia con la que se realice esta calibración depende de los estándares de la compañía, en general se realiza sobre un periodo trimestral o mensual aunque algunas veces se llegan a realizar en algunas herramientas que no necesitan calibraciones tan frecuentes cada 6 meses, como ejemplo podemos citar el probador de formación.

2.3.3 Calibración de campo

2.3.3.1 Calibración antes de registrar

Este procedimiento se realiza en el sitio del pozo antes de bajar las herramientas, para asegurar que los sensores estén funcionando y operando en condición comparable a la calibración hecha en el Taller. Es una verificación de que la respuesta de la herramienta es la misma que la de la Calibración en Taller o de la referencia electrónica primaria para el dispositivo, esto para asegurar que no ha ocurrido ninguna variación desde su última calibración debida principalmente al transporte al pozo. Esta calibración debe ser realizada antes del registro.

Las tolerancias se comparan con las calibraciones de Taller para determinar si a cambiado o no la respuesta de la herramienta desde la última calibración en Taller. Para llevar a cabo esta los resultados se comparan con los registrados durante la calibración de la Taller y si las lecturas no han cambiado o están dentro de la tolerancia, la respuesta de la herramienta no ha cambiado significativamente y la herramienta se puede utilizar para el registro. Si la herramienta se ha desviado fuera de la tolerancia, en algunos casos, el operador tiene la opción de volver a calcular un nuevo conjunto de parámetros de calibración que se utilizará para el registro de las lecturas.

2.3.3.2 Calibración después de registrar

Luego de haber concluido el trabajo de registro, se verifica nuevamente en la boca del pozo, las lecturas de los sensores con las últimas realizadas en el Taller para asegurar que no ha ocurrido ninguna variación mayor a la tolerancia. Existen márgenes de tolerancia para cada herramienta y hay que compararlos con los tomados después de registrar para dar confiabilidad al registro.

Estos dos últimos procedimientos de calibración, nos indican que las partes analógicas del hardware y su sistema de sensores de las herramientas están estables tanto a temperatura de superficie como a temperatura de fondo (esto se verifica con el tramo repetido).

2.4 Formas de calibrar

2.4.1 Tipos de calibración

La metrología es una ciencia y técnica encargada de la medición que permite asegurar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los consumidores. La calibración de sensores es una parte de la metrología ya que la calibración ofrece a las compañías certeza de que la herramienta se encuentra en óptimas condiciones para su funcionamiento, en base a esto y a los tipos de mediciones se han clasificado las siguientes formas de calibrar las herramientas:

- Calibración con un sólo punto
- Calibración con 2 puntos
- Calibración con múltiples puntos

Esta clasificación se hace porque muchas mediciones operan en una región de respuesta lineal; en algunos casos como en la calibración empleando dos puntos se tiene una respuesta lineal que puede ser comparada con las referencias asociadas para determinar la ganancia y el cero, en otros casos sólo obtenemos la ganancia como es en el caso de la calibración con un sólo punto. La ganancia y el cero son valores utilizados para convertir valores de medidas a valores asociados a la calibración.

2.4.2 Ejemplo de calibración con el procedimiento de 2 puntos

Tomamos como ejemplo un caliper de 2 brazos, para esto consideramos en primera instancia que al ser un procedimiento de 2 puntos (figura 2.1) se tienen que ajustar a la ecuación de una recta:

$$Y=mX+b$$

Donde:

Y = unidades de ingeniería (pulgadas)

m = ganancia

b = desajuste u *offset*

X = datos de la herramienta (voltaje para este caso)

En el caso del caliper los patrones de calibración son dos anillos metálicos de 6 y de 12 ó 16 pulgadas. Ahora considerando que para el anillo pequeño tuvimos una respuesta de $X=4000$ y para el anillo grande una respuesta de $X=8000$.

Anillo pequeño:

$$Y_1 = 6''$$

$$X_1 = 4000$$

Anillo grande:

$$Y_2 = 16''$$

$$X_2 = 8000$$

Ecuación básica	$Y = mX + b$
Lectura con el anillo pequeño:	$6 = m(4000) + b$
Lectura con el anillo grande:	$16 = m(8000) + b$
Resta del segundo al primero	$-10 = -m(4000)$
	$10/4000 = m$
	$0.0025 = m$

Resolviendo para b:

$Y = mX + b$
$6 = 0.0025 * (4000) + b$
$6 = 10 + b$
$-4 = b$

Obtenemos de esta forma la ganancia y el desajuste ú *offset* ($m=0.0025$, $b=-4$)

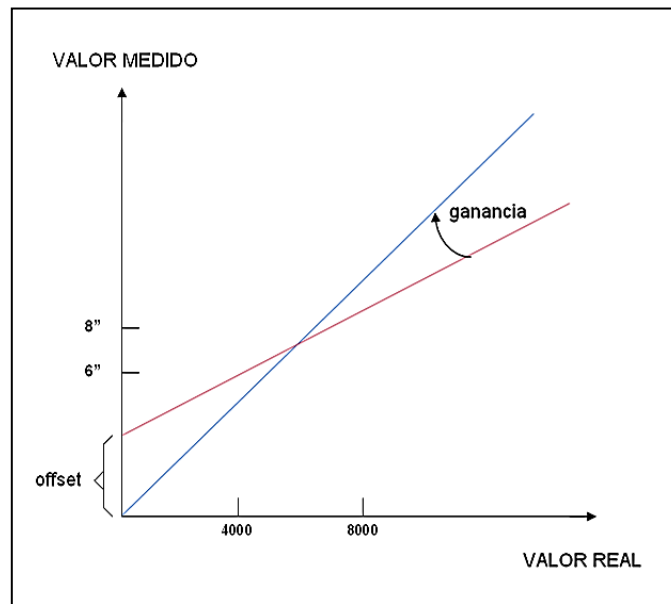


Figura 2.1. Calibración en 2 puntos.

2.5 Software

El software de verificación permite localizar partes que están funcionando mal antes de ir al pozo. Este programa documenta el problema y suministra información útil al encargado del mantenimiento.

Las pruebas que el software realiza son las siguientes.

- Prueba de direcciones: mandando las direcciones de todos los dispositivos periféricos para verificar que responden a su dirección, un error implica que deberá aceptarse un modo degradado de operación durante el registro.
- Chequeo del CPU: realizando ejercicios sencillos en la memoria de la computadora, un error aquí requiere el uso de la computadora de repuesto o intercambio de los módulos de memoria.
- Pruebas de comunicación digital: verifica los canales de comunicación directa entre el CPU y los módulos.
- Prueba de canales regulares y rápidos: Indicando que canales son usados en cada servicio.
- Prueba de unidad de potencia: permite la habilitación de las fuentes y la alimentación.
- Chequeo del sistema en superficie
- Chequeo del sistema de profundidad
- Chequeo del subsistema óptico
- Pruebas de formas de onda-sónico
- Pruebas de calibración sónica

El software es corrido rutinariamente antes de cada trabajo. Además de estas pruebas que realiza el software para verificar el correcto funcionamiento de la unidad de registro antes de realizar las calibraciones, el sistema también es el encargado de seleccionar los parámetros para las calibraciones ya que después de realizar la verificación del correcto funcionamiento de la unidad, se debe especificar que calibración se va a realizar (figura 2.2)

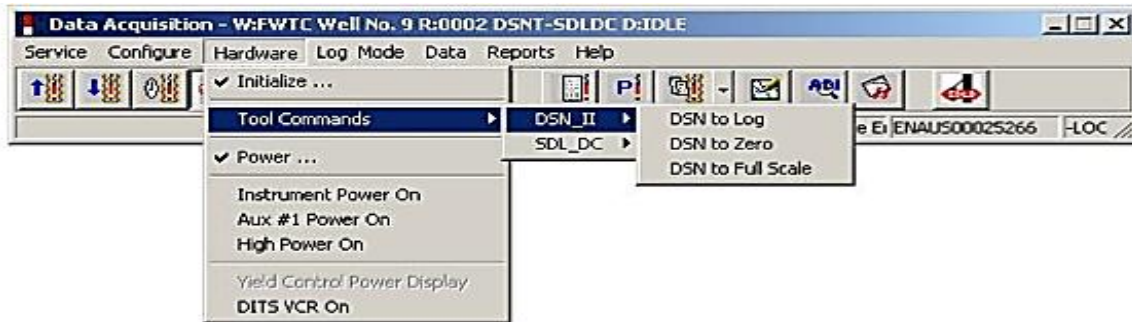


Figura 2.2. Selección de los parámetros para la calibración.

2.5.1 Fases del software

Para controlar las actividades de registros, primero deben ser cargados los “programas “ en la memoria. Puesto que el software para una operación completa de registros es mayor del que puede ser almacenado en la memoria, las operaciones de registro se dividen en conjuntos de actividades relacionadas, llamadas fases, para cada servicio.

Aunque otras fases especiales son usadas para propósitos tales como transmisión de datos, las cinco fases estándares se muestran en la figura 2.3.

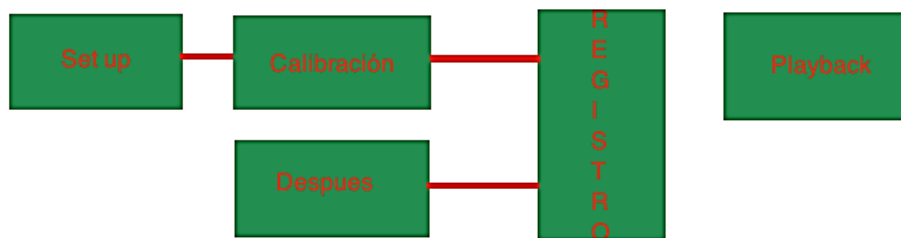


Figura 2.3. Esquema de las fases del software de calibración.

- **Setup:** Conocida como fase inicialización es una fase de adquisición de datos proporcionada para las entradas de los datos del pozo. En esta fase el ingeniero especifica la configuración de herramientas que se va a usar.

- **Calibración antes (*before*):** En esta fase la computadora especifica automáticamente los pasos requeridos para la calibración de la herramienta e imprime un resumen informativo. Esta fase proporciona la verificación del módulo de la herramienta. Esta fase se realiza antes de registrar para asegurar una calibración inicial (figura 2.4).

Figura 2.4. Requerimientos del software para la Calibración neutrón (Cortesía de Halliburton).

- **Calibración después (*after*):** Se realiza después de la operación del registro para verificar que los parámetros de la calibración obtenidos en la fase de calibración son aplicables aún al final del registro.
- **Registro:** Es la operación en la cual la herramienta es corrida en el pozo. Las operaciones de esta fase difieren de las anteriores en el que la computadora inicia cada actividad. Aquí, el ingeniero inicia la activación exclusivamente y podría registrar hacia abajo o hacia arriba, contra profundidad o contra tiempo.

- **Playback:** En esta etapa es posible hacer cálculos extras para interpretaciones rápidas, filtrar información indeseable o recalibrar algunos datos. En esta fase se llena el encabezado del registro.

2.5.2 Presentación de las calibraciones

Los reportes de calibración deberán encontrarse como parte de los registros, llamándolos tira de calibración o cola de calibración, por el hecho de encontrarse al final del registro.

En las calibraciones se debe presentar la fecha, la referencia, cuáles son las condiciones de la calibración y el ambiente de calibración. Se debe procurar también tener una interfaz visual, que permita checar la calibración de manera rápida, por lo general las calibraciones contienen un gran número de figuras y esto es porque es más fácil apreciar con imágenes que con números la calibración

Actualmente ya presentan los resultados de las calibraciones tanto en formato gráfico como digital. Su fácil visualización e interpretación en tiempo real, permite al operador realizar un chequeo rápido y preciso de conformidad con las calibraciones.

La forma de presentar las calibraciones han evolucionado mucho, a continuación se muestran ejemplos de presentación de las calibraciones a lo largo de su evolución:

Presentación de calibración de la época de la unidad de registro CSU (figura 2.5):

SHOP SUMMARY							
PERFORMED :	78/10/04						
PROGRAM FILE :	SHOP	(VERSION	10.2	70/6/27)			
DITD ELECTRONICS CALIBRATION SUMMARY							
ELECTRONICS				CALIBRATION			
	MEASURED		CALIBRATED		SONDE ERROR CORR.	TEST LOOP	UNITS
	ZERO	PLUS	ZERO	PLUS			
ILD	3.9	474.9	0.0	499.9	5.60	471.5	mmhos/m
ILM	3.2	496.3	0.0	499.9	2.74	488.4	mmhos/m
(IS : 147				IC : 142)			

Figura 2.5. Resumen de calibración de un registro de Inducción.

Presentación de calibración de la época de la Maxis 500 (figura 2.6):

Hostile Natural Gamma Ray Sonde / Equipment Identification							
Primary Equipment:				HNGS - BA			
HNGS Sonde							
Auxiliary Equipment:				HNSH - BA			
HNGS Sonde Housing				GSR - U			
Gamma Source Radioactive							

Hostile Natural Gamma Ray Sonde Master Calibration							
Detector 1 Calibration							
Phase	Na 511 Peak Set Point		Value	Phase	Th Peak Loc		Value
Master	[Bar Chart]		42.00	Master	[Bar Chart]		211.9
	38.00 (Minimum)	40.00 (Nominal)	42.00 (Maximum)		201.0 (Minimum)	209.6 (Nominal)	218.3 (Maximum)
Phase	Background Count Rate CPS		Value	Phase	Gain Ratio		Value
Master	[Bar Chart]		96.67	Master	[Bar Chart]		0.9936
	20.00 (Minimum)	142.5 (Nominal)	265.0 (Maximum)		0.9400 (Minimum)	1.000 (Nominal)	1.060 (Maximum)
Master:							

Hostile Natural Gamma Ray Sonde Master Calibration							
Detector 2 Calibration							
Phase	Na 511 Peak Set Point		Value	Phase	Th Peak Loc		Value
Master	[Bar Chart]		41.00	Master	[Bar Chart]		211.1
	38.00 (Minimum)	40.00 (Nominal)	42.00 (Maximum)		201.0 (Minimum)	209.6 (Nominal)	218.3 (Maximum)
Phase	Background Count Rate CPS		Value	Phase	Gain Ratio		Value
Master	[Bar Chart]		96.01	Master	[Bar Chart]		1.017
	20.00 (Minimum)	142.5 (Nominal)	265.0 (Maximum)		0.9400 (Minimum)	1.000 (Nominal)	1.060 (Maximum)
Master:							

Figura 2.6. Resumen de un registro de Rayos Gamma (Schlumberger, 2011).

2.6 ***Términos más usados en las calibraciones***

- Valor Medido (Measured): Este valor representa la señal del dato en bruto o no calibrado y proviene de la herramienta desde el fondo. Estos son convertidos de señales de voltaje a unidades de medida y son expresados en unidades de ingeniería.
- Valor Cero(ZMEA): Es la señal no calibrada proveniente del fondo del pozo y representa el valor más bajo para la calibración
- Valor Máximo (PMEA): es la señal no calibrada proveniente del fondo del pozo y representa el valor más alto para la calibración.
- Referencia Cero (ZREF): corresponde al valor más bajo de la calibración estándar. Este es el valor que la herramienta debe leer luego de ser calibrada.
- Referencia Máxima (PREF): corresponde al valor más alto de la calibración estándar. Este es el valor que la herramienta debe leer luego de ser calibrada.
- Ganancia (Gain): corresponde a la pendiente de la respuesta lineal y tiene la siguiente relación:
$$\text{Ganancia} = (\text{Referencia Máxima} - \text{Referencia Cero} / \text{Valor Máximo} - \text{Valor Cero}).$$
- Compensación (Offset): corresponde a la intersección de la línea cero de la respuesta lineal y tiene la siguiente relación:
$$\text{Ganancia} = \text{Referencia Cero} - \text{Ganancia} \times \text{Valor Cero}.$$
- Valor Calibrado: es el valor real luego de las correcciones realizadas y tiene la siguiente relación. $\text{Valor Calibrado} = \text{Valor Medido} \times \text{Ganancia} + \text{Compensación}.$

CAPÍTULO III

CALIBRACIONES POR PRINCIPIO DE MEDICIÓN

3.1 Registros de correlación

3.1.1 Calibración del Potencial Natural

El Potencial Natural (SP) es medido en mV entre un electrodo en el fondo y uno en superficie (figura 3.1). Este voltaje es medido directamente por los convertidores Analógico/Digital de la unidad. La señal no tiene que ser calibrada y la exactitud de la medición depende solamente de la precisión de los convertidores A/D, que son checados antes de cada trabajo por el programa Q-Check.

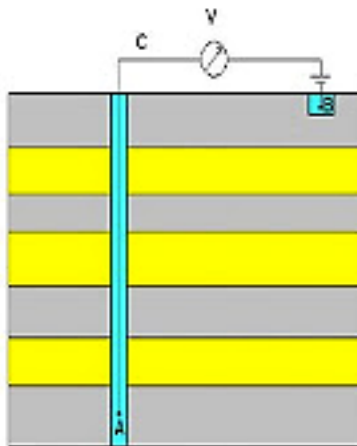


Figura 3.1. Representación de la medición de SP (Petroblogger).

3.1.2 Calibración de las herramientas de Rayos Gamma

La herramienta de Rayos Gamma (GR) mide la radiación natural producida por el proceso de decaimiento de los elementos encontrados en las formaciones

a) Calibración de Fábrica.

Se realiza en un pozo que se encuentra en Houston, Texas, este contiene 3 formaciones de 9" (en Halliburton es de 8") de espesor cada una y mediante aditivos especiales (13 ppm de Uranio, 24 ppm de Torio y 4% de Potasio) se le da una radioactividad semejante a las lutitas.

Dada la naturaleza de la calibración se desarrolló un patrón secundario y este consiste en una fuente de 0.1 miliCurie (mCi) de Radio-226 (en Halliburton se utiliza una fuente de 25 μ Curies de Torio-232) y se monta en una plantilla de 4 μ Curies (μ Ci) de Torio-232 (Schlumberger maneja una plantilla de acero).

b) Calibración Maestra ó de Taller.

La calibración de Taller implica leer la lectura de fondo y los conteos cuando la herramienta esta en su lugar.

Para realizar se coloca el *jig* de Torio que es una fuente de 0.1 mCi de Radio-226 sobre la herramienta, se ingresa el valor del *jig* de Torio y se toma la lectura del calibrador; esta lectura va acompañada siempre de la lectura de medio ambiente de fondo (*back ground*) que corresponde al ruido, por lo que para obtener la lectura correspondiente al calibrador hay que restarle la lectura de fondo.

Seguido de esto se utiliza un modelo de 2 puntos para realizar la calibración, para determinar la Ganancia y el Zero (ú *Offset*):

- Zero: corresponde a los conteos de Rayos gamma.
- Ganancia: corresponde al estándar de calibración.

Se utiliza el método de la línea recta ($Y=mX+b$) para determinar los parámetros del registro.

Para comprender la calibración se propone el siguiente ejemplo:

Parámetros iniciales:

Valor del calibrador= 205 API.

Lectura de Fondo= 55 conteos (CPS) de la herramienta.

Lectura de Fondo + calibrador= 450 CPS de la herramienta.

Obtenemos los conteos del calibrador ya que estos siempre van acompañados de la lectura de fondo;

Conteos del calibrador= (Lectura de fondo+ Calibrador)- Lectura de fondo
= 395 CPS de la herramienta

Utilizando el modelo de 2 puntos y la ecuación de la recta:

$$Y = m X + b$$

Sustituyendo y asumiendo que el cero de la herramienta corresponde al cero de API:

$$205 = m (395)$$

Resolviendo se obtiene:

$$\text{Zero} = 0$$

$$\text{Ganancia} = 0.5189$$

Y los valores calibrados;

$$\text{Lectura de Fondo} = 0.5189 * 55 = 28.5443 \text{ API}$$

$$\text{Calibrador} = 0.5189 * 395 = 204.9655 \text{ API}$$

$$\text{Lectura de fondo + calibrador} = 0.5189 * 450 = 233.505 \text{ API}$$

c) Calibración Antes y Después del registro.

El procedimiento es similar a la calibración en taller y se debe verificar que los parámetros obtenidos estén en tolerancia con los de taller.

d) Patrones de calibración.

- Calibración de Fábrica:
 - Calibrador constituido por cuatro zonas de 9" de espesor con 13 ppm de Uranio, 24 ppm de Torio, 4% de Potasio y la última de cemento.
 - Verificación de la fuente cada 6 meses.
- Calibración de Taller:
 - Jig: Formado por una fuente de 0.1 mCi de Radio-226 montado en una plantilla de 4 µCi de Torio-232.
 - Fuente de rayos gamma interna (Americio-241) que está incrustado en un detector alpha (cristal de centello de Fluoruro de Calcio).
 - Ajuste por medio de una calibración de 2 puntos ($Y=mX+b$).
 - Calibración Mensual.

e) Factores que afectan la calibración.

- Mala colocación del Jig
- Detector de cristal dañado
- Fuentes radioactivas en la proximidad

La mayoría de los errores se da por la mala colocación del Jig, debe verificarse este procedimiento, en caso de que siga fallando hay que recurrir al electrónico para que verifique la herramienta.

f) Presentación de las calibraciones.

Antigua (figura 3.2):

BEFORE	SURVEY	CALIBRATION	SUMMARY
PERFORMED :	80/01/19		
PROGRAM FILE :	IS	(VERSION 16.4	79/11/20)
SGTE	DETECTOR	CALIBRATION	SUMMARY
	MEASURED		CALIBRATED
	BKGD	JIG	
GR	6	163	165
			GAPI

Figura 3.2. Presentación antigua de las calibraciones (Rayos Gamma), (Córdoba).

Moderna (figura 3.3):

Hostile Natural Gamma Ray Sonde / Equipment Identification											
Primary Equipment:		HNGS Sonde		HNGS - BA	178						
Auxiliary Equipment:		HNGS Sonde Housing		HNSH - BA	189						
		Gamma Source Radioactive		GSR - U	10092						
Hostile Natural Gamma Ray Sonde Wellsite Calibration											
Detector 1 Check											
Phase	Na 511 Peak Loc	Value	Phase	Na 511 Peak Res %	Value	Phase	High Voltage V	Value			
Master		39.55	Master		16.67	Master		1385			
Before		39.58	Before		16.56	Before		1359			
After		39.69	After		15.96	After		1373			
	37.50 (Minimum)	40.00 (Nominal)	43.50 (Maximum)		12.00 (Minimum)	15.50 (Nominal)	19.00 (Maximum)		850.0 (Minimum)	1150 (Nominal)	1600 (Maximum)
Phase	Na 1785 Peak Loc	Value	Phase	Na 1785 Peak Res %	Value	Phase	Temperature DEGC	Value			
Master		142.1	Master		8.795	Master		31.32			
Before		142.3	Before		8.604	Before		22.79			
After		143.1	After		8.068	After		26.77			
	135.0 (Minimum)	142.6 (Nominal)	150.3 (Maximum)		7.000 (Minimum)	8.500 (Nominal)	11.00 (Maximum)		-28.89 (Minimum)	15.50 (Nominal)	60.00 (Maximum)
Phase	Na Count Rate CPS	Value									
Master		37.43									
Before		35.69									
After		36.88									
	10.00	45.00	100.0								

Figura 3.3. Presentación moderna de las calibraciones.

3.1.3 Calibración de las herramientas de Espectroscopía de Rayos Gamma

Las herramientas de Espectroscopia de Rayos Gamma naturales miden los niveles de energía de los rayos gamma detectados de manera individual, abarcando el espectro los niveles de energía de 0 a 3 MeV. Respondiendo a los parámetros de:

- Eficiencia del detector.
- La energía de respuesta del detector.

a) Calibración de Fábrica.

La calibración de Fábrica de la herramienta se realiza por un pozo que está constituido por cuatro zonas, las tres primeras zonas contienen los elementos Th, K y U respectivamente, los cuales nos permiten conocer la respuesta de la herramienta para así controlar la estabilización de la herramienta y la última zona que es la más superficial se encarga de medir la contribución de radioactividad del cemento.

Para realizar la calibración la herramienta debe estar centrada en el pozo, posteriormente se realiza un conteo en 19 ventanas las cuales contienen 768 canales, divididas 0 a 255 para el espectro de energía baja, de 256 a 511 para el espectro de energía intermedia y de 512 a 768 para el espectro de energía alta.

b) Calibración Maestra o de Taller.

La calibración se debe realizar una vez al mes y debe realizarse en algún lugar lo más alejado posible de cualquier material que pueda ejercer una contribución al contador de rayos gamma, por lo regular se realiza sobre un bloque para evitar efectos negativos.

Se realiza con una fuente de 4 μCi en la cual está encapsulado Torio-232, esta fuente se coloca en una especie de mango flexible que es llamado *jig* el cual a su vez se envuelve alrededor de la carcasa del detector (figura 3.4).

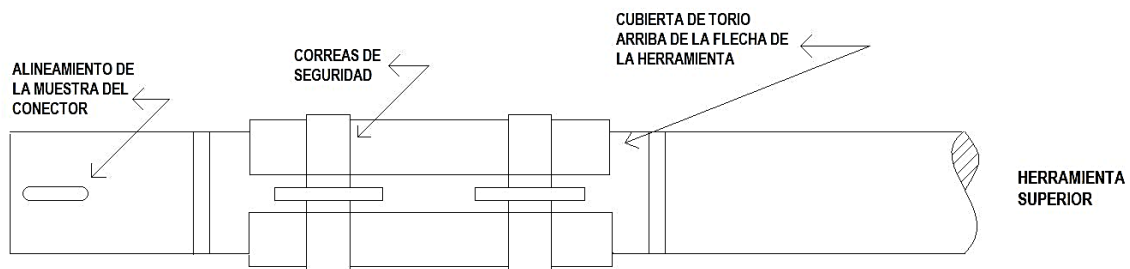


Figura 3.4. Representación de las partes de la herramienta de Espectroscopía de Rayos Gamma.

Seguido de esto se calculan los coeficientes de sensibilidad, los cuales son guardados y almacenados.

La calibración se realiza de la siguiente forma:

1. Se mide el espectro de fondo (*back ground*).
2. Comprobar que los conteos de la herramienta estén entre 250 y 500 CPS, si no es así se debe verificar el hardware de la herramienta.
3. Seguido de esto se coloca el *jig* de Torio en la carcasa de la herramienta
4. Se reúnen los datos del calibrador de Torio.
5. El espectro de fondo se resta del espectro total para obtener el espectro calibrador. Ya que el espectro calibrador siempre va acompañado del espectro de fondo.
6. Se procesan los espectros de energía (lo más recomendable es sean 79 y 239 para el espectro de baja energía, para el de alta energía 583 y 2614).
7. Posterior a esto el software calcula los parámetros y los almacena.

La forma en que funciona el software es la siguiente:

Utiliza un proceso de dos puntos es decir trabaja con el modelo $y=mX+b$. Y parte de que el Torio emite cuatro picos espectrales de rayos gamma, dos en el espectro de baja energía y 2 en el espectro de alta energía, posteriormente el software busca los picos de energía y los coloca en ventanas predefinidas. Si los picos de energía salen del rango de energía predefinido el software los ajusta, ajustando la frontera de la ventana moviéndola a un punto fijo del pico de energía.

Cabe mencionar que el rango de energía para cada valor es fijado por el operador sin embargo este varía para cada herramienta de Espectrometría de Rayos Gamma.

La forma de procesamiento del software es:

Los canales de baja y alta energía son ajustados a una línea recta donde los parámetros se definen de la siguiente manera:

$$\text{Valor de canal} = R(\text{valor de energía}) + B$$

Donde R corresponde a la Ganancia y B al *Offset*, se define para cada canal:

$$\text{Canal U} = R(E'u) + B$$

$$\text{Canal L} = R(E'L) + B$$

Para una mejor comprensión del proceso se presenta el siguiente ejemplo (fig. 3.5):

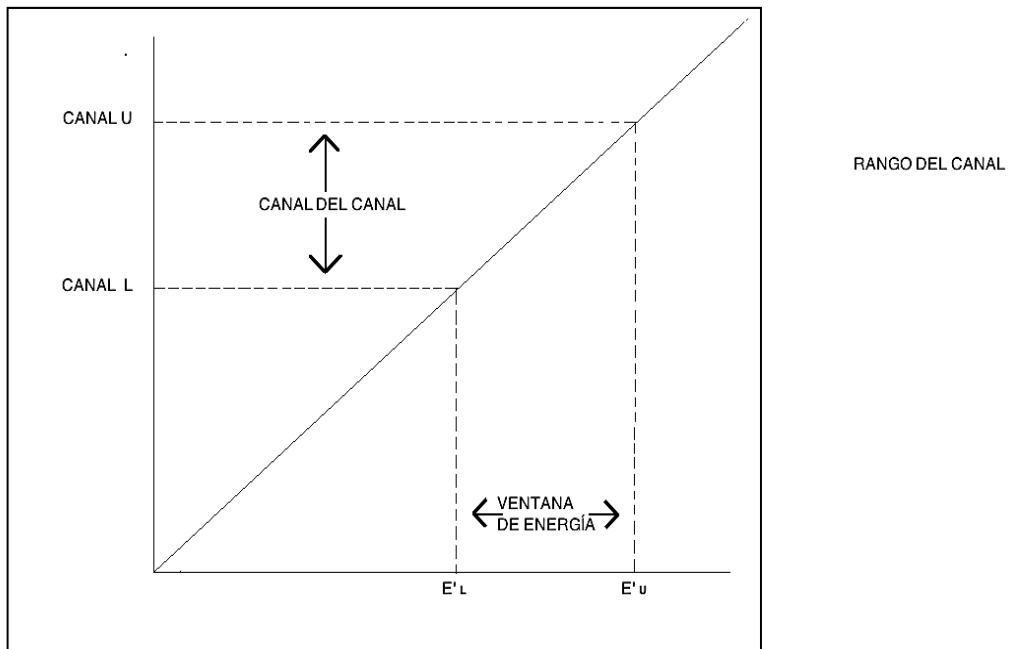


Figura 3.5. Ajuste lineal de la calibración (recta 45°).

Se introducen los valores del espectro de alta energía de la fuente, en ecuaciones simultáneas:

$$215 \text{ canales} = R(2.614 \text{ MeV}) + B$$

$$50 \text{ canales} = R(0.583 \text{ MeV}) + B$$

Resolvemos para R y B:

$$R = 81.2 \text{ canal/MeV}$$

B=2.7 canales

Todas las herramientas de espectroscopía tienen en la primera ventana un rango de energía de 2.480 a 2.919 Mev. como se conoce la Ganancia y el *Offset* procedemos a obtener el ajuste de nuestra recta:

$$\text{Canal U} = 81.2 \text{ Ch/Mev}(2.919 \text{ MeV}) + 2.7 \text{ canal} = 240 \text{ canales}$$

$$\text{Canal L} = 81.2 \text{ canal/Mev}(2.480 \text{ MeV}) + 2.7 \text{ canal} = 204 \text{ canales}$$

Por lo tanto en la ventana 1 :

$$= 2.48 \text{ MeV} \quad \gg 2.919 \text{ MeV}$$

$$= \text{canal } 204 \quad \gg \text{canal } 240$$

Se analizan los valores fijados para las 19 ventanas en que se divide el espectro (figura 3.6).

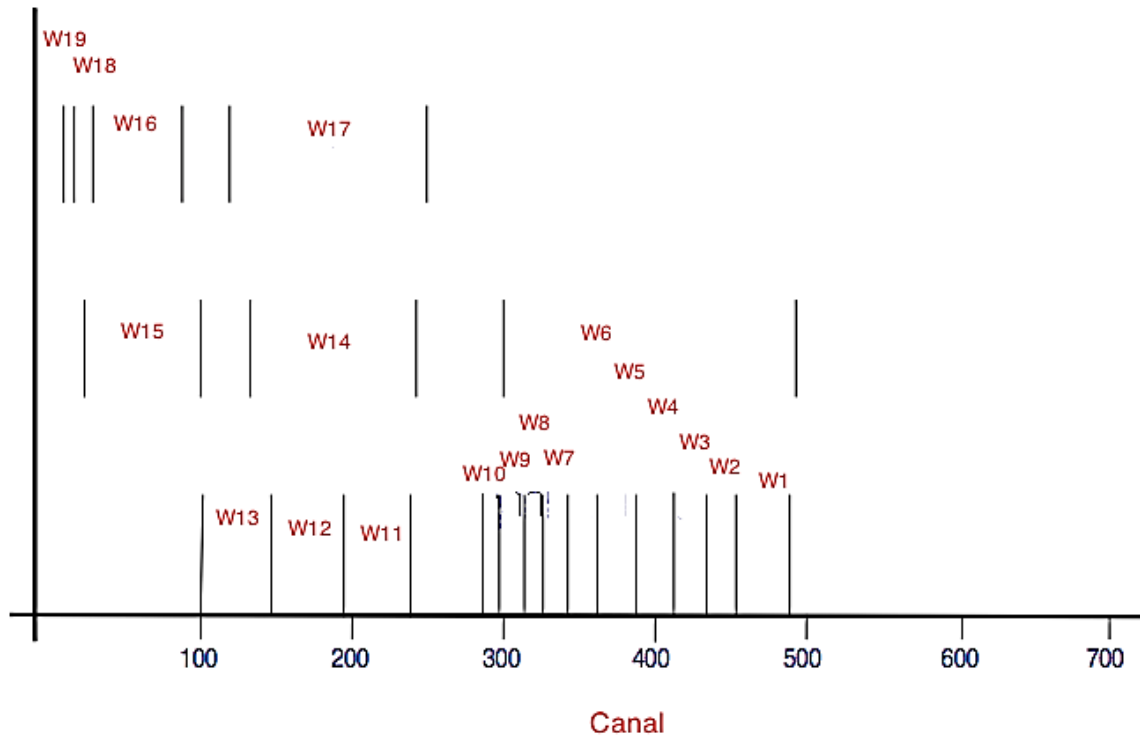


Figura 3.6. Distribución de ventanas y canales.

Y se resuelve por canal 204 y 240 de alta energía, que corresponden al 459 y 495 transmitido a boca del pozo.

c) Calibración Antes y Después del registro.

Consiste en seguir los mismos pasos que se utilizan para la calibración de Taller. Se utiliza el jig de torio-232.

d) Patrones de calibración.

- Calibración de Fábrica:

- Calibrador constituido por cuatro zonas de 9" de espesor con 13 ppm de Uranio, 24 ppm de Torio y 4% de Potasio y la última de cemento.
- Verificación de la fuente cada 6 meses.

- Calibración Maestra ó de Taller:

- Jig: que es una fuente de 0.1 mCi de Radio-226 montada en una plantilla de 4 µCi de Torio-232.
- Fuente de rayos gamma interna (Americio-241) que está incrustada en un detector alpha (cristal de centello de Fluoruro de Calcio).
- Ajuste por medio de una calibración de 2 puntos ($Y=mX+b$)
- Calibración mensual

e) Factores que afectan la calibración.

- La estabilización de la herramienta no es correcta.
- Mal posicionamiento del *jig*.
- Otras fuentes en las proximidades.

3.2 Registros de porosidad

3.2.1 Calibración de herramientas de Neutrones

La medición adquirida por la herramienta de Neutrón es el Ratio, que una relación simple de la velocidad de conteo del detector cercano y de la velocidad de conteo del detector lejano. Sin embargo, esta relación no es particularmente útil por sí misma y debe ser convertida en unidades de ingeniería, esto se logra a través de la calibración al igual que garantiza que todas las herramientas de Neutrón midan la misma respuesta en la misma formación.

La sensibilidad de los detectores de neutrones varía considerablemente de una herramienta a otra, de la misma forma su sensibilidad cambia con el tiempo por lo que es necesario realizar calibraciones periódicamente, estas deben realizarse cada mes.

a) Calibración de Fábrica.

Debido a que dos herramientas de Neutrón pueden tener diferentes mediciones en una misma formación en 1958 el Instituto Americano del Petróleo construyó un pozo de prueba para estandarizar la respuesta de las herramientas, este pozo consiste de 3 capas de caliza con porosidades conocidas que son atravesadas por un pozo lleno de agua dulce, que produce que los poros de las capas sean saturados de agua, permitiendo medir los conteos de neutrones que dependerán de la porosidad de la roca (figura 3.7).

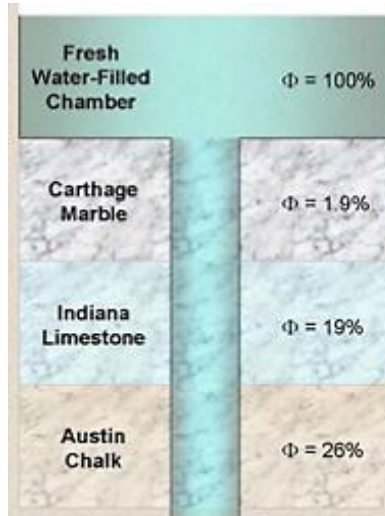


Figura 3.7. Pozo de prueba de las herramientas de Neutrones.

Cuando se realiza la medición se imprime una gráfica de la relación de conteos de los detectores (SS/LS) con la porosidad (figura 3.8).

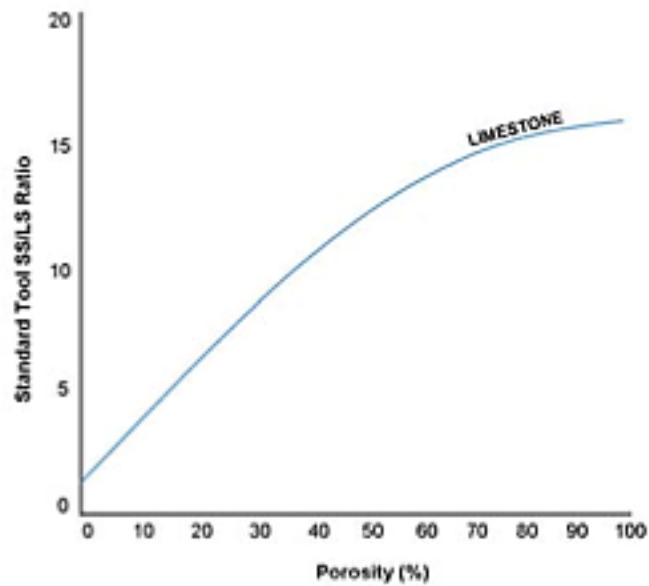


Figura 3.8. Gráfica de porosidad Vs relación SS/LS (Ratio).

De la grafica anterior se obtiene la ecuación:

$$\Phi = a_0 + a_1R + a_2R^2 + a_3R^3 + \dots = \sum_{i=0}^x a_iR^i$$

Donde:

ϕ =porosidad

a_i =coeficientes constantes

R_i =Relación entre los detectores dada por el API

Para así obtener los coeficientes que relacionan la medición SS/LS con la porosidad.

b) Calibración Maestra o de Taller.

Lo primero que hay que hacer es establecer la sensibilidad de la herramienta, para esto se utiliza un gran tanque horizontal de agua (Schlumberger utiliza el tanque de agua verticalmente) el cual tiene una porosidad aparente de 18% a condiciones estándares (pozo de 8", herramienta descentralizada, matriz de limos y agua dulce en la formación y en el pozo), esta porosidad aparente es proporcionada por las condiciones de agua-aire y Aluminio a 75°F (figura 3.9).



Figura 3.9. Tanque de calibración de las herramientas de Neutrón (patrón secundario).

Durante el proceso de calibración en taller la herramienta debe tener un mínimo de 3 metros de distancia hacia el suelo y 3 ft de cualquier contenedor de agua. Ya que el agua y el suelo moderan el flujo de neutrones y afectarán la calibración de una forma negativa.

En la calibración puede ser necesaria una corrección por temperatura ya que el agua se expande y esto hace que el índice de Hidrógeno disminuya:

$$NRAT = NRAT + 0.0013(T_o - 75^{\circ}F)$$

Para establecer la sensibilidad de la herramienta se utiliza la relación obtenida en el pozo del API y marcadas por ellos como estándar, a continuación se coloca una fuente de 19 Ci Am-Be en la herramienta, la cual es introducida al tanque de agua para medir los conteos del detector lejano y cercano, determinando así la relación SS/LS (Ratio) de la herramienta (figura 3.10).



Figura 3.10. Calibración de la herramienta de Neutrones mediante patrón secundario.

La sensibilidad es obtenida:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{Relación conocida del tanque}}{\text{Relación medida con la herramienta}}$$

La relación de calibración es:

$$\text{Relación calibrada} = \text{sensibilidad} * \text{Relación medida}$$

A partir de la cual la porosidad es calculada por la ecuación ya antes mencionada:

$$\Phi = a_0 + a_1R + a_2R^2 + a_3R^3 + \dots = \sum_{i=0}^x a_i R^i$$

Lo siguiente es establecer una relación par la verificación en campo. Para tal efecto se utilizan 3 bloques verificadores, de 38.7 cm, 88.9 cm y 72.4 cm (figura 3.11).



Figura 3.11. Bloques verifcadores.

Se coloca la herramienta en el bloque verificador de 38.7 cm, con la fuente de $^{241}\text{AmBe}$ y se coloca la fuente en la parte derecha de la cavidad registrando por 50 segundos para el detector cercano (figura 3.12).

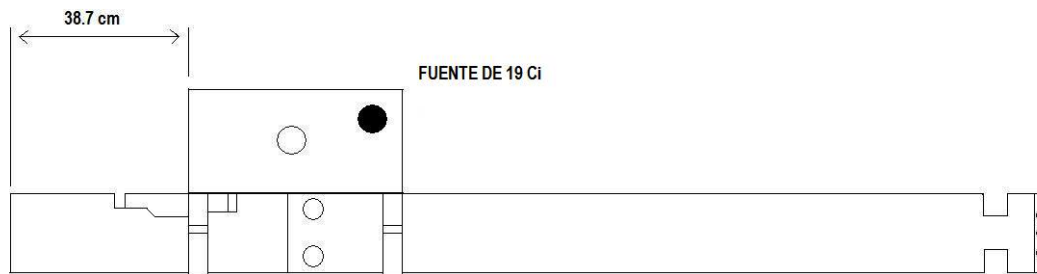


Figura 3.12. Calibración de la herramienta con el bloque verificador de 38.7 cm.

Se verifica entonces en el bloque de 88.9 cm, colocando la fuente, que será de 19 Ci $^{500}\text{AmBe}$, en la cavidad central y se toma un registro por 50 segundos para el detector lejano (figura 3.13).

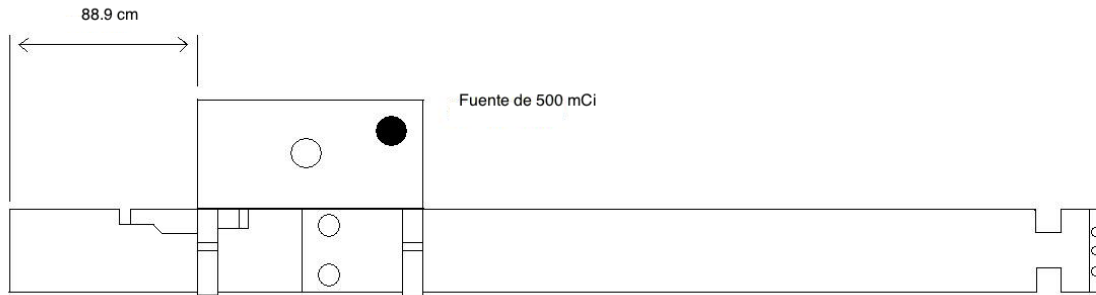


Figura 3.13. Calibración de la herramienta con el bloque verificador de 88.9 cm.

Se realiza lo mismo con el bloque verificador de 72.4 cm y se instala la fuente de 19 Ci $^{500}\text{AmBe}$ tomando un registro durante 50 segundos para el detector lejano (figura 3.14).

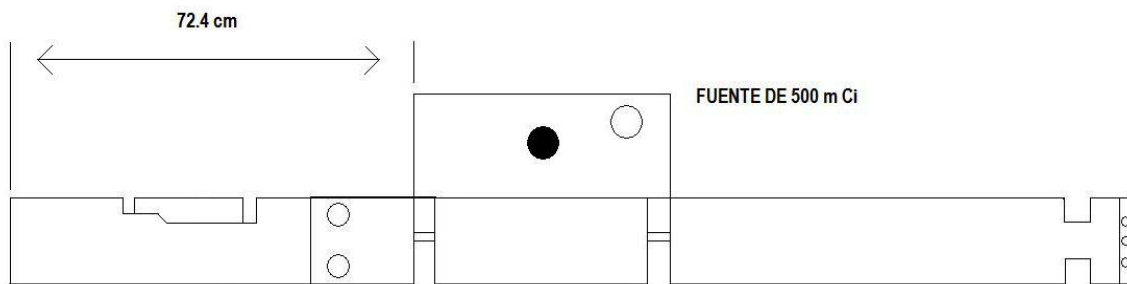


Figura 3.14. Calibración de la herramienta con el bloque verificador de 72.4 cm.

Con esto ya se tiene la relación para la verificación en campo. Una herramienta ideal debería leer una relación de 2.158 en el tanque a 75° . Esto es la relación de neutrón (NRAT) de referencia Plus.

c) Calibración Antes y Después del registro.

En el pozo se verifica el funcionamiento de la herramienta antes y después de correr el registro. La calibración en Campo se realiza de la misma forma que en Taller. En esta calibración los valores calibrados con el tanque de agua ya han sido guardados previamente, por lo que sólo se procede a calibrar la herramienta con los bloques verificadores de 38.7 cm, 88.9 cm y 72.4 cm, de la misma forma como se realizó en el Taller.

La calibración después consiste en verificar que se encuentren en tolerancia las mediciones.

d) Patrones de calibración.

- Fábrica:

- Formación de caliza de tres capas (figura 3.7) con porosidades conocidas que permite estandarizar las herramientas para evitar que dos herramientas en una misma formación midan diferente; pozo lleno de agua dulce con porosidad 100%, capa somera de mármol con porosidad de 1.9%, capa intermedia de la caliza Indiana con porosidad 19%, capa profunda de la caliza Austin con porosidad 26%.
- Se asignará la relación con la que se trabajara en el tanque lleno de agua que se utilizará para la calibración de Taller.
- Posicionamiento de la herramienta excentrada.

- Maestra o de Taller:

- Tanque con un fluido que debe ser de agua pura, con temperatura ambiente, es decir condiciones de agua-aire y Aluminio a 75°F, y contener agentes anti-enfriamiento. Permite determinar la Ganancia que en el registro de Neutrón es conocida como sensibilidad, que será utilizada para calcular la relación SS/LS medida por la

herramienta a un dato calibrado el cual será utilizado para obtener la porosidad Neutrón.

- Bloque verificador de 15.25 cm, 35 cm y 28.5 cm con fuente de 19 Ci AmBe; en algunas herramientas de Neutrón se utiliza una fuente de 18.5 Ci AmBe para establecer la verificación en campo.
- Sistema de adquisición de pérdidas, para evitar que la información se pierda en caso de que el transmisor o el receptor se dañe.
- Posicionamiento de la herramienta excentrada.
- Calibración mensual.

- Campo (Antes y Después):

- Bloques verificadores de mano 35 cm y 28.5 cm con fuente de 19 Ci AmBe en algunas herramientas de Neutrón se utiliza una fuente de 18.5 Ci AmBe . para verificar que la respuesta esté en tolerancia.

e) Factores que afectan la calibración.

- El tanque de agua no está completamente lleno.
- La fuente ha sido instalada de forma incorrecta en la cavidad.
- Posicionamiento incorrecto del bloque verificador.
- La herramienta no está alineada correctamente.
- Efectos de los alrededores, estos pueden contribuir a una calibración negativa.

f) Presentación de la calibración (figuras 3.15 y 3.16).

		SHOP	SUMMARY	
PERFORMED :	80/01/18			
PROGRAM FILE :	SHOP	(VERSION	14.4	79/ 6/ 1)
CNTA	DETECTOR	CALIBRATION	SUMMARY	
	TANK		JIG	
	MEASURED	CALIBRATED	MEASURED	CALIBRATED
NRAT	2.28	2.15	2.28	2.15
(CNHA : 398 , CNBA : 479)				

Figura 3.15. Presentación antigua de las calibraciones (Neutrón), (Córdoba).

DUAL SPACED NEUTRON SHOP CALIBRATION						
Tool Name:	DSMT - 11055740	Reference Calibration Date:	04 Feb 08 17:55:10			
Engineer:	H. YOSEF	Calibration Date:	04 Feb 08 18:21:07			
Software Version:	WL INSITE R2.1 (Build 10)	Calibration Version:	1			
Logging Source S/N: 21478B Tank Serial Number: 105058 Reference value assigned to Tank: 53.790 Snow Block S/N: INSITE-01 Tool Temperature: 76.3 degF Calibration Tank Water Temperature: 63 degF Min. Tool Housing Outside Diameter: 3.625 in						
CALIBRATION CONSTANTS						
Measurement	Prev. Value	New Value	Control Limit On New Value			
Gain:	0.972	0.974	0.900 - 1.100			
WATER TANK SUMMARY (Horizontal Water Tank)						
Measurement	Current Reading (Previous Coef.)	Calibrated (New Coef.)	Change	Control Limit On Change		
Porosity (decp):	0.2221	0.2227	0.0007	+/- 0.0020		
Calibrated Ratio:	10.10	10.12	0.022	+/- 0.050		
VERIFIER						
Measurement	Value	Control Limit				
Snow-Block Porosity (decp):	0.0796	0.02000 - 0.09000				
PASS/FAIL SUMMARY						
Background Check:	Passed					
Gain-Range Check:	Passed					
Snow-Block Check:	Passed					
Water-Tank Change Check:	Passed					
Temperature Check:	Passed					
Water-Tank Stats Check:	Passed					
Snow-Block Stats Check:	Passed					
INPUTS (Old/New)						
Measurement	Accumulation Times: 60, 300, 60 seconds					
	Background		Water Tank		Snow Block	
	Prev	Current	Prev	Current	Prev	Current
Near (raw, cps):	0.02	0.02	15748.30	15751.57	20457.44	20493.29
Far (raw, cps):	0.15	0.10	1608.10	1611.93	4230.31	4213.42
Ratio (DTC):	N/A	N/A	10.343	10.390	5.134	5.318
Relative Standard Deviations						
Calibration Step	Near Deviation		Far Deviation		Control Limits	
Tank	1.06		1.03		0.837 - 1.163	
Snow Block	0.99		1.03		0.630 - 1.370	

Figura 3.16. Presentación moderna de las calibraciones.

3.2.2 Calibración de las herramientas de Densidad

Las mediciones adquiridas por las herramientas de Densidad son conteos de rayos gammas con diferentes rangos de energía en 2 diferentes detectores. En ellas el logaritmo natural de estos conteos es procesado en la ventana W1 a través de la venta w4 de cada detector, para producir la densidad aparente de la

formación. La calibración garantiza la capacidad de producir valores precisos de ρ_b y P_e , y de que todas las herramientas de densidad midan la misma respuesta en la formación.

a) *Calibración de Fábrica.*

Dos herramientas de Densidad que registren en la misma formación y mismas condiciones de pozo pueden tener diferentes tazas de conteos.

Esto en base a la:

- Intensidad de la fuente.
- Separación de los detectores.
- Colimación (separación al detector).

Por tal motivo para garantizar las herramientas de densidad midan la misma respuesta en la formación se desarrolla la calibración de Fábrica. En la cual se emplean una formación de caliza con tres capas con densidades conocidas atravesadas por un pozo de 8" lleno de agua (figura 3.17).

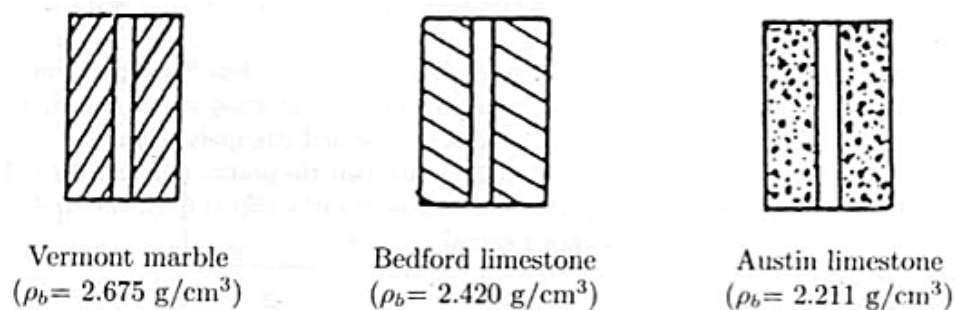


Figura 3.17. Formaciones del Instituto Americano del Petróleo (Densidades), (Theys, 2009).

La calibración es desarrollada en el Instituto Americano del Petróleo (API), debido a las dimensiones de las formaciones no pueden ser transportadas al Taller, por lo que se desarrolló un patrón secundario en el cual la calibración realizada en la formación de prueba asigna un valor estándar de ρ_b y ρ_e a 2 bloques, uno de Aluminio y otro de Azufre (Halliburton utiliza un block de Magnesio), de una dimensión de 12"X16"X30" con un hueco de 6", para utilizarlos como patrón secundario en la realización de la calibración de ayer.

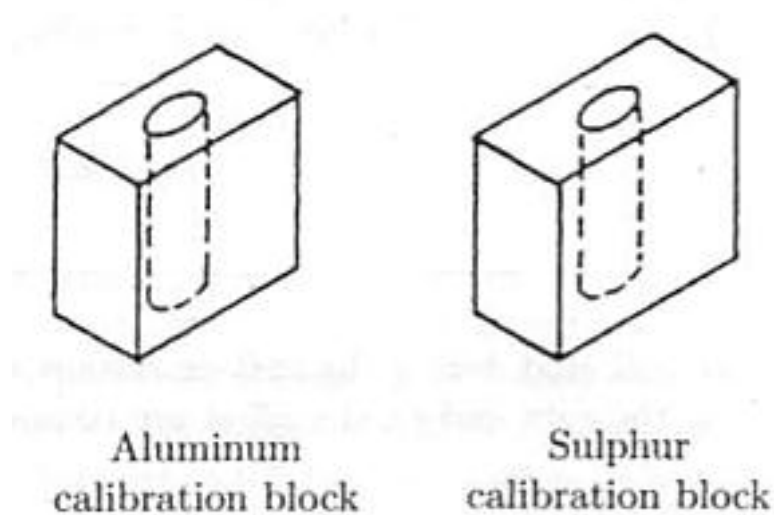


Figura 3.18. Patrones secundarios para calibración en Taller, (Theys, 2009).

De este patrón secundario la densidad aparente puede ser calculada de 3 formas:

- Colocando una herramienta estandarizada en cada uno de los bloques y usando la densidad aparente vista por la herramienta .
- Midiendo la densidad de los bloques (pesados en agua y aire) y convirtiendo esta a resistividad aparente.
- Conociendo la composición exacta de los bloques y utilizando la siguiente fórmula para obtener la resistividad aparente:

$$\rho_a (\text{block}) = \sum_i V_i \rho_i = V_{\text{magnesium}} \rho_{\text{magnesium}} + V_{\text{copper}} \rho_{\text{copper}} + \dots$$

Donde: V_i =Volumen fraccional

$\rho_i = 1.0704 \text{ gr/cc}$

$\rho_{ei} = -0.1883 \text{ gr/cc}$

b) Calibración Maestra ó de Taller.

En la calibración en Taller se utilizan dos bloques, uno de Aluminio y otro de Azufre (figura 3.18).



Figura 3.18. Patrón secundario de medición en la calibración de las herramientas de Densidad.

Se utiliza una fuente de 1.5 curies de Cesio-137 la cual es colocada en la herramienta y a su vez esta es introducida en los bloques. Los conteos crudos de los rayos gamas son medidos en los dos bloques, los valores son comparados con los valores de ρ_b y ρ_e dados por la herramienta estandarizada para estos bloques (figuras 3.19 y 3.20).



Figura 3.19. Colocación de la herramienta en el bloque de Aluminio.

Las constantes de calibración (A y B) se aplica a los valores en crudo para cada detector, de esta manera se puede ajustar un modelo $Y=mX+B$, el cual responderá a las necesidades de calibración.

$$[\ln(C)_{CAL}] = A[\ln(C)_{RAW}] + B$$

Donde:

$\ln(c)_{cal}$ = logaritmo natural de los conteos calibrados

A= constante de calibración

$\ln(c)_{raw}$ = logaritmo natural de los conteos en bruto

B= constante de calibración

Este método asegura entonces que el $\ln(C)$ medida por la herramienta en los bloques de Aluminio y Azufre son idénticos a la correspondiente $\ln(C)$ de los valores medidos por la herramienta estándar en los mismos bloques. Este método garantiza que la densidad aparente (ρ_b) y el factor fotoeléctrico (P_e) de las mediciones de todas las herramientas de densidad será idéntica a las de la herramienta estándar, así como otras herramientas de densidad en la misma formación y bajo las mismas condiciones de pozo.

Es importante conocer la calibración del mes anterior (Maestra) por lo que se recomienda obtener una copia de la calibración del mes anterior y comparar con la que se está realizando, en caso de haber una discrepancia se debe corregir antes de proceder con la toma del registro. La discrepancia puede ser causada por reparación, modificación o colocación incorrecta de la herramienta en el bloque de calibración.

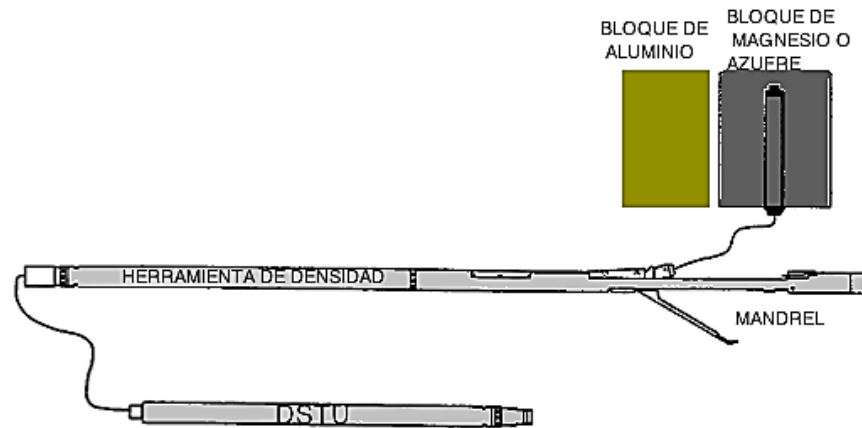


Figura 3.20. Diagrama esquemático de la calibración de las herramientas de Densidad.

c) Calibración Antes y Después del registro.

Se utiliza un dispositivo denominado *jig* este es un sistema que artificialmente reproduce las lecturas obtenidas con el patrón de Taller. Típicamente, se puede registrar los conteos obtenidos en el patrón primario de campo (blocks Aluminio y Azufre) entonces, usando una fuente radioactiva pequeña podemos reproducir estos conteos y calibrar el equipo.

Para tal efecto lo primero que se realiza es: retirar uno de los patines del cuerpo del mandril, ya que en esta parte se colocará el *jig* (figura 3.21)



Figura3.21. Colocación del Jig.

EL *jig* de calibración es utilizado únicamente para checar la herramienta. De ahí que el *jig* deberá ser ajustado para dar la misma respuesta que la de los blocks de Aluminio y Azufre. La Ganancia obtenida en la calibración de Taller será usada para el registro así como también para obtener los valores para *jig* calibrado.

La calibración de Taller se debe anexar al registro y debe ser reciente (1mes). En las calibraciones de campo se deben retirar todas las fuentes y verificar los conteos de la radiación ambiental, los cuales deben coincidir con los de la calibración Taller, de no ser así la herramienta no está trabajando adecuadamente.

d) Patrones de calibración.

- Fábrica:

- Formación con tres capas de calizas con densidades de: capa somera de mármol con densidad de 2.211 g/cc, capa intermedia de la caliza Indiana con densidad de 2.420 g/cc, capa profunda de la caliza Austin con densidad de 2.675 g/cc.
- Calibración realizada anualmente.

- *Maestra ó de Taller:*

- Bloque de Aluminio con medidas de 12"X16"X30" con un hueco de 6".
- Bloque de Azufre con medidas de 12"X16"X30" con un hueco de 6".
- Fuente de 1.5 Ci de Cesio-137
- Conteos de rayos gamma
- Conteos del detector lejano..... 320 a 450 CPS
- Conteos del detector cercano.....500 a 1400 CPS
- Ajuste de calibración por método $y=mX+b$ -----> $[\ln(C)] = A[\ln(C)] + B$
- Calibración realizada una vez al mes.

- *Campo (Antes y Después):*

- Jig con fuente de 1.5-Ci ^{137}Cs
- Bloque más pequeño de Aluminio para verificación de la herramienta, se sigue el mismo proceso que en la calibración de campo (figura 3.22).

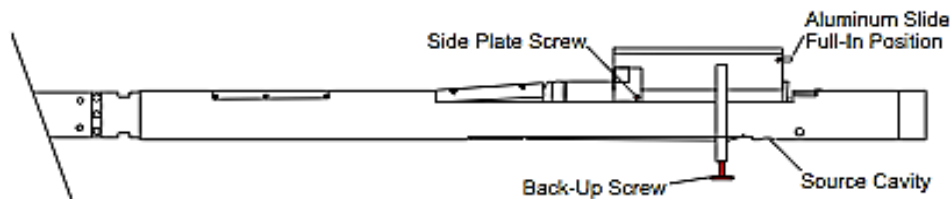


Figura 3.22. Colocación del jig.

e) Factores que afectan la calibración.

- Si existe clima frío se dará un error en la herramienta, es recomendable calentar la herramienta más de lo usual cuando se esté bajo estas condiciones.
- La existencia de fuentes radioactivas cerca.
- Mala colocación del jig.
- Mala colocación de la herramienta.
- Colocación de la herramienta sin engrasar el bloque.

f) Presentación de la calibración.

Ver presentación antigua en figura 3.23 y presentación moderna en figura 3.24.

SHOP SUMMARY					
PERFORMED :	79/12/16				
PROGRAM FILE :	SHOP	(VERSION	14.4	79/6/1))
DETECTOR CALIBRATION SUMMARY					
PGTE	BLOCK		JIG		UNITS
	MEASURED	CALIBRATED	MEASURED	CALIBRATED	
FFDC	359	337	344	323	CPS
NFDC	641	528	604	497	CPS
(PGSG : 768 , PDHE : 1750 , GSR : 3487 SFT : 1911)					

Figura 3.23. Presentación antigua de las calibraciones (Densidad), (Córdova).

CALIBRATION REPORT			
SPECTRAL DENSITY SHOP CALIBRATION			
Tool Name:	SDL_DC - I633M006	Reference Calibration Date:	09-May-07 10:58:06
Engineer:	CRISTINA AGUILERA	Calibration Date:	09-May-07 11:20:53
Software Version:	WL INSITE R1.9 (Build 21)	Calibration Version:	1
Logging Source SN:	2386GW	Density:	2.603g/cc
Aluminum Block SN:	63082	Density:	1.690g/cc
Magnesium Block SN:	63378		
Pad Temperature:	60.7 degF		
DENSITY CALIBRATION SUMMARY			
Measurement	Previous Value	New Value	Control Limit
Near Bar Gain	0.9965	1.0003	0.05 - 1.15
Near Dens Gain	0.9961	1.0030	0.05 - 1.15
Near Peak Gain	0.9916	0.9934	0.05 - 1.15
Near Lith Gain	0.9865	0.9941	0.05 - 1.15
Far Bar Gain	1.0066	1.0055	0.05 - 1.15
Far Dens Gain	0.9991	0.9987	0.05 - 1.15
Far Peak Gain	0.9939	0.9941	0.05 - 1.15
Far Lith Gain	0.9931	0.9931	0.05 - 1.15
Near Bar Offset	0.3230	0.2872	NONE
Near Dens Offset	0.2968	0.2340	NONE
Near Peak Offset	0.3112	0.2953	NONE
Near Lith Offset	0.3450	0.2779	NONE
Far Bar Offset	0.1521	0.1577	NONE
Far Dens Offset	0.2475	0.2497	NONE
Far Peak Offset	0.3551	0.3538	NONE
Far Lith Offset	0.4826	0.4846	NONE
Near Bar Background	910.12	905.74	700 - 1500
Near Dens Background	379.65	377.30	290 - 600
Near Peak Background	169.16	169.83	130 - 280
Near Lith Background	161.07	160.49	125 - 270
Far Bar Background	457.52	464.84	350 - 750
Far Dens Background	174.10	174.56	140 - 300
Far Peak Background	69.97	70.62	50 - 130
Far Lith Background	72.28	72.61	50 - 130

Figura 3.24. Presentación moderna de las calibraciones.

3.2.3 Calibración de las herramientas Sónicas

El principio de medición de la herramientas acústicas es la medición de:

- Tiempo de tránsito ($\mu\text{s}/\text{pie}$) ΔT
- Tiempo de tránsito integrado (ms) TTI

Retomando el principio básico de medición, el cual es la medición del tiempo de tránsito y el tiempo de tránsito integrado, y analizando la forma de calibrar de diferentes herramientas de principio acústico como son el sónico de porosidad, sónico dipolar, sónico de cementación y sónico compensado, se encontró que en las calibraciones realizadas a cada herramienta existen un gran número de similitudes variando sólo parámetros que tienen que ver con la calibración secundaria, ya que esta va regida muchas veces por los rangos de tolerancia de cada empresa. En resumen todas las calibraciones de principio acústico operan bajo un mismo sistema el cual se describe a continuación. Desde lo realizado de manera manual hasta lo realizado de manera computarizada en la época presente.

a) Calibración Maestra o de Taller.

Esta calibración se realiza dentro de un tubo lleno de agua donde la herramienta se enciende y se mide la longitud de onda dentro del tubo. Esto se efectúa con la ayuda de un oscilador de 5 MHz. controlado por un cristal de cuarzo. La precisión de la medición se verifica empleando un segundo oscilador que proporciona una señal que se compara con la del primero. Estas no deben diferir en frecuencia de más de 6 Hz (figura 3.25).

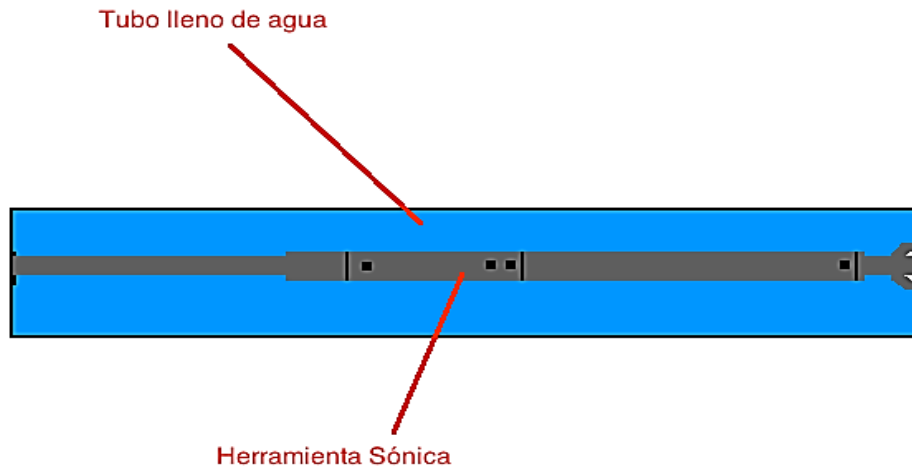


Figura 3.25. Patrón de calibración en Taller.

b) Calibración Antes y Después de registro (forma antigua).

Las calibraciones anteriormente se realizaban de forma manual utilizando cortes de corriente y movimientos de un galvanómetro a diferentes tiempos. El tiempo al cual se calibraban, podía ser de 40, 60, 80, 100 y 140 μ seg. La calibración que se realizaba era, una calibración al Δt indispensable en todas las herramientas y una calibración al TTI la cual era realizada sólo en la herramienta sónico de porosidad.

- Calibración del tiempo de tránsito ΔT :

- Se coloca el ΔT en posición OFF y se ajusta el cero mecánico del Galvo 7 (galvo manejado por el sistema para calibrar de acuerdo a la escala de voltios con que trabaja la herramienta) se llevaba a una división del registro específica para corroborar que la calibración fue correcta (div. 80 del carril III).
- Se coloca el switch de selección de escala en posición de 50 μ s.
- Se introduce una señal de 60 μ s y se ajusta el galvo a la división de referencia.

- Se variaban las señales de 20 μ s en separación es decir después de la señal de 60 μ s se procede a introducir una señal de 80 μ s y 100 μ s, en algunos casos se suele llegar a utilizar 140 μ s y se repite el ajuste del galvo a la división de referencia hasta que la calibración fuera exacta.
- Se ajustaba la Ganancia de manera que se eliminara el ruido del registro y el salto de ciclo.

- Calibración del tiempo de tránsito integrado:

- El primera paso es cortar la corriente mandada al cartucho.
- Se procede a ajustar el galvo manejado para calibrar (dependiendo la escala de volts con la que trabajará la herramienta) a 100 μ s.
- Se genera un pulso de 5”.
- Se coloca el oscilador de velocidad en 10 milisegundos.
- Se registran contra tiempo 100 ft a 3000 ft/hr y se registrar 100 ft a 6000 ft/hora. Se controla que 10 milisegundos correspondan a 100 ft.

Calibración Antes y Después de registro (forma moderna):

Con el paso de la era analógica a la digital se fue modificando la forma de calibrar los registros acústicos y actualmente este proceso es muy rápido ya que se realizan de manera computarizada, basta con correr el programa Q-Check y se realiza de forma instantánea todo lo que anteriormente se hacia de forma manual.

La forma de ejecutar del software es la misma, se introducen series de tiempo ΔT las cuales son referidas a un sistema de referencia en el registro y se lleva al cero cada vez que se corre el registro.

La normalización debe realizarse cada 12 meses, además de la calibración, esta va a depender del número de registros que haya realizado la herramienta, la exposición a altas temperaturas y otros factores .

Dado que esta calibración se realiza para asegurar que los sensores estén funcionando y operando en condición comparable en el tiempo a la calibración primaria, se presta atención a las condiciones presión, volumen y temperatura, debido a que estas hacen variar la herramienta en muchas ocasiones, entonces para verificar que la herramienta esté funcionando de manera óptima se corre el registro en el agujero entubado y se debe corroborar que el valor del registro sea $57 \mu\text{sec}/\text{ft}$, con una tolerancia: $\pm 1 \mu\text{sec}/\text{ft}$; ya que como se mencionó dado que el procesamiento del tiempo se lleva a cabo en forma digital, no se requiere calibración solo comprobación del buen funcionamiento de la herramienta.

c) Patrones de calibración.

- Taller:

- Tubo lleno de agua donde se enciende la herramienta y se mide la longitud de onda dentro del tubo. Esto se efectúan con la ayuda de un oscilador de 5 MHz controlado por un cristal de cuarzo. La precisión de la medición se verifica empleando un segundo oscilador que proporciona una señal que se compara con la del primero. Estas no deben diferir en frecuencia más de 6 Hz. Calibración cada 12 meses.
- Calibración mensual.
- Calibración del tiempo de tránsito y tiempo de tránsito integrado

- Campo (Antes y Después):

- Programa Q-Check, el cual verifica el funcionamiento óptimo de la herramienta desde los circuitos hasta el principio de medición, en caso de haber una posible parte de la herramienta que se pueda descomponer, manda una señal para que sea atendido ese circuito de la herramienta. Verificación en cada toma de registro.
- Calibración del tiempo de tránsito y tiempo de tránsito integrado

3.3 Registros de resistividad

3.3.1 Calibración de herramientas de inducción

Se envía una corriente alterna de alta frecuencia y de intensidad constante a través de la bobina transmisora (20 kHz), se crea un campo magnético alterno que induce corrientes hacia la formación alrededor del agujero. Dichas corrientes fluyen en anillos de forma circular que son coaxiales con la bobina de transmisión, y crean a su vez un campo magnético que induce un voltaje en la bobina receptora

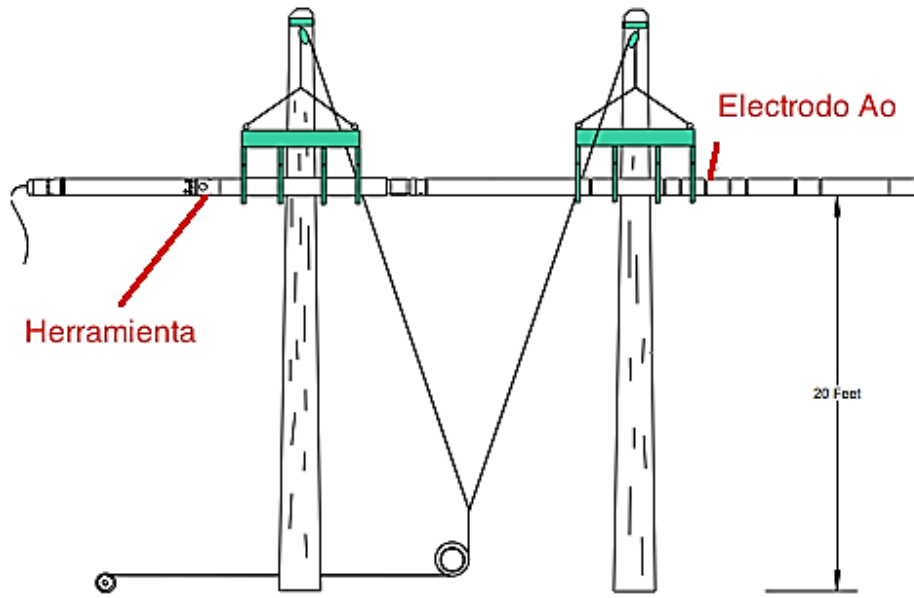
El proceso de calibración de las herramientas de inducción genera Ganancias y Desplazamientos (*Offset*) que convierte la medición digital de voltaje a mmho/m de conductividad de la formación.

a) Calibración Maestra ó de Taller.

La calibración de Taller se hace mensualmente e involucra dos condiciones ambientales:

- Un medio de conductividad cero, el cual se logra suspendiendo la herramienta en el aire.
- Un medio de conductividad perfectamente definido, este se logra empleando un aro que tiene una resistencia de precisión de valor tal que cuando se ubica dicho aro en el punto de medida se produce una señal equivalente a dicha resistencia (500 Ω m).

La señal cero se obtiene colocando la herramienta en un dispositivo de fibra de vidrio que eleva la herramienta; para la obtención del cero se recomienda 20ft, pero usualmente se trabaja con 10 ft.



3.26 Patrón de calibración en Taller (Halliburton).

La herramienta no leerá conductividad cero pero en su lugar leerá el error de sonda (acoplamiento mutuo residual del aire: SE) y el error electrónico (de circuitos: EE):

$$TLZM(\text{conteos para } offset) = \text{crudo} (S.E. + E.E.)$$

Posteriormente se toman dos lecturas con los aros de prueba, uno colocado en el botón SP de calibración y otro colocado 44.5" por debajo del botón SP. El anillo de prueba proporciona una resistencia de 406.52 Ωm

Se obtiene la sensibilidad a partir de la cual obtendremos el error de sonda:

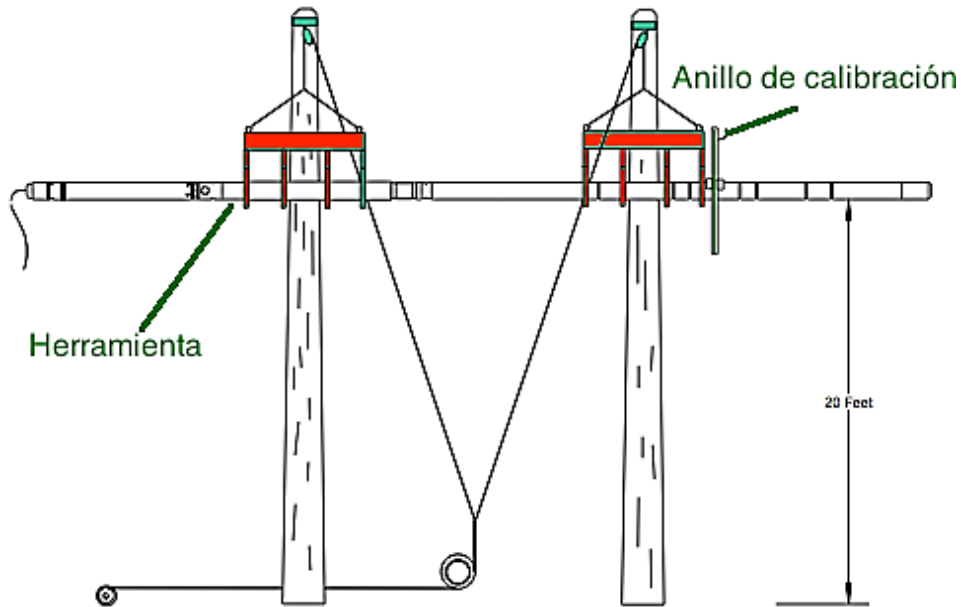
$$\text{Sensibilidad} = \frac{\text{valor del aro calibrado}}{(\text{lectura de } 2 \Omega m \text{ del aro}) - (\text{lectura de espacio libre})}$$

El error de sonda se obtiene:

$$\text{Error de sonda} = \text{Sensibilidad} * (\text{lectura de espacio libre} - \text{lectura del instrumento en cero})$$

Se calcula el TLPM (conteos con el aro, figura 3.27):

$$\text{TLPM} = \text{crudo}(406.52 + \text{S.E.} + \text{E.E.})$$



3.27. Colocación del anillo de calibración (Halliburton).

La Ganancia es obtenida sobre el medio de cero conductividad, empleando los aros de plástico con las resistencias para obtener los conteos y relacionarlos de la siguiente manera:

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{Conductividad conocida del anillo}}{(\text{conteos del anillo} - \text{conteos del offset})}$$

Que es lo mismo que:

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{valor calibrado}}{\text{valor crudo}}$$

La respuesta del valor calibrado debe dar :

$$\text{Valor calibrado} = 406.52 \text{ mmho/m}$$

$$\text{Valor crudo} = \text{TLPM} - \text{TLZM}$$

$$\text{Ganancia} = 406.52 / (\text{TLPM} - \text{TLZM})$$

Existe un error que debe ser compensado de igual manera y este es el error electrónico.

El Zero del error electrónico es una corrección que va a ser sumada a la respuesta normalizada mientras va registrando la herramienta:

$$\text{Medición electrónica Zero (ECZM)} = \text{crudo}(\text{error electrónico})$$

$$\text{Desajuste (Offset)} = \text{Error Zero electrónico} * \text{Ganancia}$$

Después se obtiene el Plus del error electrónico: en esta parte los relevadores de calibración desconectan las bobinas receptoras y se conectan a una resistencia de calibración que proporciona a la herramienta una señal de calibración (en esta sección es donde varían todas las herramientas con principio de inducción, ya que basta cambiar esta resistencia de calibración y la resistencia se estaría haciendo para un doble inducción o para otra herramienta de inducción):

$$\text{Medición electrónica plus (ECPM)} = \text{crudo}(\text{señal de calibración} * \text{error electrónico})$$

Esta señal es utilizada para calcular la Ganancia durante la calibración en el pozo, entonces lo más recomendable es que sea el valor calibrado con el aro de conductividad conocida:

$$\text{Señal de calibración} = 406.52$$

Si se cumple esta condición, entonces la Ganancia calculada en el pozo usando EC PM-ECZM será la misma Ganancia verdadera calculada del aro de prueba TLPM y TLZM durante la calibración de Taller.

Sin embargo, es imposible ajustar la resistencia de calibración (varia con las condiciones PVT) para que de 406.52 Ω .m (500 Ω .m corregidos).

Para solucionar el problema se introduce en el software, el valor leído exactamente durante la calibración de Taller. Este valor de referencia es llamado Plus REF, el cual es almacenado en la unidad:

$$\text{Plus REF} = (\text{EC PM} - \text{EC ZM}) * \text{Ganancia}$$

Donde la Ganancia es la calculada en la calibración de Taller.

Cabe mencionar que el valor del Plus REF es un valor corregido por el efecto pelicular (skin efecto) y por lo tanto es muy cercano a 500 Ω .m (en la práctica si este valor no está en 1% con el valor esperado, se debe reajustar la resistencia de calibración para obtener la tolerancia del 1%).

Usando este método si el PLUS REF es introducido y tanto ECPM como el ECZM son medidos en el pozo, el valor de la Ganancia puede ser calculado exactamente como en la calibración de Taller.

Existe una ventaja y es que ECPM y ECZM serán medidos en el pozo, permitiendo alguna compensación por los efectos de presión y temperatura en la herramienta.

La filosofía del método de calibración es que, mediante la calibración con los aros de plástico con resistencias se obtenga un medio de conductividad conocida, y con esto se asegura que todas las herramientas de inducción darán la misma respuesta cuando se registra en las mismas condiciones.

b) Calibración Antes y Después de registro.

Ahora la conductividad verdadera será nombrada como FORM (formación) entonces la herramienta lee la señal cruda como:

$$\text{Crudo}(\text{FORM} + \text{S.E.} + \text{E.E.})$$

Se aplica la Ganancia y el *Offset*. Se resta el error de sonda a profundidad y la conductividad final calibrada es corregida por el efecto pelicular. De donde la conductividad calibrada llega a ser:

$$(\text{crudo}(\text{FROM} + \text{S.E.} + \text{E.E.}) * \text{Ganancia} - \text{desajuste} + \text{error de sonda profundo})$$

Y debido a que:

$$\begin{aligned} \text{Desajuste} &= \text{crudo}(\text{error elect.}) * \text{Ganancia} \\ \text{Error profundo de sonda} &= \text{crudo} * \text{S.E} * \text{Ganancia} \end{aligned}$$

La conductividad calibrada llega a ser:

$$(\text{crudo}(\text{form}) * \text{Ganancia}) \text{corregido} = (\text{FORM})$$

Por lo tanto, la conductividad calibrada leída es la conductividad verdadera de la formación, la cual es la que queremos.

c) *Patrones de calibración.*

- Maestra ó de Taller:

- Dos bancos de fibra de vidrio equipadas con un equipo de poleas que elevan la herramienta a 30 ft para su evitar que objetos metálicos interfieran en la calibración.
- Medio de conductividad cero.
- Medio de conductividad perfectamente definido.
- Aro de pruebas que tiene resistencia de precisión que produce una resistividad de 406.52 $\Omega \cdot m$ (500 $\Omega \cdot m$ corregidos).

- Campo (Antes y Después):

- Ganancia y desajustes (*Offset*) almacenadas en la unidad durante la calibración de taller. Los cuales serán empleados para ajustar y verificar la medición de la herramienta.
- Medio de conductividad cero.

- Medio de conductividad perfectamente definido.

d) Factores que afectan la calibración.

- Pobre contacto entre las resistencias y los aros de calibración.
- Realización de la calibración en un medio conductor.
- Herramientas de mano en el burro de calibrador.
- Uso de resistencias incorrectas.

e) Presentación de las calibraciones:

Presentación moderna (figura 3.28).

CALIBRATION REPORT					
HIGH RESOLUTION INDUCTION SHOP CALIBRATION					
Tool Name:	HRID - 219080C	Reference Calibration Date:	02-May-07 13:10:37		
Engineer:	CRISTINA AGUILERA	Calibration Date:	02-May-07 13:20:13		
Software Version:	WL INSITE R1.9 (Build 21)	Calibration Version:	1		
HIGH RESOLUTION INDUCTION SHOP CALIBRATION SUMMARY					
TEST LOOP RESPONSE					
1 - Test Loop Closed	Measured Signal		Nominal		Units
	R	X	R	X	
HRD	1976	1972	1976	1972	MMHOS
HRM	2838	2832	2838	2832	MMHOS
2 - Test Loop Off(Sonde Error)	Measured Signal		Nominal		Units
	R	X	R	X	
HRD	-3	-30	+/- 15	+/- 100	MMHOS
HRM	-8	-95	+/- 15	+50/-150	MMHOS
ELECTRONICS RELATIVE GAIN					
	Set		Nominal		
	Magnitude	Phase	Magnitude	Phase	
HRD	1.00	-2.36	1. +/- .1	0. +/- 5	
HRM	1.00	-1.48	1. +/- .1	0. +/- 5	
Temperature of Pipe at Calibration: 100.00 +/- 0.05					

Figura 3.28. Presentación moderna de las calibraciones.

Presentación antigua (figura 3.29).

SHOP SUMMARY							
PERFORMED :	78/10/04						
PROGRAM FILE :	SHOP	(VERSION	10.2	70/6/27)			
DITD ELECTRONICS CALIBRATION SUMMARY							
MEASURED		CALIBRATED		SONDE ERROR CORR.	TEST LOOP	UNITS	
ZERO	PLUS	ZERO	PLUS				
ILD	3.9	474.9	0.0	499.9	5.60	471.5	mmhos/m
ILM	3.2	496.3	0.0	499.9	2.74	488.4	mmhos/m
				(IS : 147	IC : 142)		

Figura 3.329 Presentación antigua de las calibraciones (Rayos gamma), (Córdova).

3.3.2 Calibración de herramientas de Conducción.

Con este tipo de herramienta no es necesario efectuar calibración taller ya que el resistor de precisión que es el estándar primario, ha sido integrado de tal forma que esta se puede efectuar en el pozo. La calibración debe realizarse una vez al mes.

El registro efectúa 3 mediciones:

Resistividad con el Sist. Laterolog Profundo	ohms-m	LLD
Resistividad con el Sist. Laterolog somero	ohms-m	LLS
-Potencial espontaneo	mv	SP

a) Calibración Maestra ó de Taller.

El propósito de las herramientas laterolog es calcular la ganancia y el desajuste que serán utilizados para ser usados para transformar el voltaje en bruto a mediciones de resistividad. Tiene un segundo objetivo el cual es establecer las referencias de LLD y LLS para la verificación en campo.

Se utiliza un procedimiento de tres puntos para la calibración , tanto para la profunda como para la superficial.

Se utiliza un simulador de formación el cual esta basado en un pozo de 8" lleno con un fluido de $0.1 \Omega.m$ y de una formación homogénea. En el proceso es recomendable utilizar una resistividad de $1 \Omega.m$, $100 \Omega.m$, $10\ 000 \Omega.m$. para obtener mejores resultados.

Lo que realiza el simulador de formación es leer los valores VE y IA

VE (Gain) X1

VE (Gain) X8

VE (Offset)

IA (Gain) X1

IA (Gain) X8

IA (Offset)

Luego por el procedimiento de los 3 puntos nos da 6 señales provenientes de las 2 señales principales VE e IA a superficie y a profundidad estas señales se digitalizan como X1, X8 y X64, sin embargo de estas solo se utilizan las señales correspondiente X8 y X64 .Cabe mencionar que cada valor tomado para cada señal es realizado para un promedio de 500 datos.

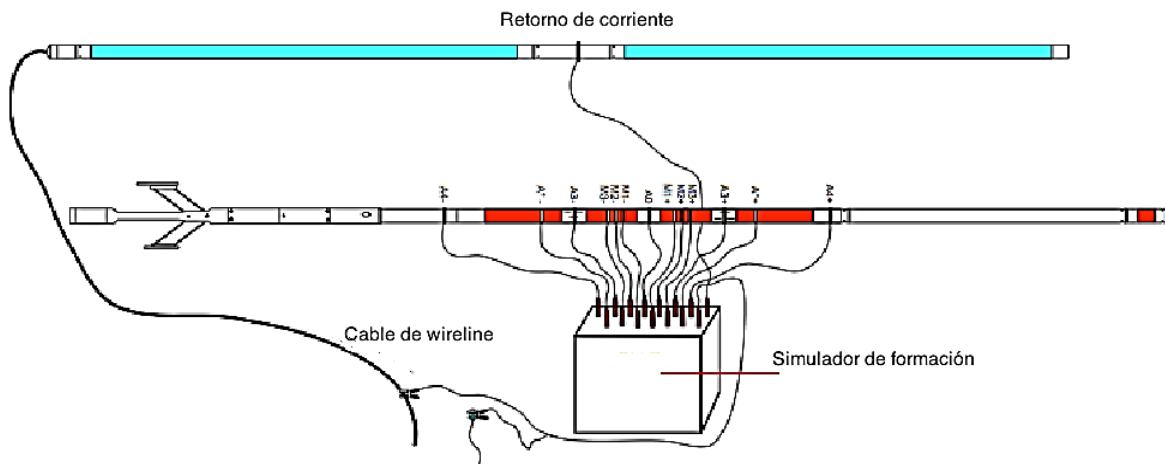


Figura 3.31) Calibración de la herramienta de conducción("cortesía de Halliburton")

El procedimiento se realiza con diferentes cajas ,cada uno para una determinada resistencia. Por ejemplo, R1 es la resistencia aparente de la caja de menor valor seleccionado, R2 es la resistividad aparente de la caja de valor medio, y R3 es la resistividad aparente del más alto valor elegido. Sufijos similares numerados se utilizan para tensiones (V1, V2 y V3) y corrientes (I1, I2, e I3)(la calibración se debe realizar para con las 3 cajas , es decir se realiza la calibración de la caja 1 , se procede con la caja 2 y así sucesivamente.)

Luego se utilizan un conjunto de ecuaciones para determinar C, I_o, y V_o estas ecuaciones son las siguientes:

$$\begin{aligned}
D &= (R2-R3) * V1 + (R3-R1) * V2 + (R1-R2) * V3 \\
NC &= R1 * (R2-R3) * I1 + R2 * (R3-R1) * I2 + R3 * (R1-R2) * I3 \\
NI &= R1 * I1 * (V3-V2) + R2 * I2 * (V1-V3) + R3 * I3 * (V2-V1) \\
NV &= R2 * R3 * (I2-I3) * V1 + R3 * R1 * (I3-I1) * V2 + R1 * R2 * (I1-I2) * V3 \\
C &= NV/D \\
I_o &= NI/D \\
V_o &= NV/NC
\end{aligned}$$

De esto se determinan los parámetros para LLS de la siguiente manera:

$$V_E SH X1 GAIN = 1.207632 * C$$

Donde el factor de corrección de pozo(K) es : 1.207632

$$\begin{aligned}
V_E SH X1 OFFSET &= -(V_E SH X1 GAIN) * V_o \\
I_A SH X1 GAIN &= 1 \\
I_A SH X1 OFFSET &= -I_o \\
V_E SH X8 GAIN &= V_E SH X1 GAIN / 8 \\
V_E SH X8 OFFSET &= V_E SH X1 OFFSET + 447.1 * (V_E SH X1 GAIN) \\
I_A SH X8 GAIN &= 0.125 \\
I_A SH X8 OFFSET &= (I_A SH X1 OFFSET) + 447.1
\end{aligned}$$

La determinación de los parámetros para LLD se realiza de la misma manera.

Seguido de esto se procede a la determinación del cero para esto se utiliza un electro A0 el cual esta desconectado de la formación .

b) Calibración Antes y Después de registro.

El propósito de la calibración en campo antes de registrar es comparar la respuesta calibrada de la herramienta contra los estándares conocidos para asegurarse que la herramienta es capaz de registrar resultados válidos antes de ejecutar la herramienta en el pozo.

Los estándares para las herramientas laterolog están representados por la referencia interna profunda y la somera, determinados durante la calibración en taller. Este es una comprobación electrónica interna que no requiere un simulador de formación (caja de simulación). Si la respuesta de verificación cae en la tolerancia la herramienta no ha cambiado desde su calibración en campo y esto nos indica que los beneficios y compensaciones de la calibración en campo son adecuados para el registro.

Si no cae dentro de la tolerancia es indicador de un fallo en la herramienta y es necesario una segunda herramienta.

c) Patrones de calibración.

Taller

- Caja de simulación: que simula las condiciones de formación en el pozo:
- Diámetro de pozo de 8”.
- Resistividad de fluido de 0.1 Ω .m.
- Formación homogénea de resistividad conocida.
- Resistencias de calibración interna que través de las caídas de voltaje y flujo de corrientes por ellas y mediante la aplicación de las ganancias calculadas se obtienen los valores de estas resistencias que son utilizadas para la calibración en campo.
- Cajas de calibración con resistividad de 1 Ω .m, 100 Ω .m, 10 000 Ω .m. para obtener mejores resultados.

- Procedimiento de tres puntos para la calibración , tanto para la profunda como para la somera.

Campo

- Comprobación electrónica interna que no requiere un simulador de formación (caja de simulación).
- Duración de la calibración alrededor de 10 segundos

d) Factores que afectan la calibración.

- Conexión inadecuada de la caja del calibrador.
- Malas conexiones o sueltas.
- Fugas en el mandril MSFL.
- Número incorrecto de serie utilizado en el software de registro

Una limpieza cuidadosa y una verificación de la colocación de los aparatos de calibración eliminará la mayoría de los problemas de calibración.

Presentación de las calibraciones de las herramientas de conducción

		AFTER		SURVEY		TOOL		CHECK		SUMMARY	
PERFORMED :		78/10/04						10.2		70/06/27	
PROGRAM FILE :		IS		(VERSION)	
DITD				TOOL		CHECK					
		ZERO				PLUS				UNITS	
		BEFORE		AFTER		BEFORE		AFTER			
ILD		0.0	0.0			499.9	499.9			mm/m	
ILM		0.0	-1.0			499.9	500.2			mm/m	
SFL		0.0	0.0			499.9	499.9			mm/m	
ILM	SONDE	ERROR	CORRECTION	:	2.7	mm/m					
ILD	SONDE	ERROR	CORRECTION	:	5.6	mm/m					

Figura 3.32) Presentación antigua de las calibraciones(Laterolog), "Control de calidad de los registros efectuados con CSU Schlumberger"

CALIBRATION REPORT

DUAL LATEROLOG MASTER CALIBRATION					
Tool Name: DLLTB - M_I2515S9882			Previous Calibration Date: 29-Nov-05 16:14:09		
			Calibration Date: 29-Nov-05 16:33:05		
Measurement	Deep Measured	Deep Calibrated	Shallow Measured	Shallow Calibrated	Units
External Cal Point #1	1.04	1.04	0.96	1.00	ohmm
External Cal Point #2	10.67	10.68	9.81	9.80	ohmm
External Cal Point #3	1526.51	1541.79	1013.82	1019.96	ohmm
External Check Point	123.49	123.75	100.40	100.01	ohmm
Internal Reference	20.46	20.47	19.80	19.76	ohmm

The system will determine calibration coefficients from boxes 1, 2 and 3. Box 4 is a validity check.

*** Reference connected to armor expected values ***

Box	Deep	Shallow
1 OHM	1.039	1.000
10 OHM	10.678	9.801
100 OHM	119.469	99.631
1000 OHM	1541.791	1019.963
10000 OHM	20936.040	10395.720

Measurement	Box Value	Measured	Calibrated	Difference	Tolerance
-------------	-----------	----------	------------	------------	-----------

Figura 33) Presentación moderna de las calibraciones

3.3.3 Calibración de herramientas de Microregistros

a) Calibración Maestra ó de Taller.

El propósito de la calibración es calcular la ganancia y las compensaciones para transformar los datos de voltaje y corriente en unidades de resistividad($\Omega \cdot m$)

La ganancia ,el desajuste del voltaje y de la corriente son determinados por las mediciones de corrientes y voltajes conectados a un simulador de formación que utiliza diferentes valores de resistividad (0.2 $\Omega \cdot m$, 20 $\Omega \cdot m$, and 2,000 $\Omega \cdot m$).

Existe un segundo objetivo de la calibración y es determinar un valor de referencia que pueda ser utilizado en la calibración de pozo para esto las herramientas cuentan con una resistencia interna de calibración que Durante la calibración de taller, mide el flujo de corriente y caída de voltaje a través de ella. Entonces,

mediante la aplicación de la ganancia recién calculada y compensaciones, se calcula el valor de la resistencia y este valor se utiliza como verificación en el pozo.

En la calibración de taller lo primero que se debe realizar es ajustar el calibrador a uno de los patines (estos patines son de hule para facilitar el acoplamiento al pozo) .

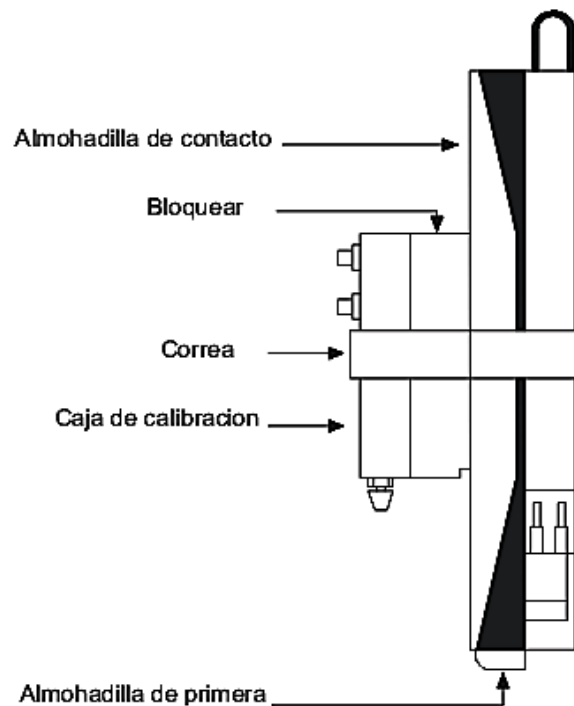


Figura 3.34)Ajuste del calibrador al patín(almohadilla)

Seguido se realizan las conexiones al mandril ,cuidando de no realizar la conexión al patín o alguno de los brazos del caliper

Luego de esto se colectan los valores de resistividad utilizando el sistema de registros, para esto primero se debe ajustar el cero de la herramienta ,esto se logra induciendo ruido en la herramienta con el botón Noise que se encuentra en

la caja calibradora, seguido de esto el sistema ajusta la lectura eliminando el ruido

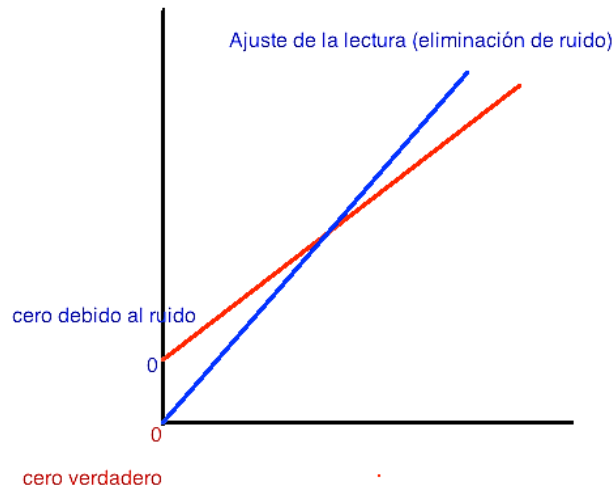


Figura 3.35) Ajuste al cero verdadero y eliminación de ruido

Seguido se ajusta el calibrador a la posición LAT-NOR Y toma una medio de 20 para calibrarse con esto se completan los dos valores para trabajar con el modelo $y=mX+b$

Y calculan las mediciones de ganancia y desajuste.

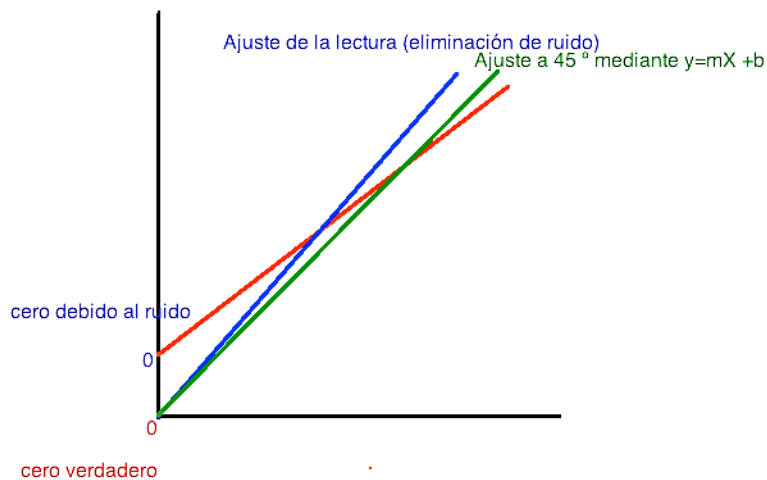


Figura 3.36) Ajuste del cero verdadero y aplicación de la ganancia y desajuste para obtener la recta a 45°

Se desarrolla la calibración interna del cero. Seguido de esto el calculo de la ganancia y el desajuste son aplicados al cero interno . esta calibración es la que se produce con la medición del flujo de corriente y caída de voltaje a través de una resistencia interna del sistema y que mediante la aplicación de la ganancia recién calculada y compensaciones, se calcula el valor de la resistencia y este valor se utiliza como verificación en el pozo.

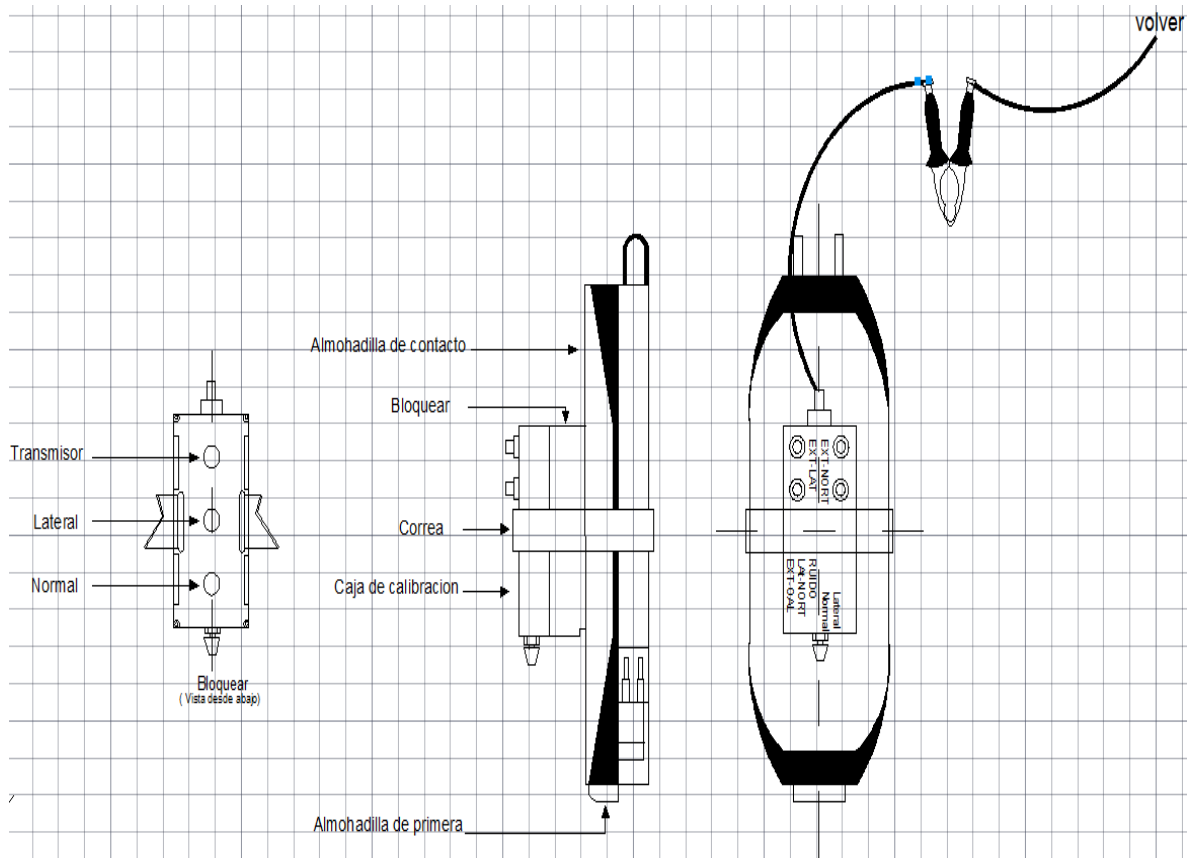


Figura 3.37) Modelo esquemático de la calibración de las herramientas microlog

b) Calibración Antes y Después de registro

- Calibración antes de registrar

La calibración se realiza de manera electrónica con un conjunto de resistencia que realizan el proceso que llevaba acabo la caja de calibración, por lo que ya no es necesario llevar la caja calibradora, debido a que los valores quedan guardados en

la herramienta por el valor de resistencia interna que se calculo en la calibración de taller,

Entonces en la calibración en campo lo que se hace el software es ajustar su medición al valor que tiene almacenado. Para esto hace una calibración de 2 puntos al igual que en la calibración de taller, es decir se obtienen un Zero y una referencia interna.

- Calibración después de registrar

Se comparan los valores guardados en las resistencias internas y se verifica que estén en tolerancia.

Todos operan bajo el mismo principio, entonces tienen la misma similitud en sus calibraciones variando algunos parámetros dependiendo al número de electrodos o sus resistencias. Ejemplo citamos el registro microesférico enfocado este registro se calibra de la misma manera que cualquiera de los registros micro, variando únicamente la caja de calibración la cual utiliza resistencias de .2 ohm.m, 20 ohm.m y 2000 ohm.m. Cuando el registro microlog utiliza solo 2 resistencias 0 y 20 ohm.m.

c) Patrones de calibración.

- Caja de calibración que simula las características de una formación utilizando diferentes valores de resistividad (0.2 Ω -m, 20 Ω -m, and 2,000 Ω -m). Este es el patrón clave en la calibración de los registros microlog, varía en cuanto al número de cajas que se utilizan en base al número de electrodos de la herramienta. Ejemplo el microlog utiliza una caja porque tiene 3 electrodos, sin embargo el microesférico utiliza 3 cajas porque tiene 9 electrodos.
- Calibración realizada mensualmente.
- Calibración de 2 puntos ($Y=mX+b$)

d) Factores que afectan la calibración.

- Pobre contacto de la caja de calibración con el Patín
- Colocación del cable de retorno en el mandril o en alguno de los brazos.
- Incorrecta simulación de los valores usados

Presentación de las calibraciones de los registros micro

CALIBRATION REPORT				
CALIPER SHOP CALIBRATION				
Tool Name:	MSFLM - A070	Reference Calibration Date:	04-Apr-07 14:21:43	
Engineer:	ROLAND VALDEZ	Calibration Date:	04-Apr-07 14:25:41	
Software Version:	WL INSITE R1.0 (Build 21)	Calibration Version:	1	
CALIBRATION RINGS AND INTERNAL				
Measurement	Current Reading (Previous Coeff.)	Calibrated (New Coeff.)	Change	
RING DIAMETER:				
Ring #1 (in)	6.16	6.00	0.1600	
Ring #2 (in)	15.99	16.00	-0.0100	
HULO INTERNAL:				
Lo Internal (in)	7.83	7.78	0.0500	
Hi Internal (in)	21.84	21.77	0.0700	
TOOL VALUES:				
Ring #1	039.220			
Ring #2	2010.333			
Lo Internal	064.967			
Hi Internal	2016.630			
Gain	0.00729			
Offset	1.3379			

Figura 38)Presentación de la calibración moderna

3.4 REGISTROS MECÁNICOS

3.4.1Registro caliper

El registro caliper es utilizado para medir el volumen de cemento ,el diámetro de pozo, ,la rugosidad y el espesor del enjarre. En esta medición las lecturas

proporcionadas por la herramienta están representadas por un voltaje de corriente directa, que posteriormente son convertidas a unidades de ingeniería.

Su calibración se realiza con 2 anillos de calibración y es una calibración de dos puntos. El tamaño de los anillos puede ser de 6 o 8 2” y 10 ,12,16 and 20 “ , se recomienda realizar la calibración cada mes.



Figura 3.39) Anillos de calibración del caliper "Philippe Theys"
"Log data acquisition and quality control "

a) Calibración Maestra ó de Taller.

La forma en que se realiza la calibración es la siguiente:

Para realizar la calibración se toman 2 anillos uno para obtener el cero y otro para la ganancia (8 y12")

Se abre la herramienta en el anillo de menor tamaño(8") y se toma lectura.

Se abre la herramienta en el anillo de mayor tamaño(12") y se toma la lectura .

Se reúnen los datos y se aplica un proceso de dos puntos para obtener los valores calibrados, el proceso el proceso es realizado de manera computarizada.

Mediante la ecuación se obtiene la ganancia:

$$CALIPER\ GAIN = \frac{LARGE\ RING_{SIZE} - SMALL\ RING_{SIZE}}{LARGE\ RING_{COUNTS} - SMALL\ RING_{COUNTS}}$$

y el cero por la siguiente ecuación.

$$CALIPER\ OFFSET = CALIPER\ SIZE - CALIPER\ GAIN * CALIPER\ COUNTS$$

con la ganancia y el cero son aplicados para obtener el valor interno son computarizados y almacenados.

a continuación presentamos un ejemplo :

Con la lectura del anillo de 8" se obtiene una lectura de 7.6 y con el anillo de 12" se obtiene una lectura de 13.4", siguiendo el modelo de 2 puntos se obtiene la siguiente grafica:

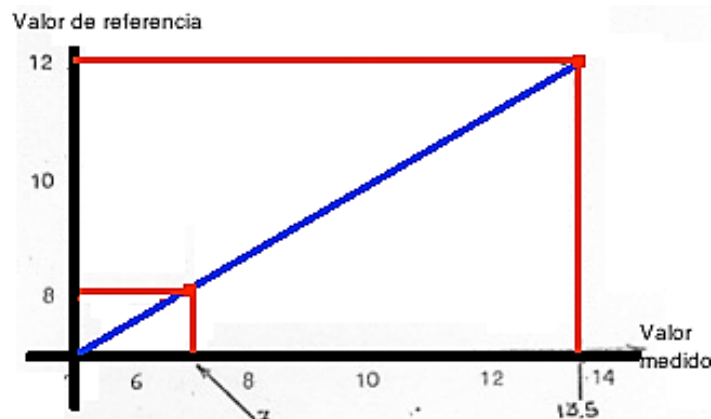


Figura 3.40) Ajuste a una recta de 45 ° en la calibración del caliper mediante el método de 2 puntos

Se obtiene la ganancia:

$$\text{GANANCIA (GAIN)} = \frac{\text{Diám. Anillo Gde. (12")} - \text{Diám. Anillo Peq. (8")}{\text{Lect. con Anillo Gde.} - \text{Lect. con Anillo Peq.}}$$

$$\text{ganancia} = 12'' - 8'' / 13.4 - 7.6 = 0.6896$$

Se obtienen el Desajuste:

$$12 - (13.4 * 0.6896) = 2.7586$$

Y seguido de esto todas las lecturas son multiplicadas por la ganancia, es decir si la señal medida representa un valor de 12" el valor real del diámetro del agujero será:

$$12 * 0.6896 * 2.7586 = 11.75$$

Esto es una calibración para cuando se va a registrar en un agujero perforado con una barrena de 8 ½", pero para un agujero perforado con una barrena de 16" es preferible emplear en la calibración anillos de 12" y 20".

b) Calibración Antes y Después de registro

Se realiza de la misma forma que la calibración de taller y los valores obtenidos son comparados con los valores de referencia, observándose que estén en tolerancia de no estarlos se procede a realizar nuevamente la calibración. Si el problema persiste se debe recurrir al tecnoco para que sea reparada.

c) Patrones de calibración.

- 2 anillos de calibración y es una calibración de dos puntos. El tamaño de los anillos puede ser de 6 o 8 2" y 10 ,12,16 and 20 "

- Calibración de dos puntos ($y=mX+b$) para obtener la ganancia y el desajuste.
- Calibración realizada mensualmente.

d) Factores que afectan la calibración.

- Utilización de un tamaño de anillo incorrecto
- Mal posicionamiento de la herramienta

Presentación de la calibración del registro caliper.

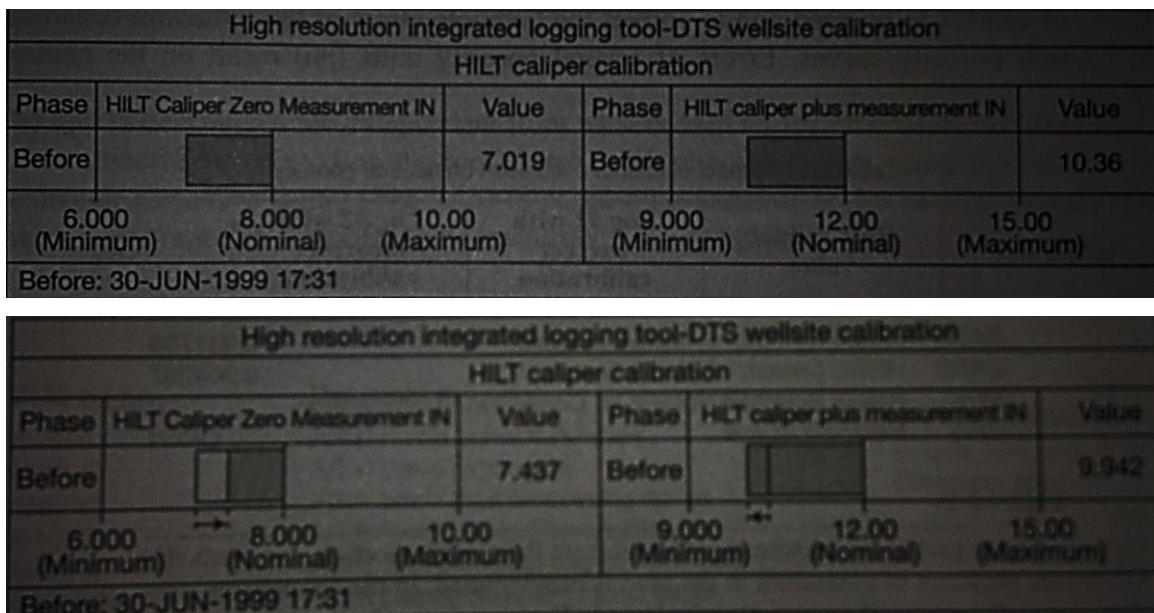


Figura 3.41) Presentación moderna de la calibración del caliper

3.4.2 Registro de Echados

Las herramientas de echados tienen un ángulo de deriva del agujero con respecto a la vertical y un azimut (dirección del agujero con respecto al norte magnético)

En los registros de echados se miden:

-Mediciones que definen la intersección de los planos de las formaciones con el pozo.

-Mediciones que definen la geometría del pozo en el espacio.

-En estas herramienta se mide también los cambios de resistividades en la pared del pozo y el diámetro del pozo.

a) Calibración Maestra ó de Taller.

La calibración taller puede ser dividida en 3 partes:

- Calibración del caliper
- Calibración del perfil de patín
- Orientación del sistema

Calibración del caliper

Esta calibración se realiza de la misma manera que se realiza al caliper en general. Se coloca un anillo pequeño sobre los brazos 1y 3 y un anillo grande sobre los brazos 2 y 4.Se repite el proceso de manera inversa un anillo para los brazos 2 y 4 y un anillo grande para los brazos 1 y 3. Los anillos que se colocan son anillos de 6" y 16".

Calibración de la curva de perfil del patín.

Primero se debe realizar una verificación de la Respuesta de los Patines ,para llevar a cabo esta verificación es necesario energizar la herramienta y conectar una pequeña resistencia(que esta integrada en la barra de prueba) al electrodo del sensor del patín 1. El valor de deflexión ocasionado puede variar, pero cada una de las respuestas de los cuatros patines deber de ser aproximadamente iguales cuando se tocan los electrodos correspondientes.

La calibración comienza con el electrodo #1 hasta el electrodo final moviéndose en sentido de las manecillas del reloj alrededor de la herramienta. Las mediciones son comparadas para obtener la ganancia y el desajuste después de 1 ft son grabadas.

Para la comprobación del punto cero de la desviación se realiza con la calibración del acelerómetro y es una calibración que se realiza para un solo punto y se realiza cuando la herramienta esta colgando de la polea superior.

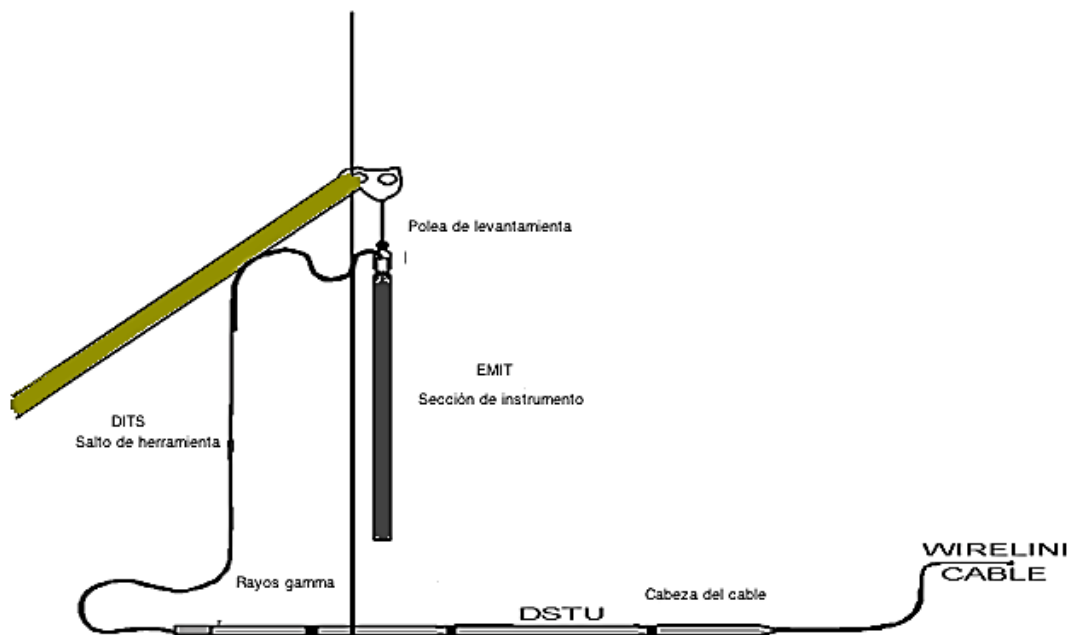


Figura 3.42) Calibración del acelerómetro

En esta posición:

- La curva de desviación debe indicar cero (div. No.9 del carril 1)
- La curva del azimut corresponde a una lectura cercana al norte (div. 9 o 0 del carril 1)
- La curva del rumbo relativo debe corresponder a cualquier valor

Ahora para la comprobación del Azimut y rumbo relativo se:

Se realiza comprobando la respuesta de los inclinómetros y magnetómetros. Para esto hay que alinear el soporte de calibración de la brújula y el plano

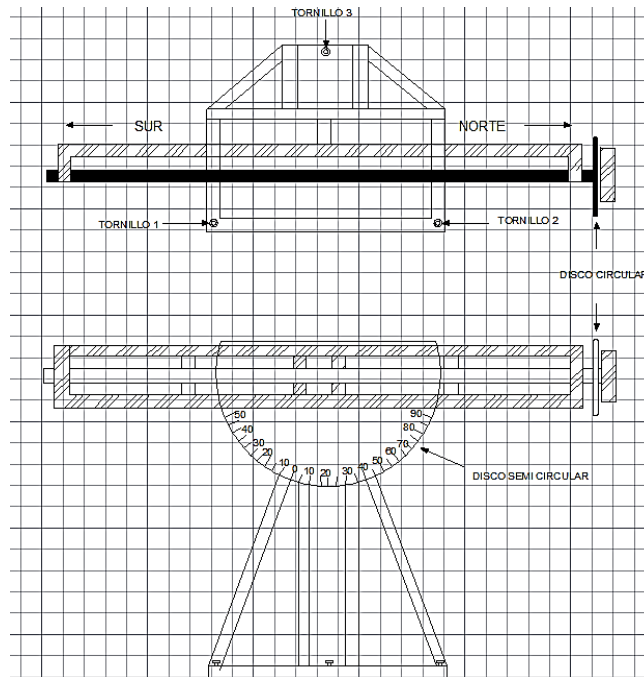


Figura 3.43) Compas para la comprobación del azimut y rumbo relativo

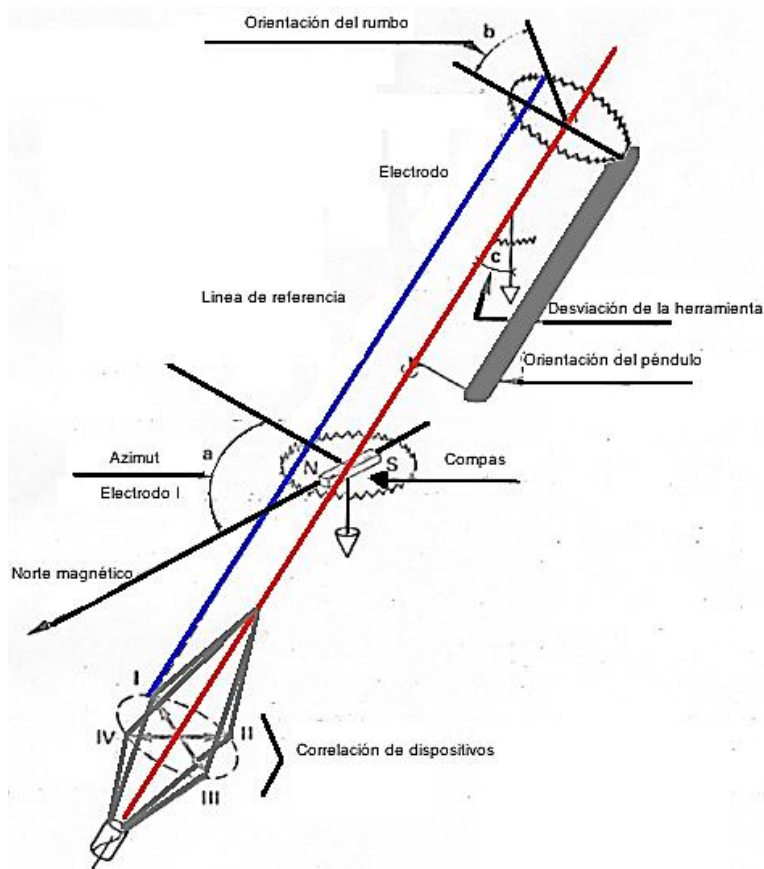
En esta parte se debe :

- Asegurar de que el equipo de calibración este tan lejos de todos los metales que pueden causar perturbación magnética y luego la posición de la mesa debe estar sobre una superficie plana y lisa.
- Utilizar una brújula para alinear el eje de la herramienta de norte a sur.
- Ajustar los tres tornillos en la base del soporte de calibración hasta que la base esté nivelada. Use un nivel para medir el desplazamiento. Además, utilizar el nivel para establecer la base vertical y luego establecer el puntero de ajuste en el disco semi-circular a 0 °.

Los magnetómetros calibrados para alinear más o menos la posición de calibración con el norte magnético, para tal efecto se debe realizar un registro simulado.

Se debe orientar la herramienta a lo largo del campo magnético de la Tierra en el plano vertical.

Para esto se localiza el norte magnético con un compas de mano y colocando el perfil del patín #1 a 270° , luego la parte superior de la herramienta es inclinada de 7 a 9° hacia el este magnético, se realiza lo mismo con el #1 profile pad. Al realizar esto se produce una lectura de azimut a la deriva y una a #1 pad azimut de 270° con la herramienta inclinada se realiza mediciones de intervalos de 90° hasta completar los 360° esto para completar intervalos de 10ft en la película, mientras este proceso ocurre la parte inferior de la herramienta esta en rotación en sentido antihorario. Finalmente el ángulo de deriva se comprueba con la inclinación de la herramienta 10° de la vertical y la grabación de un intervalo de registro 10-pie en la película, y luego la herramienta se cuelga verticalmente (0°) y otro intervalo de 10-pies se registra.



3.44 Es quema de la calibración de la herramienta de echados

b) Calibración Antes y Después de registro.

La calibración de campo se realiza igual que la de taller , para corroborar que las respuesta no experimenta variaciones se imprimen 10 intervalos en los registros 5 antes y 5 después de registrar .

c) Patrones de calibración

Calibración del caliper: esta calibración es realizada una vez al mes

- Calibración de la curva de perfil del patín en la cual se debe corroborar que:
 - La curva de desviación indique cero (div. No.9 del carril 1)
 - La curva del azimut corresponda a una lectura cercana al norte (div. 9 o 0 del carril 1)
 - La curva del rumbo relativo corresponda a cualquier valor
- Calibración de los inclinómetros y magnetómetros :realizado para la orientación del sistema :esto se realiza con una brújula para alinear el eje de la herramienta de norte a sur, un compas de mano, unos tornillos para ir variando el azimut.
- La calibración de los acelerómetros y la señal de patín se realizan 1 vez al mes sin embargo la del magnetómetro debe ser realizada cada semana.

d) Factores que afectan la calibración.

- Malas conexiones de los patines
- Botones de sucios o corroídos
- errático movimiento de la herramienta(acelerómetro)

- Material magnetizado en el área de calibración (botas con punta Calibración incorrecta del soporte de calibración).

Presentación de las calibraciones de los registros de echados

EMI DIPMETER PACKAGE BEFORE SURVEY FIELD CHECK SUMMARY						
PERFORMED: 09:18:24 07/ 2/94 LAST SHOP CALIBRATION: 13:13:21 06/ 8/94						
	SHOP	BEFORE	UNITS			
REFLVL PAD 1:	0.461	0.461	OHN-M			
REFLVL PAD 2:	0.463	0.463	OHN-M			
REFLVL PAD 3:	0.458	0.458	OHN-M			
REFLVL PAD 4:	0.461	0.462	OHN-M			
REFLVL PAD 5:	0.455	0.456	OHN-M			
REFLVL PAD 6:	0.460	0.461	OHN-M			

	PAD #1	PAD #2	PAD #3	PAD #4	PAD #5	PAD #6
	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY
AIR: (R)	-609	-1193	-796	-1719	-796	-256
AIR: (X)	-534	-1077	-380	-821	92	-1616
CAL0: (R)	8674716	8619307	8586714	8570417	8674716	8567158
CAL0: (X)	106473	127292	109869	117091	110494	117194
ZERO: (R)	433	-436	918	-564	624	834
ZERO: (X)	38632	38140	38084	37755	38721	36754
PAD GAIN	0.7621E+00	0.7605E+00	0.7488E+00	0.7531E+00	0.7526E+00	0.7513E+00
IOR OFFS	0.1232E-02	-.4620E-03	0.8727E-03	0.1566E-02	0.1745E-02	0.1155E-03
IOX OFFS	0.6417E-03	-.2197E-01	0.1335E-02	0.1104E-02	0.3465E-03	0.2182E-02

	PADV REAL	PADV IMAG
	TELEMETRY	TELEMETRY
AIR:	117762	118867
ZERO:	-18897	5052
CAL 0 DEG:	5232207	221980

EMI DIPMETER PACKAGE AFTER SURVEY FIELD CHECK SUMMARY						
PERFORMED: 14:29:33 07/ 2/94 LAST SHOP CALIBRATION: 13:13:21 06/ 8/94						
	SHOP	BEFORE	AFTER	UNITS		
REFLVL PAD 1:	0.461	0.461	0.461	OHN-M		
REFLVL PAD 2:	0.463	0.463	0.463	OHN-M		
REFLVL PAD 3:	0.458	0.458	0.458	OHN-M		
REFLVL PAD 4:	0.461	0.462	0.462	OHN-M		
REFLVL PAD 5:	0.455	0.456	0.455	OHN-M		
REFLVL PAD 6:	0.460	0.461	0.461	OHN-M		

	PAD #1	PAD #2	PAD #3	PAD #4	PAD #5	PAD #6
	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY	TELEMETRY
AIR: (R)	-1074	-1343	-459	-2004	-766	888
AIR: (X)	-767	-309	-869	-723	-408	-1839
CAL0: (R)	8663308	8593864	8565528	8540030	8663308	8540030
CAL0: (X)	115500	133263	116732	136130	118477	175177
ZERO: (R)	1076	41	1268	186	1178	2542
ZERO: (X)	39288	62909	38673	61400	39698	59830
PAD GAIN	0.7621E+00	0.7605E+00	0.7488E+00	0.7531E+00	0.7526E+00	0.7513E+00
IOR OFFS	0.1232E-02	-.4620E-03	0.8727E-03	0.1566E-02	0.1745E-02	0.1155E-03
IOX OFFS	0.6417E-03	-.2197E-01	0.1335E-02	0.1104E-02	0.3465E-03	0.2182E-02

	PADV REAL	PADV IMAG
	TELEMETRY	TELEMETRY
AIR:	3870566	-419597
ZERO:	-14243	10979
CAL 0 DEG:	5221452	231125

Figura 3.45) Presentación moderna de la calibración del registro de echados

CAPITULO IV

Se realizó el análisis de 43 registros geofísicos de pozos de las principales compañías petroleras operando en México(Baker Hughes, Halliburton, Schlumberger y Weatherford) encontrando variaciones en los parámetros que toman para realizar sus calibraciones ,en los parámetros que utilizan para indicar sus tolerancias debido a que algunas indican la variación en el parámetro que se está midiendo ,otras en el valor real de la calibración, unas más registran sus tolerancia en el parámetro calibrado(Cero y Ganancia de la calibración).

En base a esto se encontraron las siguientes variaciones en las calibraciones proporcionadas por las 4 principales compañías dedicadas a registros geofísicos en México.

4.1 VARIACIONES

4.1.1 REGISTROS DE CORRELACIÓN

- Registro SP

No se presentan variaciones ya que no requiere calibración.

- Registro Rayos Gamma

No existen variaciones. La calibración es presentada en el valor real de la medición de la herramienta(GAPI),realizada de la misma forma para las cuatro compañías.

<i>Principio</i>	<i>Patrón</i>	<i>Curvas</i>	<i>UNIDAD</i>	Valor real
GR	Fuente	GR	API	±9 API

Figura 4.1)Calibración realizada en base al valor real de la medición de la herramienta.Halliburton

- Espectroscopia de Rayos gamma

Las cuatro compañías presentan con el valor real de la medición de la herramienta (GAPI) sin embargo Schlumberger proporciona información sobre el parámetro que se midió es decir sobre los conteos con Th y Na fuentes utilizadas en los detectores al igual que proporciona una relación de coincidencia del detector 1 y 2

Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
NGT	GR	±15 API	N/A	N/A	N/A	N/A
	Th	X	N/A	N/A	N/A	±8.7 CPS
	Na	X	N/A	N/A	N/A	±45 CPS
	Relación de coincidencia detector 1 y 2	±0.05	N/A	N/A	N/A	N/A

Figura 4.2) Calibración de Schlumberger. En base al valor real de la medición de la herramienta y a los detectores

4.1.2 REGISTROS DE POROSIDAD

- Sónico

Se hace una verificación del tiempo de viaje de la onda p. De las cuatro compañías Halliburton es la que presenta esta verificación en su registro.

Principio	Patrón	Curvas	UNIDAD	Valor real
SÓNICO	Velocidad	Δtp	$\mu\text{seg}/\text{ft}$	±0.1 $\mu\text{seg}/\text{ft}$

Figura 4.3) Verificación presentada por Halliburton.

- Densidad

Las variaciones que se observan son respecto al parámetro considerado para la calibración, Baker Hughes utiliza CPS, Halliburton utiliza el valor real que la herramienta mide (gm/cm^3). Schlumberger al igual que Baker Hughes utilizan patrones parecido en sus calibraciones ,sin embargo Schlumberger es más específico con los parámetros utilizados en las calibraciones y menciona los rango de tolerancias en que deben estar los bloques de calibración .

Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
DENSIDAD	DENSIDAD DE BULK (ρ_b)	X	Detector cercano (SS)	X	± 5 CPS
	CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)	X	Detector lejano(LS)	X	± 5 CPS
	ρ_e	X	X	X	X

Figura 4.4) Parámetros considerados en Baker Hughes

Principio	Patrón	Curvas	UNIDAD	Valor real
DENSIDAD		DENSIDAD DE BULK (ρ_b)	gm/cm^3	$\pm 0.015 \text{ gm}/\text{cm}^3$
		CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)	gm/cm^3	$\pm 0.015 \text{ gm}/\text{cm}^3$
		ρ_e	gm/cm^3	$\pm 0.30 \text{ gm}/\text{cm}^3$

Figura 4.5) Parámetros considerados en Halliburton

Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
DENSIDAD	RHO aluminio	±0.01g/cm ³	N/A	N/A	N/A	N/A
	RHO magnesio	±0.01 g/cm ³	N/A	N/A	N/A	N/A
	pe aluminio	±0.1	N/A	N/A	N/A	N/A
	pe magnesio	±0.1	N/A	N/A	N/A	N/A
	BS desviación	±0.6	N/A	N/A	N/A	N/A
	LS desviación	±1	N/A	N/A	N/A	N/A
	SS desviación	±1.5	N/A	N/A	N/A	N/A

Figura 4.6) Parámetros considerados en Schlumberger

- Neutrón

Baker Hughes da una calibración general del Ratio y Φ_N calibrada en la herramienta, Halliburton da una calibración más detallada al dar la relación de los detectores y Schlumberger menciona los rangos de tolerancia en la calibración en base al parámetro que se midió (CPS)

Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
NEUTRON	Ratio	±0.05	X	X	X
	Φ_N	±2	X	X	X
	sensibilidad	X	X	X	X

Figura 4.7) Parámetros considerados en Baker Hughes

Principio	Patrón	Curvas	UNIDAD	Valor real
NEUTRÓN	Tanque	Ratio		± 0.22
		Φ_N		±0.90
	sensibilidad		±0.025	
	Bloques verificadores	Ratio 1		±0.070
		Ratio 2		±0.022
Φ_N			±0.90	

Figura 4.8) Parámetros considerados en Halliburton

Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
NEUTRON	CNTC	X	N/A	N/A	N/A	±17.5 CPS
	CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±17.5 CPS
	Corr. Termal CNTC	X	N/A	N/A	N/A	±1100 CPS
	Corr. Termal CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±500CPS
	Ratio CNTC/CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±.21 CPS

Figura 4.9) Parámetros considerados en Schlumberger

REGISTROS DE RESISTIVIDAD

- **Conducción**

Las variaciones se dan en los parámetros utilizados para observar si la herramienta se encuentra en tolerancia, Halliburton tiene sus tolerancia en base al valor real que debe medir la herramienta y Schlumberger en base al parámetro que se midió que es corriente(μA).

Principio	Patrón	Curvas	UNIDAD	Valor real
CONDUCCIÓN	Resistencia 1 ohmm	LLS	ohmm	±0.04 ohmm
	Resistencia 100 ohmm		ohmm	±4.0 ohmm
	Resistencia 1000 ohmm		ohmm	±400 ohmm
	Resistencia 1 ohmm	LLD	ohmm	±0.2 ohmm
	Resistencia 100 ohmm		ohmm	±14.4 ohmm
	Resistencia 1000 ohmm		ohmm	±914 ohmm

Figura 4.10) Parámetros considerados en Halliburton

Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
CONDUCCIÓN	MEDICIÓN PROFUNDA	±5.5 API	Calibración electrónica. LLD	Cero	corriente	±1 µA
				Ganancia	voltaje	±1 V
	MEDICIÓN SOMERA	±5.5 API	Calibración electrónica .LLS	Cero	corriente	±2.5 µA
				Ganancia	voltaje	±1 V

Figura 4.11) Parámetros considerados en Schlumberger

- **Inducción**

Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
INDUCCIÓN	PROFUNDA	X	Cero	PROFUNDA	±0.200 KHz
				MEDIA	±0.100 KHz
	MEDIA	X	Ganancia	SOMERA	±0.100 KHz
				PROFUNDA	±1.5 KHz
SOMERA	X		MEDIA	±11 KHz	
				SOMERA	±17 KHz

Figura 4.12) Parámetros considerados en Baker Hughes

<i>Principio</i>	<i>Patrón</i>	<i>Curvas</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>Valor real</i>
INDUCCIÓN		PROFUNDA	mmho/m	±20mmho/m
		MEDIA	mmho/m	±0.20mmho/m
		SOMERA	mmho/m	±0.8 mmho/m

Figura 4.13) Parámetros considerados en Halliburton

Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
INDUCCIÓN	PROFUNDA	N/A		Cero	SPA cero	±0.05
		N/A			Calsig cero	±0.05
		N/A			Volt cero	±0.05
	MEDIA	N/A		Ganancia	SPA cero	±0.079
		N/A			Calsig cero	±0.5
	SOMERA	N/A		Volt cero	±0.5	

Figura 4.14) Parámetros considerados en Schlumberger

REGISTROS MECÁNICOS

- Caliper

Principio	Patrón	Curvas	UNIDAD	Valor real
CALIPÈR		CALIPER (1)	"	±0.50 "
		CALIPER (2)- ECHADOS	"	±0.25"

Figura 4.15) Parámetros considerados en Halliburton

- **Echados**

<i>Principio</i>	<i>Patrón</i>	<i>Curvas</i>	<i>UNIDAD</i>	<i>Valor real</i>
ECHADOS	ORIENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA	AZI	0	±2°
		HAZI	0	±5°
		ROT	0	±2°
		DEVI	0	±2°
	DIAMETRO DE POZO	CALIPER	"	±0.25"

Figura 4.16) Parámetros considerados en Halliburton

4.2 TOLERANCIAS

En base al análisis de 43 registros geofísicos se realizaron las siguientes tablas que contienen los parámetros y las tolerancias bajo las que trabajan las diferentes compañías dedicadas a registros .Se presentan la calibración maestra , la calibración antes y después de registrar .Comenzando por la compañía Baker Hughes, Halliburton y Schlumberger finalmente.

4.2.1 BAKER HUGHES

CALIBRACIÓN MAESTRA							
BAKER HUGHES			TOLERANCIAS				
Clasificación	Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió	
CORRELACIÓN	SP	SP	X	X	X	X	
	GR	GR	±10 API	X	X	X	
	NGT	K	Th	X	X	X	X
		U		X	X	X	X
		GR		±10 API	X	X	X
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	PROFUNDA	X	X	X	X	
		MEDIA	X	X	X	X	
		SOMERA	X	X	X	X	
	INDUCCIÓN	PROFUNDA	X	Cero	PROFUNDA	±0.200 KHz	
		MEDIA	X		SOMERA	±0.100 KHz	
POROSIDAD	SONICO	Δt_p	X	X	X	X	
		Δt_s	X	X	X	X	
		Δt_{cs}	X	X	X	X	
	DENSIDAD	DENSIDAD DE BULK (pb)	X	Detector cercano (SS)	X	±5 CPS	
		CORRECCION DENSIDAD (Δpb)	X	Detector lejano(LS)	X	±5 CPS	
NEUTRON	pe	X	X	X	X		
	Ratio	±0.05	X	X	X		
	Φ_n	±2	X	X	X		
MECANICOS	CALIPER	CALIPER (1)	±0.50 *	X	X	X	
		CALIPER (2)-ECHADOS		X	X	X	
	ECHADOS	AZI	X	X	X	X	
		HAZI	X	X	X	X	
		ROT	±1.5 *	X	X	X	
DEVI		X	X	X	X		
	DIAMETRO DE POZO(caliper)	±0.5 *	X	X	X		

Figura 4.17)Tabla de tolerancias de BAKER HUGHES en su calibración maestra.

CALIBRACIÓN ANTES DE REGISTRAR			TOLERANCIAS			
B A K E R H U G H E S						
Clasificación	Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
CORRELACIÓN	SP	SP	X	X	X	X
	GR	GR	±10 API	X	X	X
	NGT	K	X	X	X	X
		Th	X	X	X	X
		U	X	X	X	X
	GR	±10 API	X	X	X	
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	PROFUNDA	X	X	X	X
		MEDIA	X	X	X	X
		SOMERA	X	X	X	X
	INDUCCIÓN	PROFUNDA	X	Zero	PROFUNDA	±0.200 KHz
		MEDIA	X		MEDIA	±0.100 KHz
		SOMERA	X	Ganancia	SOMERA	±0.100 KHz
POROSIDAD	SONICO	Δt_p	X	X	X	X
		Δt_s	X	X	X	X
		Δt_{si}	X	X	X	X
	DENSIDAD	DENSIDAD DE BULK (ρ_b)	X	Detector cercano (SS)	X	±5 CPS
		CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)	X	Detector lejano (LS)	X	±5 CPS
		ρ_e	X	X	X	X
NEUTRÓN	Φ_n	±2	X	X	X	
MECANICOS	CALIPER	CALIPER (1)	±0.50 *	X	X	X
		CALIPER (2)-ECHADOS	±0.50 *	X	X	X
	ECHADOS	AZI	X	X	X	X
		HAZI	X	X	X	X
		ROT	±1.5 *	X	X	X
		DEVI	X	X	X	X
	DIAMETRO DE POZO(caliper)	±0.5 *	X	X	X	

Figura 4.18)Tabla de tolerancias de BAKER HUGHES en su calibración antes de registrar.

CALIBRACIÓN DESPUES DE REGISTRAR				TOLERANCIAS		
B A K E R H U G H E S						
Clasificación	Principio	CURVA	Valor Real	Parámetros calibrados	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió
CORRELACIÓN	SP	SP		X	X	X
	GR	GR	±10 API	X	X	X
	NGT	K		X	X	X
		Th		X	X	X
		U		X	X	X
	GR		±10 API	X	X	
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	PROFUNDA	X	X	X	X
		MEDIA	X	X	X	X
		SOMERA	X	X	X	X
	INDUCCIÓN	PROFUNDA	X	Cero	PROFUNDA	±0.004 KHz
			X		MEDIA	±0.001 KHz
		MEDIA	X	Ganancia	SOMERA	±0.003 KHz
		SOMERA			PROFUNDA	±2.5 KHz
				MEDIA	±2.5 KHz	
				SOMERA	±1.9 KHz	
POROSIDAD	SONICO	Δt_p	X	X	X	X
		Δt_s	X	X	X	X
		Δt_{σ}	X	X	X	X
	DENSIDAD	DENSIDAD DE BULK (ρ_b)	X	Detector cercano (SS)	X	±100 CPS
		CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)	X	Detector lejano(LS)	X	±100 CPS
		ρ_e	X	X	X	X
NEUTRON	Φ_n		±2	X	X	
MECANICOS	CALIPER	CALIPER (1)	±0.50 *	X	X	X
		CALIPER (2)-ECHADOS	±0.50 *	X	X	X
	ECHADOS	AZI		X	X	X
		HAZI		X	X	X
		ROT		±1.5 *	X	X
		DEVI		X	X	X
	DIAMETRO DE POZO(caliper)		±0.5 *	X	X	

Figura 4.19)Tabla de tolerancias de BAKER HUGHES en su calibración maestra.

4.2.2 HALLIBURTON

CALIBRACIÓN ANTES DE REGISTRAR											
H	A	L	L	I	B	U	R	T	O	N	TOLERANCIA
Clasificación	Principio	Patrón			Curvas	UNIDAD	Parametro de Medición				
CORRELACIÓN	SP	Electrodos			SP	V	N/A				
	GR	JIG de 4µcuries de Torio-232			GR	API	±9API				
	NGT	JIG de 4µcuries de Torio-232			K	CPS	X				
					Th	CPS	X				
					U	CPS	X				
				GR	API	±9 API					
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	Resistor interno LLD			PROFUNDA	ohmm	±0.8 ohmm				
		Resistor interno LLS			SOMERA	ohmm	±0.8 ohmm				
	INDUCCIÓN	Resistor interno			PROFUNDA	mmho/m	±20 mmho/m				
					MEDIA	mmho/m	±0.20 mmho/m				
					SOMERA	mmho/m	±0.8 mmho/m				
POROSIDAD	SONICO	Velocidad(casing check)			Δt_v	µseg/ft	57 ±0.1 µseg/ft				
	DENSIDAD	Bloque verificador de aluminio			DENSIDAD DE BULK (ρ_b)	g/cm ³	±0.015 gm/cm ³				
					CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)	g/cm ³	±0.015 gm/cm ³				
					ρ_e	g/cm ³	±0.30 gm/cm ³				
	NEUTRON				Ratio	adimensional	± 0.22				
Φ_n					pu	±0.90					
MECANICOS	CALIPÈR				CALIPER (1)	"	±0.50"				
					CALIPER (2)-ECHADOS	"	±0.25"				
	ECHADOS				INCLINOMETRO	º	± 10 mv				
					MAGNETOMETROS	º	±10 mv				
					CALIPER	"	±0.25"				

Figura 4.20)Tabla de tolerancias de HALLIBURTON en su calibración maestra.

CALIBRACIÓN ANTES DE REGISTRAR											
H	A	L	L	I	B	U	R	T	O	N	TOLERANCIA
Clasificación	Principio	Patrón		Curvas		UNIDAD		Parametro de Medición			
CORRELACIÓN	SP	Electrodos		SP		V		N/A			
	GR	JIG de 4µcuries de Torio-232		GR		API		±9API			
	NGT	JIG de 4µcuries de Torio-232		K		CPS		X			
				Th		CPs		X			
				U		CPS		X			
GR				API		±9 API					
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	Resistor interno LLD		PROFUNDA		ohmm		±0.8 ohmm			
		Resistor interno LLS		SOMERA		ohmm		±0.8 ohmm			
	INDUCCIÓN	Resistor interno		PROFUNDA		mmho/m		±20 mmho/m			
				MEDIA		mmho/m		±0.20 mmho/m			
				SOMERA		mmho/m		±0.8 mmho/m			
POROSIDAD	SONICO	Velocidad(casing check)		Δt_{SI}		µseg/ft		57 ±0.1 µseg/ft			
	DENSIDAD	Bloque verificador de aluminio		DENSIDAD DE BULK (ρ_b)		g/cm ³		±0.015 gm/cm ³			
				CORRECCION DENSIDAD ($\Delta\rho_b$)		g/cm ³		±0.015 gm/cm ³			
				ρ_e		g/cm ³		±0.30 gm/cm ³			
	NEUTRON			Ratio		adimensional		± 0.22			
Φ_N				pu		±0.90					
MECANICOS	CALIPER			CALIPER (1)		"		±0.50 °			
				CALIPER (2)-ECHADOS		"		±0.25°			
	ECHADOS			INCLINOMETRO		°		± 10 mv			
				MAGNETOMETROS		°		±10 mv			
				CALIPER		"		±0.25°			

Figura 4.21)Tabla de tolerancias de HALLIBURTON en su calibración antes de registrar.

CALIBRACIÓN DESPUES DE REGISTRAR											
H	A	L	L	I	B	U	R	T	O	N	TOLERANCIA
Clasificación	Principio	Patrón		Curvas		UNIDAD		Parametro de Medición			
CORRELACIÓN	SP	Electrodos		SP		V					
	GR	JIG de 4µcuries de Torio-232		GR		API		±9			
	NGT	JIG de 4µcuries de Torio-232		K		CPS		X			
				Th		CPs		X			
				U		CPS		X			
			GR		API		±9 API				
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	Resistor interno LLD		PROFUNDA		ohmm		±0.8ohmm			
		Resistor interno LLS		SOMERA		ohmm		±0.8ohmm			
	INDUCCIÓN	Resistor interno		PROFUNDA		mmho/m		±20mmho/m			
				MEDIA		mmho/m		±0.20mmho/m			
				SOMERA		mmho/m		±0.8mmho/m			
SONICO	Velocidad(casing check)		Δt_{11}		µseg/ft		57 ±0.1µseg/ft				
POROSIDAD	DENSIDAD	Bloque verificador de aluminio		DENSIDAD DE BULK (pb)		g/cm ³		±0.015gm/cm ³			
				CORRECCION DENSIDAD (Δpb)		g/cm ³		±0.015gm/cm ³			
				ρe		g/cm ³		±0.30gm/cm ³			
NEUTRON			Ratio		adimensional		± 0.22				
			Φ_n		pu		±0.90				
MECANICOS	CALIPER			CALIPER (1)		"		±0.50"			
				CALIPER (2)-ECHADOS		"		±0.25"			
	ECHADOS			INCLINOMETRO		°		± 10 mv			
				MAGNETOMETROS		°		±10 mv			
				CALIPER		"		±0.25"			

Figura 4.22)Tabla de tolerancias de HALLIBURTON en su calibración después de registrar.

4.2.3 SCHLUMBERGER

CALIBRACIÓN MAESTRA				TOLERANCIAS				
S C H L U M B E R G E R								
Clasificación	Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parametro que se calibra	Parametro que se mide	T. En base al parametro que se midio	
CORRELACIÓN	SP	SP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	GR	GR	±15 API	N/A	N/A	N/A	N/A	
	NGT	GR	±15 API	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Th	±8.7 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Na	±45 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		Relación de conincidencia detector 1 y 2	±0.05	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	MEDICIÓN PROFUNDA	±5.5 API	Calibración electronica.LLD	Cero	corriente voltage	±1 VµA	
					Ganancia	corriente voltage	±1 V	
		MEDICIÓN SOMERA	±5.5 API	Calibración electronica .LLS	Cero	corriente voltage	±1 VµA	
					Ganancia	corriente voltage	±1 V	
	INDUCCIÓN	PROFUNDA	N/A		Cero	SPA cero	±0.05 V	
			N/A		Calsig cero	±0.05 V		
		MEDIA	N/A		Ganancia	SPA cero	±0.079 V	
			N/A		Calsig cero	±0.5 V		
	SOMERA	N/A		Ganancia	Volt cero	±0.5 V		
		N/A		Volt cero	±0.5 V			
POROSIDAD	SONICO	Δt _p	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Δt _s	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Δt _o	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	DENSIDAD	RHO aluminio	±0.01 g/cm3	N/A	N/A	N/A	N/A	
		RHO magnesio	±0.01 g/cm3	N/A	N/A	N/A	N/A	
		pe aluminio	±0.1 g/cm ³	N/A	N/A	N/A	N/A	
		pe magnesio	±0.1 g/cm ³	N/A	N/A	N/A	N/A	
		BS desviacion	±0.6%	N/A	N/A	N/A	N/A	
		LS desviacion	±1%	N/A	N/A	N/A	N/A	
		SS desviacion	±1.5%	N/A	N/A	N/A	N/A	
	NEUTRON	CNTC	±17.5 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
		CFTC	±17.5 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Corr. Termal CNTC	±1100 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Corr. Termal CFTC	±500CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Ratio CNTC/CFTC	±.21 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
	MECANICOS	CALIPER	CALIPER (1)	±0.50 *	N/A	N/A	N/A	
CALIPER (2)-ECHADOS			±0.25 *	N/A	N/A	N/A		
ECHADOS		AZI	X	N/A	N/A	N/A	N/A	
		HAZI	X	N/A	N/A	N/A	N/A	
		ROT	±1.5 *	N/A	N/A	N/A	N/A	
		DEVI	X	N/A	N/A	N/A	N/A	
		DIAMETRO DE POZO(caliper)	±0.5 *	N/A	N/A	N/A	N/A	

Figura

4.23)Tabla de tolerancias de SCHLUMBERGER en su calibración Maestra.

CALIBRACIÓN DE CAMPO			TOLERANCIAS					
S C H L U M B E R G E R								
Clasificación	Principio	CURVA	Valor real	Calibración	Parámetro que se calibra	Parámetro que se mide	T. En base al parámetro que se midió	
CORRELACIÓN	SP	SP	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	GR	GR	±15 API	N/A	N/A	N/A	N/A	
	NGT	GR	±15 API	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Th	±8.7 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Na	±45 CPS	N/A	N/A	N/A	N/A	
	Relación de coincidencia detector 1 y 2	±0.05	N/A	N/A	N/A	N/A		
RESISTIVIDAD	CONDUCCIÓN	MEDICIÓN PROFUNDA	±5.5 API	Calibración electrónica.LLD	Cero	corriente voltage	±1 VµA	
					Ganancia	corriente voltage	±2.5 µA	
	CONDUCCIÓN	MEDICIÓN SOMERA	±5.5 API	Calibración electrónica .LLS	Cero	corriente voltage	±1 VµA	
					Ganancia	corriente voltage	±2.5 µA	
	INDUCCIÓN	PROFUNDA		N/A	Cero	SPA cero	±0.05	
				N/A		Calsig cero	±0.05	
		MEDIA		N/A	Ganancia	Volt cero	±0.05	
				N/A		SPA cero	±0.079	
SOMERA		N/A	Ganancia	Calsig cero	±0.5			
		N/A		Volt cero	±0.5			
POROSIDAD	SONICO	Δt _p	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Δt _s	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
		Δt _o	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
	DENSIDAD	RHO aluminio	±0.01g/cm3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		RHO magnesio	±0.01 g/cm3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		pe aluminio	±0.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		pe magnesio	±0.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		BS desviacion	±0.6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		LS desviacion	±1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	NEUTRON	SS desviacion	±1.5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
		CNTC	X	N/A	N/A	N/A	±17.5 CPS	
		CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±17.5 CPS	
		Corr. Termal CNTC	X	N/A	N/A	N/A	±1100 CPS	
CALIPER	Corr. Termal CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±500CPS		
	Ratio CNTC/CFTC	X	N/A	N/A	N/A	±21 CPS		
	CALIPER (1)	±0.50 *	N/A	N/A	N/A	N/A		
	CALIPER (2)-ECHADOS	±0.25 *	N/A	N/A	N/A	N/A		
	MECANICOS	ECHADOS	AZI	X	N/A	N/A	N/A	N/A
HAZI			X	N/A	N/A	N/A	N/A	
ROT			±1.5 *	N/A	N/A	N/A	N/A	
DEVI			X	N/A	N/A	N/A	N/A	
DIAMETRO DE POZO(caliper)			±0.5 *	N/A	N/A	N/A	N/A	

Figura 4.24)Tabla de tolerancias de SCHLUMBERGER en su calibración de campo(las tolerancias usadas por Schlumberger para la calibración antes y después de registrar son las mismas).

CONCLUSIONES

Los registros geofísicos, no pueden tener la validez requerida si no están debidamente calibrados y validados para su utilización. Ya que esta información es el material más valioso para una empresa petrolera por lo tanto debe ser debidamente administrada y preservada.

El número de elementos presentes en las herramientas con el mismo principio de medición para diferentes compañías no es el mismo dado que estas se construyen en base al detalle del registro que la Compañía dueña de la herramienta pretende mostrar, sin embargo su forma de calibrar si es la misma debido a que utilizan el mismo principio de medición .Ejemplo; (Schlumberger utiliza una herramienta de inducción que contiene 5 bobinas ; mientras Baker Hughes utiliza una herramienta de inducción que contiene 8 bobinas)

Las 4 compañías de registros analizadas (Baker Hughes, Halliburton, Schlumberger y Weatherford) presentan diferencias en la forma de presentar sus registros, ya que los parámetros para indicar que la calibración está realizada de una forma óptima difieren unas con otras. Algunas compañías utilizan el valor real de la herramienta, otras compañías dan su calibración en base al parámetro que se midió. El detalle de la presentación de la herramienta va desde mostrar el patrón de calibración, las curvas que se están midiendo, hasta las unidades de la medición real y las unidades del parámetro que se está midiendo.

Las tolerancias empleadas por las compañías difieren en su totalidad unas con otra. Esto con base en el análisis de 48 registros de las diferentes compañías.

La compañía que mayor número de elementos proporciona respecto a la certeza de sus calibraciones es Schlumberger.

La compañía que menor número de elementos proporciona con respecto a la certeza de sus calibraciones es Weatherford.

Las mayores similitudes en valores de tolerancias entre compañías son entre Schlumberger y Halliburton.

La compañía con el mayor número de herramientas dedicadas a registros geofísicos de pozos es Schlumberger.

Recomendaciones

La compañía contratante, en este caso PEMEX, debe solicitar un estándar en la forma de la presentación de los registros por parte de las compañías ,mencionando la estructura que debe tener el registro, los elementos con que deben contar las calibraciones para dar certeza a sus registros, esto reducirá en gran medida el tiempo de trabajo de los supervisores de PEMEX al momento de evaluar la calidad del registro , ya que por la gran diversidad de formas de presentación de las calibraciones por parte las diversas compañías ésto resulta muy complicado .Al realizar una estandarización se ahorra tiempo y esfuerzo ,ganando precisión y certeza al momento de la supervisión de la calidad de los datos a través de la observación de los rangos de tolerancias proporcionados por las compañías.

ANEXO A

PRESENTACIÓN DE REGISTROS POR LAS PRINCIPALES COMPAÑIAS (Wheaterford, Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes)

REGISTROS DE CORRELACIÓN CORRELACIÓN

Rayos Gamma

- **Wheaterford**

Gamma Calibration MCG-D.J 363			Field Calibration on 02-MAR-2012 19:35
	Measured	Calibrated (API)	
Background	43	30	
Calibrator (Gross)	783	551	
Calibrator (Net)	740	521	

Gamma Constants MCG-D.J 363			Last Edited on
Gamma Calibrator Number	GRCC-190		
Mud Density	1.00	gm/cc	
Caliper Source for Processing	Bit Size		
Tool Position	Centred		
Concentration of KCl	0.00	kppm	

Figura A.1) Presentación de la calibración antes de registrar

Gamma Check MCG-D.J 363			Field Calibration on 02-MAR-2012 19:35
	Before (API)	After (API)	After Survey Check on 03-MAR-2012 04:56
Background	30	27	
Calibrator (Gross)	551	548	
Calibrator (Net)	521	521	

Figura A.2) Presentación de la calibración después de registrar

- **Baker Hughes**

GR PRIMARY VERIFICATION SUMMARY						
TOOL #:	1329XA 10494025		DATE/TIME PERFORMED:	Wed Jul 22 12:45:11 2009		
UNIT #:	5753XD 10429089		VERI JIG #:	4702NK BA-896		
	BACKGROUND CALBRTR ON	MULT	BACKGROUND CALBRTR ON	DIFF.		
	(cts/s)	(cts/s)	(gAPI)	(gAPI)	(gAPI)	
GR	57.96	974.58	0.162	9.41	158.28	148.86
					140.00	180.00

Figura A.3) Presentación de la calibración maestra

GR BEFORE LOG VERIFICATION SUMMARY						
TOOL #:	1329XA 10494025	DATE/TIME PERFORMED:	Thu Jul 30 00:46:17 2009	DAYS SINCE CAL:	7	
UNIT #:	5753XD 10453075	VERI JIG #:	4702NK BA-896			
	BACKGROUND CALBRTR ON (cts/s)	MULT	BACKGROUND CALBRTR ON (gAPI)	DIFF. (gAPI)		
GR	54.40	981.31	0.162	8.83	159.37	150.53
						158.86 158.88

Figura A.4) Presentación de la calibración antes de registrar

GR AFTER LOG VERIFICATION SUMMARY						
TOOL #:	1329XA 10494025	DATE/TIME PERFORMED:	Fri Jul 31 01:32:50 2009	DAYS SINCE CAL:	8	
UNIT #:	5753XD 10453075	VERI JIG #:	4702NK BA-896			
	BACKGROUND CALBRTR ON (cts/s)	MULT	BACKGROUND CALBRTR ON (gAPI)	DIFF. (gAPI)		
GR	59.24	981.98	0.162	9.62	159.48	149.86
						140.53 180.53

Figura A.5) Presentación de la calibración después de registrar

- Schlumberger

Phase	Gamma Ray Background GAPI	Value	Phase	Gamma Ray (Jig - Bkg) GAPI	Value	Phase	Gamma Ray (Calibrated) GAPI	Value
Before		8.182	Before		150.9	Before		185.0
After		5.759	After		148.5	After		182.3
	0 (Minimum) 30.00 (Nominal) 120.0 (Maximum)		137.2 (Minimum) 150.9 (Nominal) 161.7 (Maximum)			150.0 (Minimum) 165.0 (Nominal) 180.0 (Maximum)		

Figura A.6) Presentación de la calibración de campo(Antes y después de registrar)

Espectroscopia Rayos Gamma

Halliburton

TITANIUM CASE	Measured	Calibrated	Units
60 KEV Peak Channel #	48.0	48.0	Channel #
239 KEV Peak Channel #	19.0	18.9	Channel #
583 KEV Peak Channel #	50.3	50.3	Channel #
2614 KEV Peak Channel #	218.8	218.6	Channel #
Calibrate Temperature	N/A	N/A	degC

Pass/Fail Summary	Centroid
239 KEV Peak	Passed
583 KEV Peak	Passed
2614 KEV Peak	Passed

Blanket Reference Value: 235.00 API
Calibrator Value: 266.9 API

	Counts	Units	Measured	Calibrated	Units
Thorium Blanket	1294.3	CPS	302.4	280.4	API
Background	62.3	CPS	15.0	13.5	API

Gamma Ray Gain: 1.09

Figura A.7) Presentación de la calibración Maestra

TITANIUM CASE	Shop	Field	Units
60 KEV Peak Channel #	48.0	48.0	Channel #
239 KEV Peak Channel #	18.9	18.6	Channel #
583 KEV Peak Channel #	50.3	50.2	Channel #
2614 KEV Peak Channel #	218.6	218.6	Channel #
Calibrate Temperature	N/A	N/A	degC

Pass/Fail Summary	Centroid
239 KEV Peak	Passed
583 KEV Peak	Passed
2614 KEV Peak	Passed

Blanket Reference Value: 235.00 API
Calibrator Value: 266.9 API

	Counts	Units	Measured	Calibrated	Units
Thorium Blanket	1316.3	CPS	280.4	280.2	API
Background	62.5	CPS	13.5	13.3	API

Gamma Ray Gain: 1.07

Figura A.8) Presentación de la calibración antes de Registrar

TITANIUM CASE	Field Survey	Post Survey	Units
60 KEV Peak Channel #	48.0	48.0	Channel #
239 KEV Peak Channel #	18.6	18.6	Channel #
583 KEV Peak Channel #	50.2	50.4	Channel #
2614 KEV Peak Channel #	218.6	219.3	Channel #
Calibrate Temperature	N/A	N/A	degC

Pass/Fail Summary	Centroid
239 KEV Peak	Passed
583 KEV Peak	Passed
2614 KEV Peak	Passed

Blanket Reference Value: 235.00 API
 Calibrator Value: 266.9 API

	Counts	Units	Measured	Calibrated	Units
Thorium Blanket	0.0	CPS	280.2	280.0	API
Background	0.0	CPS	13.3	13.1	API

Gamma Ray Gain: 1.09

Figura A.8) Presentación de la calibración después de Registrar

REGISTROS DE POROSIDAD

Registro sónico

- Weatherford

Sonic Constants MSS-C.B 258			Last Edited on 02-MAR-2012,21:20		
Maximum Boundary Contrast	100.00	micro-sec/ft			
Fluid Transit Time	210.00	micro-sec/ft			
Limestone Transit Time	47.50	micro-sec/ft			
Sandstone Transit Time	55.50	micro-sec/ft			
Dolomite Transit Time	43.50	micro-sec/ft			
Sonic used for Porosities	3-5' Compensated Sonic				
Correction for Sonde Skew	Applied				
Cycle Stretch Algorithm	Applied				
MN3FT	N/A	micro-sec			
MX3FT	N/A	micro-sec			
Hunt-Raymer Constant	83.13	micro-sec/ft			
Sonde Mode	Compensated				
Hole Type	Open Hole				
Sonde Parameters					
	Measured	Calibrated			
Offset	N/A	0.0000			
Free Pipe	N/A	N/A			
Peak Amplitude Source	N/A				
Waveform	Start Time (micro-sec)	Width (micro-sec)	Pre Gain	Start Gain	Discriminator (mV)
3'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6'	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Processed Fixed Gate Parameters					
Waveform Used For Processing	N/A				
Start Time (micro-sec)	End Time (micro-sec)	Discriminator (mV)	N/A		
N/A	N/A	N/A		N/A	
N/A	N/A	N/A		N/A	
N/A	N/A	N/A		N/A	
N/A	N/A	N/A		N/A	
N/A	N/A	N/A		N/A	
Full Waveform Parameters					
Use 3' Waveform to derive TR	N/A				
Use 4' Waveform to derive TR	N/A				
Use 5' Waveform to derive TR	N/A				
Use 6' Waveform to derive TR	N/A				
3' Waveform Discriminator Level	N/A		mV		
4' Waveform Discriminator Level	N/A		mV		
5' Waveform Discriminator Level	N/A		mV		
6' Waveform Discriminator Level	N/A		mV		
3' Waveform Filter	N/A				
4' Waveform Filter	N/A				
5' Waveform Filter	N/A				
6' Waveform Filter	N/A				
Semblance Level	N/A				
Semblance Window Width	N/A		micro-sec		
Sonic 1 Despiker	N/A		N/A		
Sonic 2 Despiker	N/A		N/A		

Figura A.9) Presentación de la calibración antes de registrar

REGISTROS DE POROSIDAD

Densidad

- Wheaterford

Photo Density Calibration MPD-C.J 320					Base Calibration on 02-MAR-2012 23:12 Field Check on 02-MAR-2012 23:21	
Density Calibration						
Base Calibration		Measured		Calibrated (sdu)		
		Near	Far	Near	Far	
Reference 1		58198	28366	60124	31323	
Reference 2		23736	2646	24902	2524	
Field Check at Base						
		1395.6	1405.8			
Field Check						
		1402.1	1410.1			
PE Calibration						
Base Calibration		Measured		Calibrated		
	WS	WH	Ratio	Ratio		
Background	250	1242				
Reference 1	21919	57971	0.382	0.371		
Reference 2	6394	23571	0.275	0.270		
Field Check at Base						
	250.4	1241.7				
Field Check						
	254.1	1247.9				

Figura A.10) Presentación de la calibración antes de registrar

Photo Density Check MPD-C.J 320					Before Survey Check on 02-MAR-2012 23:21 After Survey Check on 03-MAR-2012 05:07	
Density Check						
		Near		Far		
	Before	After	Before	After		
	1402.1	1401.0	1410.1	1415.2		
PE Check						
		Before	After			
WS		254.1	251.1			
WH		1247.9	1248.7			

Figura A.11) Presentación de la calibración después de registrar

- Halliburton

DENSITY CALIBRATION SUMMARY				
Measurement	Previous Value	New Value	Control Limit	
Near Bar Gain	1.0718	1.0573	0.85 - 1.15	
Near Dens Gain	1.0449	1.0455	0.85 - 1.15	
Near Peak Gain	1.0075	0.9948	0.85 - 1.15	
Near Lith Gain	1.0009	1.0113	0.85 - 1.15	
Far Bar Gain	1.0318	1.0337	0.85 - 1.15	
Far Dens Gain	1.0128	1.0128	0.85 - 1.15	
Far Peak Gain	1.0065	1.0064	0.85 - 1.15	
Far Lith Gain	1.0102	1.0102	0.85 - 1.15	
Near Bar Offset	-0.3224	-0.1854	NONE	
Near Dens Offset	-0.0698	-0.0694	NONE	
Near Peak Offset	0.2674	0.3870	NONE	
Near Lith Offset	0.4118	0.3297	NONE	
Far Bar Offset	0.0084	-0.0007	NONE	
Far Dens Offset	0.1813	0.1882	NONE	
Far Peak Offset	0.3225	0.3305	NONE	
Far Lith Offset	0.5033	0.5099	NONE	
Near Bar Background	1021.30	1014.21	700 - 1500	
Near Dens Background	373.91	371.29	290 - 600	
Near Peak Background	164.29	164.30	130 - 280	
Near Lith Background	174.27	173.39	125 - 270	
Far Bar Background	488.76	491.28	350 - 750	
Far Dens Background	180.57	181.69	140 - 300	
Far Peak Background	75.92	75.62	50 - 130	
Far Lith Background	75.68	75.07	50 - 130	
CALIBRATION BLOCK SUMMARY				
Measurement	Current Reading (Previous Coef)	Calibrated (New Coef)	Change	Control Limit On Change

Figura A.12) Presentación de la calibración antes de registrar

DENSITY FIELD CALIBRATION SUMMARY				
Measurement	Shop	Field	Change	Control Limit +/-
Near (B+D+P+L) cps	1723.188	1721.399	-1.789	16.665
Far (B+D+P+L) cps	823.659	823.248	-0.411	15.823
Near Resolution	11.11	11.09	-0.020	0.50
Far Resolution	10.12	10.10	-0.020	1.00
PASS/FAIL SUMMARY				
Bkg Quality Check				Passed
Bkg Resolution Check				Passed
Bkg Verification Check				Passed

Figura A.13) Presentación de la calibración después de registrar

- Baker Hughes

ZDL PRIMARY CALIBRATION SUMMARY						
TOOL: 2234XA 10457599			DATE/TIME PERFORMED: Thu Jul 23 16:46:32 2009			
UNIT: 3882TD HL6686		CALB BLKS: 2225XA 10579284		CS SRC: NEGRO_ 39415B		
	SS CS PK (Channel)	LS CS PK (Channel)	SS_BKGD (cps)	LS BKGD (cps)		
	224.4	223.2	1374.8	1637.4		
	220.0 230.0	220.0 230.0				
	SS (cps)	LS (cps)	SHR	DEN (g/cm3)	CORR (g/cm3)	PE (b/e)
MG (LO PE)	26064.0	14135.9	0.619	1.700	0.006	2.120
			0.585 0.865			
AL	15294.8	1438.1		2.702	-0.007	
AL + SHIM	21056.0	2513.0		2.609	0.152	
MG + SHIM (HI PE)	12833.5	6801.7	0.243			8.440
			0.210 0.270			
RATIO AL + SHIM/AL	1.38	1.75				
	1.32 1.42	1.84 1.84				
RATIO MG/AL	1.70	9.83				
	1.65 1.78	9.40 10.20				

Figura A.14) Presentación de la calibración Maestra

ZDL BEFORE LOG VERIFICATION SUMMARY						
TOOL #: 2234XA 10457599		DATE/TIME PERFORMED: Thu Jul 30 00:37:10 2009			DAYS SINCE CAL: 6	
UNIT #: 5753XD 10453075						
	TOTAL (cps)	CSPK (Channel)	HV (V)			
LS	1638.7	223.8	1243.6			
	1537.4 1737.4	220.0 230.0	1100.0 1550.0			
SS	1375.3	224.7	1212.3			
	1274.8 1474.8	220.0 230.0	1100.0 1550.0			
	LV (V)	PAD CURRENT (mA)				
	5.0	64.0				
	4.8 5.2	80.0 120.0				

Figura A.15) Presentación de la calibración antes de registrar

ZDL AFTER LOG VERIFICATION SUMMARY					
TOOL #:		2234XA 10457599		DATE/TIME PERFORMED: Fri Jul 31 01:12:46 2009	
				DAYS SINCE CAL: 7	
UNIT #: 5753XD 10453075					
		TOTAL (cps)	CSPK (Channel)	HV (V)	
LS		1642.0	224.1	1255.9	
		1537.4 1737.4	220.0 230.0	1100.0 1550.0	
SS		1373.9	224.2	1214.1	
		1274.8 1474.8	220.0 230.0	1100.0 1550.0	
		LV (V)	PAD CURRENT (mA)		
		5.0	62.5		
		4.8 5.2	80.0 120.0		

Figura A.16) Presentación de la calibración después de registrar

- Schlumberger





High resolution Integrated Logging Tool-DTS Master Calibration					
Inversion results					
Phase	Rho Aluminum G/C3	Value	Phase	Rho Magnesium G/C3	Value
Master		2.601	Master		1.686
	2.586 (Minimum) 2.596 (Nominal) 2.606 (Maximum)			1.676 (Minimum) 1.686 (Nominal) 1.696 (Maximum)	
Phase	Po Aluminum	Value	Phase	Po Magnesium	Value
Master		2.553	Master		2.531
	2.470 (Minimum) 2.570 (Nominal) 2.670 (Maximum)			2.550 (Minimum) 2.650 (Nominal) 2.750 (Maximum)	

Figura A.17) Presentación de la calibración maestra

Neutrón

- Weatherford

Neutron Calibration MDN-B.A 317

Base Calibration on 07-DEC-2011 11:13

Field Check on 02-MAR-2012 19:40

Base Calibration					
		Measured	Calibrated (cps)		
		Near Far	Near Far		
		2998 91	3714 110		
Ratio		32.853	33.764		
Field Calibrator at Base			Calibrated (cps)		
			2288 3378		
Ratio			0.677		
Field Check			Calibrated (cps)		
			2256 3370		
Ratio			0.669		

Figura A.18) Presentación de la calibración antes de registrar

Neutron Check MDN-B.A 317				Before Survey Check on 02-MAR-2012 19:40			
				After Survey Check on 03-MAR-2012 04:51			
Near (cps)		Far (cps)					
Before	After	Before	After				
2256	2244	3370	3360				
		Ratio					
		Before	After				
		0.669	0.668				

Figura A.19) Presentación de la calibración después de registrar

- Halliburton

CALIBRATION CONSTANTS				
Measurement	Prev. Value	New Value	Control Limit On New Value	
Gain:	1.007	1.009	0.900 - 1.100	

WATER TANK SUMMARY (Horizontal Water Tank)				
Measurement	Current Reading (Previous Coef.)	Calibrated (New Coef.)	Change	Control Limit On Change
Porosity (decp):	9.2200	9.2203	0.0013	+/- 0.0020
Calibrated Ratio:	10.03	10.04	0.043	+/- 0.050

VERIFIER		
Measurement	Value	Control Limit
Snow-Block Porosity (decp)	0.0712	0.02000 - 0.09000

PASS/FAIL SUMMARY	
Background Check:	Passed
Gain-Range Check:	Passed
Snow-Block Check:	Passed

Figura A.20) Presentación de la calibración Maestra

NEUTRON FIELD-CHECK SUMMARY				
	Shop	Field	Difference	Control Limit On Change
Snow-Block Porosity (decp):	0.0712	0.0709	-0.0003	+/- 0.0150

PASS/FAIL SUMMARY	
Block Change Check:	Passed
Snow Block Stat Check:	Passed
Temperature Check:	Passed

Figura A.21) Presentación de la calibración antes de registrar

Logging Source SN: 3129-NK
Snow Block SN: CME

NEUTRON POST-CHECK SUMMARY				
	Field Value	Post Value	Difference	Control Limit On Change
Snow-Block Porosity (decp):	0.0709	0.0708	-0.0001	+/- 0.0150

PASS/FAIL SUMMARY	
Block Change Check:	Passed
Snow Block Stat Check:	Passed
Temperature Check:	Passed

Figura A.21) Presentación de la calibración después de registrar

- Baker Hughes

CN PRIMARY VERIFICATION SUMMARY						
TOOL #:	2446XA 10481572		DATE/TIME PERFORMED:	Thu Jul 23 19:17:59 2009		
UNIT #:	3882TD HL6686		ICE BLOCK #:	NARANJ 6034NN		
	MEASURED CPS	DEADTM CPS	DTC SSN/LSN	CORRECTION FACTOR	DTC CORR SSN/LSN	POROSITY (pu)
LSN	2033.46	2137.84				
SSN	4750.67	5249.53				
RATIO			2.45553	1.06214	2.60941	
CN						19.358

Figura A.22) Presentación de la calibración Maestra

CN BEFORE LOG VERIFICATION SUMMARY							
TOOL #:	2446XA 10481572		DATE/TIME PERFORMED:	Thu Jul 30 00:42:42 2009		DAYS SINCE CAL:	6
UNIT #:	5753XD 10453075		ICE BLOCK #:	NARANJ 6034NN			
	MEASURED CPS	DEADTM CPS	DTC SSN/LSN	CORRECTION FACTOR	DTC CORR SSN/LSN	POROSITY (pu)	
LSN	2048.83	2154.84					
SSN	4763.14	5264.79					
RATIO			2.44324	1.06214	2.59628		
CN						19.175 17.358 21.358	

Figura A.23) Presentación de la calibración antes de registrar

CN AFTER LOG VERIFICATION SUMMARY							
TOOL #:	2446XA 10481572		DATE/TIME PERFORMED:	Fri Jul 31 01:25:56 2009		DAYS SINCE CAL:	7
UNIT #:	5753XD 10453075		ICE BLOCK #:	NARANJ 6034NN			
	MEASURED CPS	DEADTM CPS	DTC SSN/LSN	CORRECTION FACTOR	DTC CORR SSN/LSN	POROSITY (pu)	
LSN	2006.60	2108.18					
SSN	4737.51	5233.44					
RATIO			2.48245	1.06214	2.63811		
CN						19.758 17.175 21.175	

Figura A.24) Presentación de la calibración después de registrar

- Schlumberger

Phase	CNTC Background CPS	Value	Phase	CFTC Background CPS	Value
Master		27.80	Master		27.96
	5.000 (Minimum)	27.80 (Nominal)	40.00 (Maximum)	5.000 (Minimum)	27.96 (Nominal)
				40.00 (Maximum)	

Phase	Thermal Near Corr. (Tank) CPS	Value	Phase	Thermal Far Corr. (Tank) CPS	Value	Phase	CNTC/CFTC (Tank)	Value
Master		5399	Master		2267	Master		2.382
	4700 (Minimum)	5399 (Nominal)	6900 (Maximum)	1900 (Minimum)	2267 (Nominal)	2900 (Maximum)	2.120 (Minimum)	2.382 (Nominal)
							2.540 (Maximum)	

Figura A.25) Presentación de la calibración Maestra

REGISTRO DE RESISTIVIDAD

Inducción

- Weatherford

Induction Check MAI-B.A 314				Before Survey Check on 02-MAR-2012 20:16		After Survey Check on 03-MAR-2012 04:46	
Channel	Before Survey (mmho/m)		After Survey (mmho/m)		Low	High	Deg C
	Low	High	Low	High			
1	14.5	3860.6	18.5	3859.6			
2	29.5	3415.8	31.9	3413.3			
3	28.1	2992.0	30.0	2989.9			
4	19.4	2052.9	20.6	2051.6			
Deep	17.7	2027.6	19.0	2026.7			
Medium	40.5	3879.0	42.8	3875.5			
Shallow	43.4	4944.1	46.9	4939.8			
Array Temperature		26.4		44.1			

Figura A.26) Presentación de la calibración después de registrar

- Halliburton

HIGH RESOLUTION INDUCTION SHOP CALIBRATION SUMMARY						
TEST LOOP RESPONSE						
1 - Test Loop Closed	Measured Signal		Nominal		Units	
	R	X	R	X		
HRD	1976	-1972	1976	-1972	MMHOS	
HRM	2838	2832	2838	2832	MMHOS	
2 - Test Loop Off (Sonde Error)	Measured Signal		Nominal		Units	
	R	X	R	X		
HRD	-5	-8	+/-15	+/-100	MMHOS	
HRM	-9	-66	+/-15	+50/-150	MMHOS	
ELECTRONICS RELATIVE GAIN						
	Set		Nominal			
	Magnitude	Phase	Magnitude	Phase		
HRD	1.02	-0.97	1 +/- .1	0 +/- 5		
HRM	1.01	-0.98	1 +/- .1	0 +/- 5		
Temperature at time of calibration:		-2246.89	degC			

Figura A.27) Presentación de la calibración Maestra

- Baker hugues

HDIL PRIMARY CALIBRATION SUMMARY

TOOL #: 1515MA 10581773

DATE/TIME PERFORMED: Tue May 5 13:34:25 2009

UNIT #: 5753XD 10453074

GRCOND ID & DATE: 18 083096

ZERO DATA(mv)	10 KHz	30 KHz	50 KHz	70 KHz	90 KHz	110 KHz	130 KHz	150 KHz
Coil 0 R	-0.001 -0.200 0.200	-0.001 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	-0.002 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100
Coil 0 Q	0.007 -1.000 1.000	0.012 -0.200 0.200	0.002 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100
Coil 1 R	0.003 -0.200 0.200	0.004 -0.100 0.100	0.006 -0.100 0.100	0.005 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.003 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100
Coil 1 Q	-0.002 -1.000 1.000	0.001 -0.200 0.200	0.000 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100
Coil 2 R	-0.001 -0.200 0.200	0.001 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100	0.008 -0.100 0.100
Coil 2 Q	-0.008 -1.000 1.000	-0.007 -0.200 0.200	-0.001 -0.100 0.100	-0.002 -0.100 0.100	-0.008 -0.100 0.100	-0.008 -0.100 0.100	-0.006 -0.100 0.100	-0.004 -0.100 0.100
Coil 3 R	0.011 -0.100 0.100	0.009 -0.100 0.100	0.011 -0.100 0.100	0.010 -0.100 0.100	0.010 -0.100 0.100	0.003 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100
Coil 3 Q	-0.009 -0.500 0.500	-0.010 -0.200 0.200	-0.004 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	0.003 -0.100 0.100	-0.002 -0.100 0.100	-0.005 -0.100 0.100
Coil 4 R	-0.005 -0.200 0.200	0.004 -0.200 0.200	0.003 -0.200 0.200	0.001 -0.200 0.200	0.001 -0.200 0.200	-0.003 -0.200 0.200	0.000 -0.200 0.200	0.003 -0.200 0.200
Coil 4 Q	-0.012 -1.000 1.000	-0.000 -0.400 0.400	0.000 -0.200 0.200	0.003 -0.200 0.200	-0.003 -0.200 0.200	-0.001 -0.200 0.200	-0.001 -0.200 0.200	-0.002 -0.200 0.200
Coil 5 R	-0.013 -0.400 0.400	0.013 -0.400 0.400	0.010 -0.400 0.400	0.009 -0.400 0.400	0.012 -0.400 0.400	-0.008 -0.400 0.400	-0.013 -0.400 0.400	-0.015 -0.400 0.400
Coil 5 Q	-0.005 -2.000 2.000	0.006 -0.800 0.800	-0.005 -0.400 0.400	0.004 -0.400 0.400	0.008 -0.400 0.400	0.002 -0.400 0.400	0.007 -0.400 0.400	-0.001 -0.400 0.400
Coil 6 R	-0.000 -1.000 1.000	-0.010 -1.000 1.000	0.004 -1.000 1.000	-0.009 -1.000 1.000	0.004 -1.000 1.000	0.002 -1.000 1.000	-0.009 -1.000 1.000	-0.005 -1.000 1.000
Coil 6 Q	0.013 -5.000 5.000	0.003 -2.000 2.000	-0.018 -1.000 1.000	0.001 -1.000 1.000	0.016 -1.000 1.000	-0.009 -1.000 1.000	-0.013 -1.000 1.000	0.003 -1.000 1.000

Figura A.28) Presentación de la calibración Maestra

HDIL BEFORE LOG VERIFICATION SUMMARY

TOOL #: **1515MA 10581773** DATE/TIME PERFORMED: **Wed Jul 29 23:51:44 2009** DAYS SINCE CAL: **85**

UNIT #: **5753XD 10453075**

ZERO DATA(mv)	10 KHz	30 KHz	50 KHz	70 KHz	90 KHz	110 KHz	130 KHz	150 KHz
Coil 0 R	-0.004 -0.200 0.200	-0.000 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	-0.004 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	-0.002 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100
Coil 0 Q	0.007 -1.000 1.000	0.008 -0.200 0.200	0.003 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100
Coil 1 R	0.013 -0.200 0.200	0.014 -0.100 0.100	0.012 -0.100 0.100	0.012 -0.100 0.100	0.008 -0.100 0.100	0.005 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100	0.003 -0.100 0.100
Coil 1 Q	-0.004 -1.000 1.000	0.000 -0.200 0.200	-0.000 -0.100 0.100	0.005 -0.100 0.100	0.005 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100
Coil 2 R	-0.002 -0.200 0.200	0.003 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	-0.005 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100	-0.001 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100
Coil 2 Q	-0.003 -1.000 1.000	0.001 -0.200 0.200	0.003 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	-0.003 -0.100 0.100	-0.005 -0.100 0.100	-0.006 -0.100 0.100	-0.005 -0.100 0.100
Coil 3 R	0.005 -0.100 0.100	0.006 -0.100 0.100	0.006 -0.100 0.100	0.009 -0.100 0.100	0.005 -0.100 0.100	0.004 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100	0.000 -0.100 0.100
Coil 3 Q	-0.013 -0.500 0.500	-0.009 -0.200 0.200	-0.000 -0.100 0.100	0.002 -0.100 0.100	0.003 -0.100 0.100	0.007 -0.100 0.100	0.001 -0.100 0.100	-0.000 -0.100 0.100
Coil 4 R	-0.008 -0.200 0.200	-0.000 -0.200 0.200	0.009 -0.200 0.200	0.002 -0.200 0.200	-0.003 -0.200 0.200	0.006 -0.200 0.200	0.004 -0.200 0.200	0.007 -0.200 0.200
Coil 4 Q	-0.010 -1.000 1.000	0.002 -0.400 0.400	0.000 -0.200 0.200	0.006 -0.200 0.200	-0.001 -0.200 0.200	-0.003 -0.200 0.200	0.001 -0.200 0.200	-0.002 -0.200 0.200
Coil 5 R	-0.019 -0.400 0.400	0.013 -0.400 0.400	0.010 -0.400 0.400	0.015 -0.400 0.400	0.017 -0.400 0.400	0.000 -0.400 0.400	-0.001 -0.400 0.400	-0.008 -0.400 0.400
Coil 5 Q	-0.017 -2.000 2.000	-0.012 -0.800 0.800	0.002 -0.400 0.400	0.005 -0.400 0.400	0.015 -0.400 0.400	0.002 -0.400 0.400	0.007 -0.400 0.400	-0.001 -0.400 0.400
Coil 6 R	0.013 -1.000 1.000	0.019 -1.000 1.000	-0.001 -1.000 1.000	0.008 -1.000 1.000	0.009 -1.000 1.000	-0.011 -1.000 1.000	-0.010 -1.000 1.000	-0.020 -1.000 1.000
Coil 6 Q	-0.023 -5.000 5.000	-0.004 -2.000 2.000	0.008 -1.000 1.000	-0.002 -1.000 1.000	-0.019 -1.000 1.000	0.001 -1.000 1.000	-0.011 -1.000 1.000	-0.011 -1.000 1.000

Figura A.29) Presentación de la calibración antes de registrar

HDIL AFTER LOG VERIFICATION SUMMARY

TOOL #: 1515MA 10581773 DATE/TIME PERFORMED: Thu Jul 30 16:56:37 2009 DAYS SINCE CAL: 86

UNIT #: 5753XD 10453075

ZERO DATA(mv)	10 KHz	30 KHz	50 KHz	70 KHz	90 KHz	110 KHz	130 KHz	150 KHz
Coil 0 R	-0.001 <small>-0.084 0.076</small>	-0.000 <small>-0.060 0.060</small>	0.003 <small>-0.029 0.031</small>	-0.000 <small>-0.031 0.029</small>	-0.002 <small>-0.034 0.026</small>	0.001 <small>-0.031 0.029</small>	-0.001 <small>-0.032 0.028</small>	-0.002 <small>-0.033 0.027</small>
Coil 0 Q	0.007 <small>-0.033 0.047</small>	0.009 <small>-0.112 0.128</small>	0.003 <small>-0.027 0.033</small>	0.003 <small>-0.028 0.032</small>	0.002 <small>-0.028 0.032</small>	-0.001 <small>-0.029 0.031</small>	-0.001 <small>-0.031 0.029</small>	0.000 <small>-0.030 0.030</small>
Coil 1 R	0.012 <small>-0.067 0.093</small>	0.009 <small>-0.036 0.064</small>	0.006 <small>-0.018 0.042</small>	0.007 <small>-0.018 0.042</small>	0.004 <small>-0.022 0.038</small>	0.002 <small>-0.025 0.035</small>	0.002 <small>-0.026 0.034</small>	0.003 <small>-0.027 0.033</small>
Coil 1 Q	-0.002 <small>-0.404 0.396</small>	0.000 <small>-0.100 0.100</small>	0.001 <small>-0.030 0.030</small>	0.004 <small>-0.025 0.035</small>	0.003 <small>-0.025 0.035</small>	-0.000 <small>-0.028 0.032</small>	-0.001 <small>-0.031 0.029</small>	-0.003 <small>-0.033 0.027</small>
Coil 2 R	-0.003 <small>-0.072 0.068</small>	-0.001 <small>-0.027 0.033</small>	-0.001 <small>-0.029 0.031</small>	-0.001 <small>-0.035 0.025</small>	-0.000 <small>-0.033 0.027</small>	0.002 <small>-0.031 0.029</small>	0.005 <small>-0.028 0.032</small>	0.009 <small>-0.026 0.034</small>
Coil 2 Q	-0.000 <small>-0.353 0.347</small>	0.001 <small>-0.099 0.101</small>	-0.002 <small>-0.027 0.033</small>	-0.002 <small>-0.028 0.032</small>	-0.005 <small>-0.033 0.027</small>	-0.005 <small>-0.036 0.024</small>	-0.007 <small>-0.036 0.024</small>	-0.004 <small>-0.035 0.025</small>
Coil 3 R	0.007 <small>-0.035 0.045</small>	0.004 <small>-0.034 0.046</small>	0.003 <small>-0.034 0.046</small>	0.006 <small>-0.031 0.049</small>	0.009 <small>-0.035 0.045</small>	0.001 <small>-0.036 0.044</small>	-0.002 <small>-0.040 0.040</small>	-0.001 <small>-0.040 0.040</small>
Coil 3 Q	-0.005 <small>-0.213 0.187</small>	-0.008 <small>-0.089 0.071</small>	-0.002 <small>-0.040 0.040</small>	0.002 <small>-0.038 0.042</small>	0.006 <small>-0.037 0.043</small>	0.003 <small>-0.033 0.047</small>	-0.000 <small>-0.039 0.041</small>	-0.001 <small>-0.040 0.040</small>
Coil 4 R	-0.007 <small>-0.068 0.052</small>	0.001 <small>-0.060 0.060</small>	-0.003 <small>-0.051 0.069</small>	-0.002 <small>-0.058 0.062</small>	-0.002 <small>-0.063 0.057</small>	0.002 <small>-0.054 0.066</small>	-0.004 <small>-0.056 0.064</small>	0.002 <small>-0.053 0.067</small>
Coil 4 Q	0.002 <small>-0.310 0.290</small>	0.015 <small>-0.098 0.102</small>	0.001 <small>-0.060 0.060</small>	0.002 <small>-0.054 0.066</small>	-0.006 <small>-0.061 0.059</small>	-0.000 <small>-0.063 0.057</small>	-0.009 <small>-0.059 0.061</small>	-0.003 <small>-0.062 0.058</small>
Coil 5 R	-0.001 <small>-0.139 0.101</small>	-0.000 <small>-0.107 0.133</small>	0.004 <small>-0.110 0.130</small>	0.003 <small>-0.105 0.135</small>	-0.008 <small>-0.103 0.137</small>	-0.008 <small>-0.120 0.120</small>	-0.015 <small>-0.121 0.119</small>	-0.016 <small>-0.128 0.112</small>
Coil 5 Q	0.010 <small>-0.617 0.583</small>	0.006 <small>-0.262 0.238</small>	-0.000 <small>-0.118 0.122</small>	0.015 <small>-0.115 0.125</small>	0.020 <small>-0.105 0.135</small>	0.005 <small>-0.118 0.122</small>	-0.005 <small>-0.113 0.127</small>	0.000 <small>-0.121 0.119</small>
Coil 6 R	0.035 <small>-0.287 0.313</small>	0.010 <small>-0.281 0.319</small>	-0.043 <small>-0.301 0.299</small>	0.000 <small>-0.292 0.308</small>	-0.011 <small>-0.291 0.309</small>	-0.021 <small>-0.311 0.289</small>	-0.011 <small>-0.310 0.290</small>	0.007 <small>-0.320 0.280</small>
Coil 6 Q	0.009 <small>-1.523 1.477</small>	0.012 <small>-0.604 0.596</small>	0.012 <small>-0.292 0.308</small>	-0.009 <small>-0.302 0.298</small>	0.009 <small>-0.319 0.281</small>	-0.010 <small>-0.299 0.301</small>	-0.002 <small>-0.311 0.289</small>	-0.018 <small>-0.311 0.289</small>

Figura A.30) Presentación de la calibración después de registrar









Phase	Array Induction SPA Plus V	Value	Phase	Array Induction SPA Zero V	Value	
Master		0.8419	Master		-0.001857	
	0.7570 (Minimum)	0.8360 (Nominal)	0.9150 (Maximum)	-0.05000 (Minimum)	0 (Nominal)	0.05000 (Maximum)
Phase	Array Induction Temperature Plus V	Value	Phase	Array Induction Temperature Zero V	Value	
Master		0.9892	Master		-0.001068	
	0.8800 (Minimum)	0.9798 (Nominal)	1.076 (Maximum)	-0.05000 (Minimum)	0 (Nominal)	0.05000 (Maximum)
Phase	Array Induction Cal/Sig Plus V	Value	Phase	Array Induction Cal/Sig Zero V	Value	
Master		5.011	Master		-0.01676	
	4.500 (Minimum)	5.000 (Nominal)	5.500 (Maximum)	-0.05000 (Minimum)	0 (Nominal)	0.05000 (Maximum)
Phase	Array Induction Volt Plus V	Value	Phase	Array Induction Volt Zero V	Value	
Master		5.011	Master		-0.01676	
	4.500 (Minimum)	5.000 (Nominal)	5.500 (Maximum)	-0.05000 (Minimum)	0 (Nominal)	0.05000 (Maximum)

Figura A.31) Presentación de la calibración Maestra

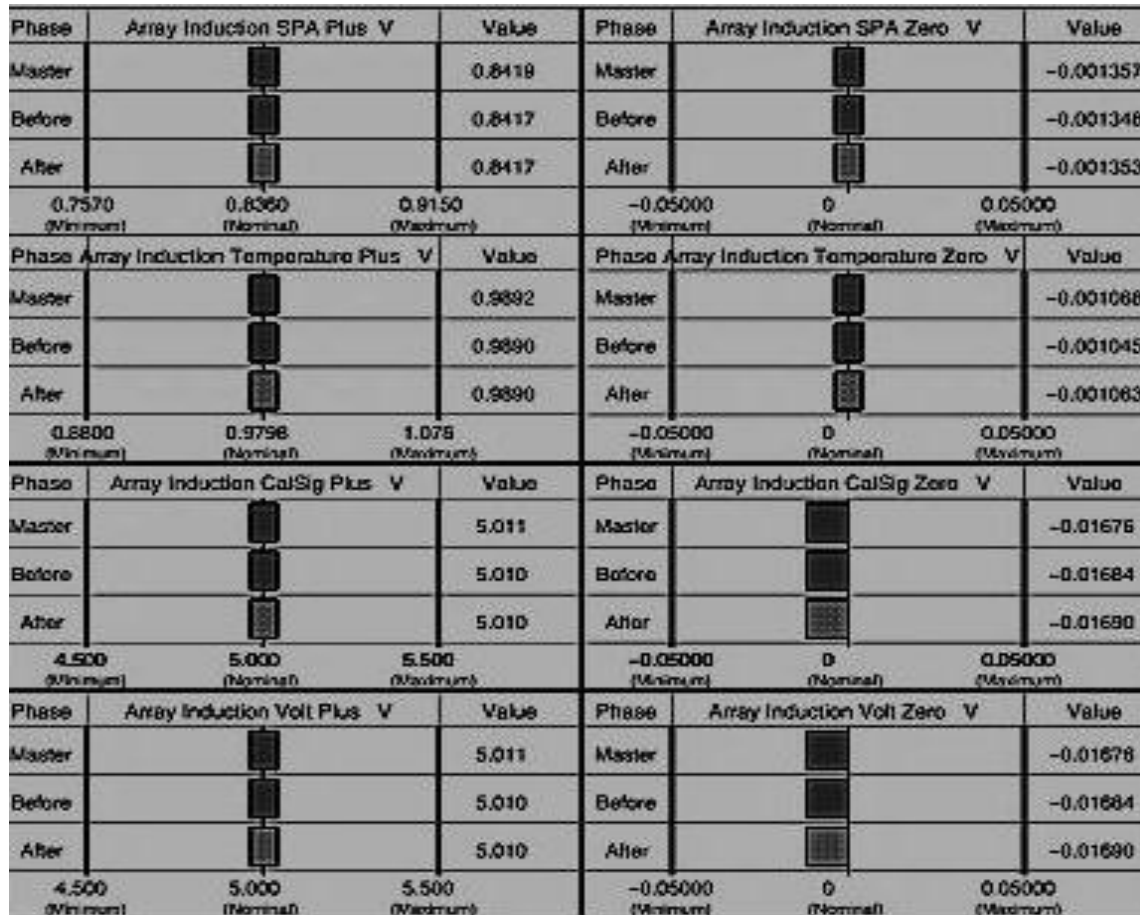


Figura A.32) Presentación de la calibración de campo

Conducción

- Halliburton

Measurement	Deep Measured	Deep Calibrated	Shallow Measured	Shallow Calibrated	Units
External Cal Point #1	1.05	1.04	1.02	1.00	ohmm
External Cal Point #2	119.48	119.47	99.72	99.63	ohmm
External Cal Point #3	1547.34	1541.79	1020.21	1019.96	ohmm
External Check Point	1544.83	1539.30	1020.16	1019.91	ohmm
Internal Reference	22.56	22.57	17.92	17.89	ohmm

Measurement	Deep Shop	Deep Field	Shallow Shop	Shallow Field	Units
Internal Reference	22.57	22.58	17.89	17.88	ohmm

PASS/FAIL SUMMARY			
Measurement	Difference	Tolerance	Pass/Fail
Internal Deep	0.00	+/- 0.8	Passed
Internal Shallow	0.01	+/- 0.8	Passed

Figura A.33) Presentación de la calibración Maestra

Measurement	Deep Field	Deep Post	Shallow Field	Shallow Post	Units
Internal Reference	22.58	22.58	17.88	17.88	ohmm

PASS/FAIL SUMMARY				
Measurement	Difference	Tolerance	Pass/Fail	
Internal Deep	0.00	+/- 0.8	Passed	
Internal Shallow	0.00	+/- 0.8	Passed	

Figura A.34) Presentación de la calibración de Campo

- Schlumberger

DUAL LATEROLOG - E Wellsite Calibration					
DLT ELECTRONICS CALIBRATION Laterolog Measurement					
Phase	MEASURED LLD OHMM	Value	Phase	MEASURED ULS OHMM	Value
Before		31.69	Before		31.96
After		31.72	After		31.57
	29.00 (Minimum) 31.62 (Nominal) 40.00 (Maximum)			29.00 (Minimum) 31.62 (Nominal) 40.00 (Maximum)	
Before: 22-Sep-2004 14:05			After: 22-Sep-2004 15:42		

DUAL LATEROLOG - E Wellsite Calibration								
DLT Electronics Calibration Plus Measurement								
Phase	Deep Current Plus UA	Value	Phase	Deep Voltage Plus MV	Value	Phase	Groningen Voltage Plus MV	Value
Before		342.3	Before		10.85	Before		11.04
After		342.1	After		10.85	After		11.03
	317.5 (Minimum) 342.5 (Nominal) 367.5 (Maximum)			9.830 (Minimum) 10.83 (Nominal) 11.83 (Maximum)			9.830 (Minimum) 10.83 (Nominal) 11.83 (Maximum)	
Phase	Shallow Current Plus UA	Value	Phase	Shallow Voltage Plus MV	Value			
Before		342.8	Before		10.82			
After		342.8	After		10.82			
	317.5 (Minimum) 342.5 (Nominal) 367.5 (Maximum)			9.830 (Minimum) 10.83 (Nominal) 11.83 (Maximum)				

DUAL LATEROLOG - E Wellsite Calibration								
DLT Electronics Calibration Zero Measurement								
Phase	Deep Current Zero UA	Value	Phase	Deep Voltage Zero MV	Value	Phase	Groningen Voltage Zero MV	Value
Before		-0.08523	Before		-0.003849	Before		-0.003849
After		-0.04293	After		0	After		0.003849
	-1.000 (Minimum) 0 (Nominal) 1.000 (Maximum)			-0.1000 (Minimum) 0 (Nominal) 0.1000 (Maximum)			-1.000 (Minimum) 0 (Nominal) 0.1000 (Maximum)	
Phase	Shallow Current Zero UA	Value	Phase	Shallow Voltage Zero MV	Value			
Before		-0.04209	Before		-0.01155			
After		-0.08444	After		-0.01539			
	-1.000 (Minimum) 0 (Nominal) 1.000 (Maximum)			-0.1000 (Minimum) 0 (Nominal) 0.1000 (Maximum)				

Figura A.35) Presentación de la calibración de Campo

REGISTROS MECANICOS Caliper

- Weatherford

Caliper Calibration MPD-C.J 320			Base Calibration on 02-MAR-2012 20:33
			Field Calibration on 03-MAR-2012 00:12
Base Calibration			
Reading No	Measured	Calibrator Size (in)	
1	24656	5.97	
2	33415	7.96	
3	41599	9.85	
4	50784	11.88	
5	0	0.00	
6	N/A	N/A	
Field Calibration			
	Measured Caliper (in)	Actual Caliper (in)	
	7.06	7.03	

Figura a.1) Presentación de la calibración antes de registrar

Caliper Check MPD-C.J 320		Field Calibration on 03-MAR-2012 00:12
		After Survey Check on 03-MAR-2012 04:59
	Before (in)	After (in)
	7.03	6.97

Figura A.36) Presentación de la calibración después de registrar

- Halliburton

CALIPERS AND RINGS				
Caliper	Large 15.000 in	Small 7.000 in	Units	
CALIPER 1-3-5				
Measured	14.966	7.052		
Calibrated	15.800	7.000	in	
CALIPER 2-4-6				
Measured	15.140	7.164	in	
Calibrated	15.000	7.000	in	
TOLERANCE CHECK				
Measurement	Difference	Tolerance	Pass/Fail	Units
Caliper 1-3-5 Large	0.000	0.250	Passed	in
Caliper 1-3-5 Small	-0.050	0.250	Passed	in
Caliper 2-4-6 Large	-0.140	0.250	Passed	in
Caliper 2-4-6 Small	-0.160	0.250	Passed	in
PRESSURE PAD				
	Measured	Calibrated		
Closed	0.001	0.000		
Opened	1.003	1.000		

Figura A.37) Presentación de la calibración maestra.

CALIPERS AND RINGS					
Caliper	Shop	Field	Difference	Tolerance	Units
Caliper 1-3-5	7.000	6.998	0.002	0.250	in
Caliper 2-4-6	7.000	7.042	-0.042	0.250	in
PASS/FAIL SUMMARY					
Ring Check					Passed

Figura A.38) Presentación de la calibración antes de registrar

CALIPERS AND RINGS						
Caliper	Field	Post	Difference	Tolerance	Units	
Caliper 1-3-5	6.998	7.016	-0.018	0.250	in	
Caliper 2-4-6	7.042	7.055	-0.013	0.250	in	

PASS/FAIL SUMMARY	
Ring Check	Passed

Figura A.39) Presentación de la calibración después de registrar

- Baker Hugues

CAL PRIMARY CALIBRATION SUMMARY						
TOOL #:	2234XA 10457599		DATE/TIME PERFORMED:	Wed Jun 24 16:16:39 2009		
	UNIT #:		5753XD 10429089			
	SMALL RING	LARGE RING	MULT	ADD	SMALL RING	LARGE RING
					(In)	(In)
CALIPER	2070.8	2979.2	0.00784	-8.36724	7.875	15.000

Figura A.40) Presentación de la calibración maestra.

CAL BEFORE LOG VERIFICATION SUMMARY							
TOOL #:	2234XA 10457599		DATE/TIME PERFORMED:	Thu Jul 30 21:37:56 2009		DAYS SINCE CAL:	36
	UNIT #:		5753XD 10453075				
	I.D.	MULT	ADD	I.D.			
				(In)			
CALIPER	2150.0	0.00784	-8.23844	8.625			

Figura A.41) Presentación de la calibración antes de registrar

CAL AFTER LOG VERIFICATION SUMMARY							
TOOL #:	2234XA 10457599		DATE/TIME PERFORMED:	Thu Jul 30 23:25:51 2009		DAYS SINCE CAL:	36
	UNIT #:		5753XD 10453075				
	I.D.	MULT	ADD	I.D.			
				(In)			
CALIPER	2195.6	0.00784	-8.23844	8.983			
				8.125	9.125		

Figura A.42) Presentación de la calibración después de registrar

- Schlumberger



Caliper Calibration					
Phase	CALIPER Small Ring IN	Value	Phase	CALIPER Large Ring IN	Value
Before		7.776	Before		12.28
	4.000 (Minimum)			9.500 (Minimum)	
	8.000 (Nominal)			12.00 (Nominal)	
	9.000 (Maximum)			15.00 (Maximum)	

Figura A.43) Presentación de la calibración antes de registrar



Caliper Downhole Calibration		
Phase	CALIPER Downhole IN	Value
Before		16.34
After		16.37
	14.71 (Minimum)	
	16.34 (Nominal)	
	17.97 (Maximum)	

Figura A.44) Presentación de la calibración después de registrar

ANEXO B

CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS EN BASE A SU PRINCIPIO DE MEDICIÓN DE LAS 4 COMPAÑÍAS PRINCIPALES DEDICADAS A REGISTROS EN (Wheaterford, Schlumberger, Halliburton, Baker Hughes)

- **CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE BAKER HUGHES**

REGISTROS DE CORRELACIÓN		
POTENCIAL ESPONTANEO	RAYOS GAMMA	ESPECTROSCOPIA DE RAYOS GAMMA
(ISSB) Isolation Sub - Spontaneous Potential (SP) Spontaneous Potential	(GR) Gamma Ray	(DSL) Spectral Gamma Ray

REGISTROS DE POROSIDAD		
SÓNICO	DENSIDAD	NEUTRÓN
(AC) BHC Acoustilog (DAC) Digital Array Acoustilog (DAL) Digital Acoustilog (MAC) Multipole Array Acoustilog (MAC2) Multipole Array Acoustilog (STAR) Simultaneous Acoustic and Resistivity Imager (XMAC) Cross-Multipole Array Acoustilog (APX) Accoustic Porosity Explorer (SDTK) Acoustic	(CDL) Compensated Density Log (ORD) Compensated Bulk Density	(CN) Compensated Neutron Log

REGISTROS DE RESISTIVIDAD		
INDUCCIÓN	CONDUCCIÓN	MICRO
(3DEX) 3D Induction Logging Service (DIFL) Dual Induction Focused Log (DPIL) Dual Phase Induction Log (HDIL_BA) High-Definition Induction Log	(DLL) Dual Laterolog	(ML) Minilog (MLL) Micro Laterolog (MSL) Micro Spherical Laterolog

REGISTROS MECÁNICOS	
CALIPER	ECHADOS
(CAL) Caliper	(DIP) High Resolution 4-Arm Diplog
(ICAL) Imaging Caliper	(HDIP) Hexagonal Diplog

- **CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SCHLUMBERGER**

REGISTROS DE CORRELACIÓN		
POTENCIAL ESPONTANEO	RAYOS GAMMA	ESPECTROSCOPIA DE RAYOS GAMMA
(BSP) Bridle Spontaneous Potential	(DGR) Dual Gamma Ray	(AGS) Aluminium Gamma Ray Spectroscopy Sonde
(SP) Spontaneous Potential	(FGT) Formation Gamma Gamma	(ECS) Elemental Capture Spectroscopy Sonde
(SPE) SP Extender	(GFA) Formation Tester Gamma Ray Detector	(GRST) Gamma Ray Spectrometry Tool
	(GFT) Formation Tester Gamma Ray	(HNGT) Hostile Natural Gamma Ray Spectrometry
	(GR) Gamma Ray	(NGT) Natural Gamma Ray Spectrometry
	(GRT) Gamma Ray Tool	
	(HSGT) Hostile Environment Gamma Ray	
	(NGS) Natural Gamma Ray Sonde	

REGISTROS DE POROSIDAD		
SÓNICO	DENSIDAD	NEUTRÓN
(DSL) Digitizing Sonic Logging		(CDN) Compensated Density Neutron
(DWST) Digital Waterform Sonic	HLDS) Hostile Litho-Density Sonde (HLDT) Hostile Environment Litho-Density	(CNL) Compensated Neutron Log
(HSLT HPHT) Digital Sonic Logging Tool (aka XSLT)		(CNT) Compensated Neutron Tool
(ISONIC LWD) Sonic	(LDS) Litho Density Sonde	(CNTS) Slim Compensated Neutron Tool
(LSS) Long Spaced Sonic	(LDT) Litho Density	(GNT) Gamma Neutron Tool
(SDT) Sonic Digital	(PGT) Compensated Density	PNT Sidewall Neutron Tool
(SLT) Borehole Compensated Sonic Logging Tool	(QLDT) Slim Xtreme Litho-Density Tool	
(SONVIS) SonicVISION	(SLDT) Slimhole Litho-Density	
(SSLT) Slim Array Sonic Logging Tool		

REGISTROS DE RESISTIVIDAD		
INDUCCIÓN	LATEROLOG	MICRO
(DIT) Dual Induction	(ALAT) Azimuthal Laterolog	(FMS) Formation Micro Scanner (MCFL) Micro-Cylindrically Focused Log
(HIT) Hostile Array Induction Tool (aka XAIT)	(DLT) Dual Laterolog	(MLT) Microlog
(IRT) Induction Resistivity Tool	(DST) Dual Laterolog with SRT (HALS) High Resolution Azimuthal Laterolog Sonde	(SMRT) Slim Micro Resistivity Tool
(SAIT) Slimhole Array Induction		

R E G I S T R O S M E C Á N I C O S	
CALIPER	ECHADOS
CALI Generalized Caliper QSCS Slimhole Power Caliper Sonde	DSI Dipole Shear Sonic Imager DSST Dipole Shear Sonic Imager GPIT General Purpose Inclinometry Tool HDT High Resolution Dipmeter OBDT Oil Base Mud Dipmeter PERI Periscope SHDT Stratigraphic High Resolution Dipmeter Tool

- **CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE WEATHERFORD**

R E G I S T R O S D E C O R R E L A C I Ó N		
POTENCIAL ESPONTANEO	RAYOS GAMMA	ESPECTROSCOPIA DE RAYOS GAMMA
SP Spontaneous Potential	GR Gamma Ray HAGR High Temperature Azimuthal Gamma Ray MCG Compact Gamma MGS Auxiliary Gamma Sub SGR Spectral Gamma Ray UGR Universal Gamma Ray	SAGR Spectral Azimuthal Gamma Ray SGS-C Spectral Gamma Sonde

R E G I S T R O S D E P O R O S I D A D		
SÓNICO	DENSIDAD	NEUTRÓN
BCS Borehole Compensated Sonic DAR Digital Acoustic Tool HBC High Resolution Borehole Compensated Sonic Log MSS Compact Sonic Sonde SST Shock Wave Sonic Tool	AZD Azimuthal Density CDT Compensated Density MDA Monopole Dipole Acoustic MPD Compact PhotoDensity SPED Spectral Pe Density	CNS Compensated Neutron Service CNT Compensated Neutron Tool GRN Gamma Ray Neutron MAN Multi Array Neutron MDN Compact Dual Neutron NTT Single Detector Neutron TNP Thermal Neutron Porosity

REGISTROS DE RESISTIVIDAD		
INDUCCIÓN	LATEROLOG	MICRO
IEL Induction Electrolog	DLL Dual Laterolog Log	HMI High Resolution Micro Imager
MAI Compact Array Induction		MEL Micro Electric Log
MFR Multi Frequency Resistivity	MDL_R Compact Dual Laterolog	
MRT-P Micro Resistivity Tool	Sonde	MMR Compact Microlaterolog
STI Simultaneous Triple Induction		MRT400 Micro Resistivity Tool
		MSFL Micro-Spherically Focused Log

REGISTROS MECANICOS	
CALIPER	ECHADOS
CAL Caliper	FED Four Electrode Dipmeter
CALI Generalized Caliper	IDS Integrated Directional Sonde
FCAL Single Axis Caliper	SED Six Arm Dipmeter Survey
MTC Compact Two Arm Caliper	

- **CLASIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE HALLIBURTON**

REGISTROS DE CORRELACIÓN		
SP	GR	SGR
SP Spontaneous Potential	Gamma Ray Gamma Ray Tool At-Bit Gamma Ray Azimuthal Gamma Ray Dual Gamma Ray Gamma Module Natural Gamma Probe Pressure Case Gamma	Compensated Spectral Natural Gamma Ray Spectral Density Log Spectral Gamma Ray

REGISTROS DE POROSIDAD		
SÓNICO	DENSIDAD	NEUTRÓN
Circumferential Acoustic Scanning Full Wave Sonic Long Spaced Sonic WaveSonic Dipole Bi-Modal Acoustic Tool AcoustiCaliper	Azimuthal Stabilized Litho Density Compensated Density Log Simultaneous Formation Density Stabilized Litho Density	Compensated Neutron Porosity Compensated Thermal Neutron Smoothed Neutron Porosity

REGISTROS DE RESISTIVIDAD		
INDUCCIÓN	LATEROLOG	MICRO
High Resolution Induction (includes HRAI) Dual Induction Log Hostile Dual Induction	Dual Laterolog Laterolog 3	Electrical Micro Imaging Microlog Micro-Spherically Focused Log

REGISTROS MECÁNICOS	
CALIPER	ECHADOS
Four Independent Arm Caliper Multi-Arm Caliper Tool Pinger Caliper (Mounted on ALD) XY Caliper Log AcoustiCaliper	Magnetic Resonance Imaging Log Magnetic Resonance Image Logging

They, P., 2009, Log data acquisition and quality control, Editions Technip, segunda edición, Paris.

They, P., 2011, Quest for Quality Data, Editions Technip, primera edición, Paris.

Schlumberger, 2011, Manual de Control de calidad.

Mousalli V., 2011, Procedimientos técnicos en la evaluación de yacimientos.

Cordova A., 1985, Control de Calidad de los Registros Efectuados con CSU, Schlumberger.

PEMEX, 2005, Procedimientos Técnicos Para Certificar los Datos Analógicos y Digitales de los Registros Geofísicos de pozos.

Halliburton, 2003, Manual de Procedimientos técnicos de Wireline and Perforating

Jimenez J., 2011, Descripción de una Herramienta de Registros Geofísicos llamada NDT-BA, Universidad Veracruzana, Poza Rica.

Schlumberger, 2011, Wireline Log Quality Control Reference Manual.

Ramos H., Zinat D., 2011, 65 aniversario de los registros geofísicos en México.

Páginas de Internet

[http://es.scribd.com/doc/37659621/MANUALINTERP-REGISTROS\(2012\)](http://es.scribd.com/doc/37659621/MANUALINTERP-REGISTROS(2012))

[http://es.scribd.com/doc/42974674/RegistroBasico\(2012\)](http://es.scribd.com/doc/42974674/RegistroBasico(2012))