



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (Measurement While Drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI (Trabajo Estructurado de Manera Independiente), presentado previo la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Soria Amán Ana Jeanneth

TUTOR: Ing. Mg. Edwin Rodrigo Morales Perrazo

Ambato - Ecuador

Agosto 2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (Measurement While Drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana, de la señorita Ana Jeanneth Soria Amán, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para obtener el título terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato agosto 30, 2013

EL TUTOR

Ing. Mg. Edwin Rodrigo Morales Perrazo

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (Measurement While Drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato agosto 30, 2013

Ana Jeanneth Soria Amán
CC: 180400571-6

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Giovanni Brito e Ing. Jorge Sanchez, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (Measurement While Drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana, presentado por la señorita Ana Jeanneth Soria Amán de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mg. Edison Homero Alvarez Mayorga
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Giovanni Danilo Brito Moncayo
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Jorge David Sanchez Robles
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a aquella persona que estuvo siempre conmigo, que con abnegación y entrega me educó y me formó.

Para esa persona que con esfuerzo y sacrificio me enseñó los secretos y el valor de la vida.

Para mi compañera de desvelos y madrugadas, quien estuvo ahí en mis caídas y en mis logros.

Este objetivo cumplido es para ti Mami, mi mejor amiga, porque hoy al igual que siempre se que crees en mí.

Ana

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Padre Dios por todas las bendiciones recibidas durante mi vida, su sabiduría y guía han hecho que hoy me encuentre aquí.

A mi familia que siempre me ha apoyado y que a cada segundo me demostraron su amor incondicional.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a mi Facultad que espero siga creciendo y mejorando para que gane mayor reconocimiento y prestigio.

A aquellos buenos profesores que compartieron sus conocimientos y ayudaron a materializar este sueño.

A mi tutor Ing. Edwin Morales quien colaboró de manera excelente para poder llevar a cabo este proyecto

A mis compañeros, con quienes compartimos en las aulas: horas de clases interminables, deberes casi imposibles, malas noches, pero también alegrías y objetivos alcanzados.

A esa persona especial que me acompañó en casi toda mi carrera apoyándome y ayudándome a levantar... Joao.

Sin duda agradezco a la empresa Weatherford Ecuador de manera especial a la línea Drilling Services por abrirme las puertas para desarrollar mi trabajo de investigación, y para empezar también de excelente manera mi vida laboral, por este motivo agradezco de sobre manera a personas como el Ing. Jorge Andachi, Ing. Diego Friere, a mi tutor empresarial Ing. Diego Rodriguez, al Ing. Paul Estrada, Ing. Angel Vaca y a compañeros que compartieron sus conocimientos y su tiempo como Jennifer Mckee, Johana Aldaz, Carlos Chungandro y Tito Guanga para explicarme de forma sencilla lo complejo de este nuevo reto.

Muchas Gracias a todos.

Ana Jeanneth Soria Amán

Indice de Contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA.....	ii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
Resumen Ejecutivo	xiv
Introducción	xv
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Árbol del Problema.....	3
1.2.3 Análisis Crítico.....	3
1.2.4 Prognosis.....	4
1.2.5 Formulación del Problema.....	5
1.2.6 Preguntas Directrices.....	5
1.2.7 Delimitación.....	5
1.3 Justificación	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes Investigativos	9
2.2 Fundamentación Legal.....	9
2.3 Categorías Fundamentales	11
2.3.1 Gráfica de Inclusión de la Variable Independiente	12
2.3.2 Gráfica de Inclusión de la Variable Dependiente	12
2.3.3 Diagrama de la Variable Independiente.....	13

2.3.4	Diagrama de la Variable Dependiente	13
2.4	Marco Teórico.....	14
2.4.1	Gestión de Calidad.....	14
2.4.2	Control de Calidad	14
2.4.3	Mejoramiento de la Calidad	15
2.4.4	API.....	16
2.4.5	Weatherford & Quality, Health, Safety and the Environment.....	16
2.4.6	Enterprise Excellence Process.....	17
2.4.7	Perforación Direccional	18
2.4.8	Mantenimiento.....	18
2.4.9	MWD (Measurment While Drilling).....	19
2.4.10	Componentes de la Herramienta MWD (Hyper Pulse)	19
2.4.11	Métodos de Adquisición de Datos.....	20
2.4.12	Proceso de Medición en Tiempo Real	20
2.4.13	Métodos de telemetría en tiempo real	21
2.4.14	Telemetría de Pulsos de Lodo.....	21
2.4.15	Telemetría de Pulsos Positivos	21
2.4.16	Survey	22
2.4.17	Inclinación	22
2.4.18	Dirección	23
2.5	Hipótesis	24
CAPÍTULO III.....		25
MARCO METODOLÓGICO.....		25
3.1	Enfoque.....	25
3.2	Modalidad Básica de Investigación	25
3.2.1	Bibliográfica o Documental	25
3.2.2	De Campo	25
3.2.3	Aplicada	26
3.3	Tipo o Nivel de Investigación.....	26
3.4	Población y Muestra	26
3.5	Métodos y Técnicas de la Investigación	27
3.6	Operacionalización de las Variables.....	28
3.7	Recolección de la Información	30

3.8 Procesamiento de la Información y Análisis e Interpretación de Resultados.
31

CAPÍTULO IV	32
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	32
4.1 ENCUESTA	32
4.2 ENTREVISTA	40
CAPÍTULO V	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1 Conclusiones	47
5.2 Recomendaciones	48
CAPÍTULO VI	49
PROPUESTA	49
6.1 Datos Informativos	49
6.2 Antecedentes de la Propuesta	50
6.3 Justificación de la Propuesta	52
6.4 Objetivos	53
6.4.1 Objetivo General	53
6.4.2 Objetivos Específicos	53
6.5 Análisis de Factibilidad	54
6.5.1 Factibilidad Técnica	54
6.5.2 Factibilidad Económica	54
6.5.3 Factibilidad Bibliográfica	55
6.6 Fundamentación	55
6.6.1 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	55
6.6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO PARA LA HERRAMIENTA HYPERPULSE DEL SISTEMA MWD	64
6.6.3 PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA HYPERPULSE (G4, CMS, PULSER)	70
6.6.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	117
6.6.5 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA HYPER PULSE	129
6.7 PRESUPUESTO:	135
6.8 CONCLUSIONES	137
6.9 RECOMENDACIONES	138

BIBLIOGRAFÍA	139
LINKOGRAFIA	141
INDICE DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
ANEXOS	143
ANEXO N° 1 ENCUESTA	143
ANEXO N° 2 ENTREVISTA	146
ANEXO N° 3 ESPECIFICACIONES	149
ANEXO N° 4 CONFIGURACIONES DE FONDO DEL SISTEMA HYPERPULSE	150

Indice de Figuras

<i>Figura Nª 1.1</i> Árbol del problema.....	3
<i>Figura Nª. 2.3</i> Diagrama de la variable independiente.....	13
<i>Figura Nª 2.5</i> Perforación Direccional.....	18
<i>Figura Nª 2.6</i> Componentes de la Herramienta MWD.....	19
<i>Figura Nª 2.7</i> Telemetría de Pulsos Positivos.....	22
<i>Figura Nª 2.8</i> Parámetros Direccionales de un Pozo.....	23
<i>Figura 4.1</i> Resultado Gráfico, Pregunta 1.....	33
<i>Figura 4.4</i> Resultado Gráfico, Pregunta 4.....	36
<i>Figura 4.5</i> Resultado Gráfico, Pregunta 5.....	37
<i>Figura 4.6</i> Resultado Gráfico, Pregunta 6.....	38
<i>Figura 4.8</i> Resultado Gráfico, Pregunta 8.....	40
<i>Figura 4.9</i> Resultado Gráfico, Pregunta #2 de la Entrevista.....	42
<i>Figura Nª 6.1</i> Ubicación Geográfica de la Base 1 de Operaciones de Weatherford Ecuador.....	51
<i>Figura Nª 6.2</i> Sistema MWD.....	56
<i>Figura Nª 6.3</i> Si Descripción del sistema MWD.....	58

Figura N^a 6.6 Acelerómetro de Quartz - Hinged	62
Figura N^a 6.7 Magnetómetros	63
Figura N^a 6.6.2 Kit de Comunicación	65
Figura N^a 6.6.3 EM & EM/PP Test	65
Figura N^a 6.6.4 Centering Sleeve Test Box	66
Figura N^a 6.6.5 CMS Resistance Test	66
Figura N^a 6.6.6 Plataforma para Wet Test	67
Figura N^a 6.6.7 Fuente de poder AC/DC y Multímetro	67
Figura N^a 6.6.8 Barrier Box	67
Figura N^a 6.6.9 Celdas de baterías de Litio	68
Figura N^a 6.6.10 Battery Tester	68
Figura N^a 6.6.11 EE & PP Tool Comms (Software)	68
Figura N^a 6.6.12 Mesas de Trabajo	69
Figura N^a 6.6.13 O-Rings y Back-up Rings de todas las medidas	69
Figura N^a 6.6.14 Finger Extension	69
Figura N^a 6.6.15 Grasa Dow Corning 111, 5.3 oz	70
Figura N^a 6.6.17 Racks Debidamente señalizados de acuerdo al status de las herramientas	71
Figura N^a 6.6.3.1.1 a) Limpieza de herramienta G4	73
Figura N^a 6.6.3.1.1 f) Inspección de rosca en el Upper Fiting	74
Figura N^a 6.6.3.1.1 g) Inspección de carcasa en la herramienta G4	75
Figura N^a 6.6.3.1.1 h) Jeringa con grasa DC y non-shrink tubing	75
Figura N^a 6.6.3.1.1 k) Aplicación de segunda capa de grada en el pin de la CDS	76
Figura N^a 6.6.3.1.1 l) Marcas pares en la G4	77
Figura N^a 6.6.3.1.1 m) y n) Conector de la BTR	77
Figura N^a 6.6.3.1.1 o) Inspección del battery key	78
Figura N^a 6.6.3.1.1 p) Voltaje de funcionamiento	78
Figura N^a 6.6.3.1.1 q) Medición de resistencia	79

<i>Figura N^a 6.6.3.1.1 r)</i> Forma de conexión.	79
<i>Figura N^a 6.6.3.1.1 s)</i> Herramienta G4 con orientación magnética.	80
<i>Figura N^a 6.6.3.1.2 a)</i> Pantalla EM & PP Tool Coms.	81
<i>Figura N^a 6.6.3.1.2 b)</i> Marca en la cara alta.	81
<i>Figura N^a 6.6.3.1.2 c)</i> Reporte de Roll Test.	82
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 a)</i> Protector Cap en CMS.	84
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 b)</i> Protector Cap en tándem de la CMS.	84
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 c)</i> Limpieza de CMS.	85
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 d)</i> Desensamble de CMS.	85
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 e)</i> Tándem de CMS.	86
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 f)</i> Marcas en la CMS.	87
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 k) y l)</i> Inspección de daños en las ranuras de castillo.	89
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 m)</i> Cepillo para verificar daños.	89
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 n)</i> Aplicación de grasa en el cepillo.	90
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 o)</i> Limpieza del conector de 11 pines.	90
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 p)</i> Conexión de equipos.	91
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 q)</i> Pantalla EM & PP Tool Coms.	92
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 q)</i> Pantalla EM & PP Tool Coms (CMS).	92
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 r)</i> Pantalla EM & PP Tool Coms (Driver).	94
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 s)</i> Pantalla O-Par.	95
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 t)</i> Pantalla POPO Properties.	95
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 u)</i> Pantalla EM & PP Tool Coms Serial I/O.	96
<i>Figura N^a 6.6.3.2.1 w)</i> Prueba de encendido.	97
<i>Figura N^a 6.6.3.2.2 d)</i> Enroscar el protector Cap del tándem en la CMS.	99
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 a)</i> Separación de la cubierta de la Main Valve.	101
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 b)</i> Remover el orificio de retención.	102
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 c)</i> Insertar la cubierta del pistón.	102
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 d)</i> Colocación del seal ring.	103
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1e) y f)</i> Colocación del split ring.	104
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1g)</i> Colocación del seal ring en la control valve.	104
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1h)</i> Colocación del split ring en la control valve.	105
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 i)</i> Enroscado de cubiertas.	105
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 j)</i> Enroscado con el pulser.	106

<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 n)</i> Conexión de cables a la interfaz.	108
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 p)</i> Montaje de la caja de comunicación universal.	109
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 q)</i> Ajuste del regulador neumático.	110
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 r)</i> Pantalla Tool I/O.	111
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 s)</i> Pantalla Tool Communications.	112
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 t)</i> Pantalla Tool Communications Driver.	113
<i>Figura N^a 6.6.3.3.1 u)</i> Pantalla Tool Communications Controller.	114
<i>Figura N^a 6.6.3.3.2 a)</i> Regulador neumático.	115
<i>Figura N^a 6.6.3.3.2 b)</i> Verificación de fuga.	116
<i>Figura N^a 6.6.3.3.3 a)</i> Prueba de umbral.	117
<i>Figura N^a 6.6.3.3.3 b)</i> Prueba de umbral con presión.	118
<i>Figura N^a 6.6.3.3.3 c) y d)</i> Ausencia de pulsos.	119
<i>Figura N^a 6.6.3.3.3 d)</i> Ejemplo de pulso.	119
<i>Figura N^a 6.6.3.3.3 d)</i> Reporte de Pulsos.	120
<i>Figura N^a 6.8</i> Sistema de Coordenadas Geográficas.	124
<i>Figura N^a 6.10</i> Norte Verdadero, Magnético y de Grilla o Mapa.	127
<i>Figura N^a 6.11</i> Declinación Magnética.	128
<i>Figura N^a 6.12</i> Variación secular.	130
<i>Figura N^a 6.13</i> Cambios del Campo Magnético de la Tierra.	131
<i>Figura N^a 6.14</i> Interferencia Magnética.	133
<i>Figura N^a 6.15</i> Aplicaciones de la perforación direccional.	135
<i>Figura N^a 6.16</i> Tipos de telemetría por pulsos de lodo.	137
<i>Figura N^a 6.17</i> Telemetría por pulsos de lodo.	138
<i>Figura N^a 6.18</i> Telemetría por pulsos de lodo positivo.	139

Indice de Tablas

<i>Tabla N^a 3.1</i> Población y Muestra.	27
<i>Tabla 3.2</i> Operacionalización de la Variable Independiente.	28
<i>Tabla 3.3</i> Operacionalización de la Variable Dependiente.	29
<i>Tabla 3.4</i> Plan de recolección de información.	30
<i>Tabla 4.1</i> Resultado Porcentual, Pregunta 1.	32
<i>Tabla 4.2</i> Resultado Porcentual, Pregunta 2.	33

Tabla 4.3 Resultado Porcentual, Pregunta 3	35
Tabla 4.4 Resultado Porcentual, Pregunta 4	36
Tabla 4.5 Resultado Porcentual, Pregunta 5	36
Tabla 4.6 Resultado Porcentual, Pregunta 6	37
Tabla 4.7 Resultado Porcentual, Pregunta 7	39
Tabla 4.8 Resultado Porcentual, Pregunta 8	40
Tabla 4.9 Resultado Porcentual, Pregunta #7 de la Entrevista.....	46
Tabla N^a 6.1 Desarrollo del sistema MWD.....	57
Tabla N^a 6.2 Rango permisible de error en los sensores	64
Tabla N^a 6.7.1 Presupuesto.	141

Resumen Ejecutivo

Mediante encuestas y entrevistas a los Técnicos de Reparación y Mantenimiento de la Empresa Weatherford South América y con las Autoridades de la línea Drilling Services se analizó el nivel de mantenimiento que están recibiendo las componentes de la herramienta Hyper pulse perteneciente al sistema Measurement While Drilling (MWD) y se reconoció la necesidad del desarrollo del proyecto ya que se detectaron falencias en los procesos, por lo que resulta beneficioso implementar un Laboratorio en el que se realice un correcto mantenimiento preventivo y a futuro calibración de las herramientas direccionales, con esto se eleva considerablemente el nivel de calidad en el funcionamiento ya en las aplicaciones en la perforación de pozos direccionales, se disminuye el tiempo requerido para las pruebas de correcto funcionamiento y por lo tanto se optimiza la operación que finalmente contribuye con ahorros económicos para la empresa.

Este trabajo de investigación busca Implementar un Laboratorio que cuente con los equipos necesarios y conjuntamente al elaborar instrucciones de trabajo o procedimientos a seguir más la capacitación al personal que realiza esta labor logre elevar el nivel de calidad del servicio direccional que brinda la línea al poder realizar el mantenimiento de la herramienta en la Base I en la ciudad de Francisco de Orellana y evitar el envío de las herramientas a otros países después de cada corrida en su desempeño en campo.

Esto se convierte en un avance para la línea en Ecuador, pues es el inicio de un gran paso, ya que a futuro se sugiere empezar a dar mantenimiento a herramientas Logging While Drilling (LWD), y también contar con la visión de implementar una zona de calibración de sensores.

Introducción

Durante las operaciones de perforación es preciso conocer la localización exacta del pozo para asegurar un adecuado posicionamiento del mismo dentro del objetivo establecido, para esto es necesario conocer los datos surveys (inclinación, dirección y profundidad medida) obtenidos por los sensores de las herramientas direccionales del sistema Measurement While Drilling, que previo a cada corrida debe ser sometida a procesos de mantenimiento y a pruebas de funcionamiento con el propósito de asegurar un adecuado desempeño en la operación en campo.

Por lo tanto en el desarrollo de esta investigación se detallarán procesos de mantenimiento y pruebas de funcionamiento de los componentes de la herramienta HyperPulse con el propósito de mejorar la calidad del funcionamiento en su posterior aplicación en pozos direccionales al proporcionar las mediciones en tiempo real de la ubicación del pozo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema

“Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (measurement while drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana”

1.2 Planteamiento del Problema

1.2.1 Contextualización

A nivel mundial la demanda de recursos petrolíferos está haciendo que esta industria busque yacimientos situados en locaciones cada vez más dificultosas. Las empresas contratistas de servicios aspiran que las prestadoras de estos posean herramientas con nuevas o mejores capacidades para no exponerse al riesgo de que una herramienta falle, por lo que la ejecución de pruebas previas a la corrida de la herramienta y el mantenimiento después de cada trabajo se ha convertido en un procedimiento esencial.

Hoy en día, la industria está dando el paso más importante para asegurar la calidad, mediante la ejecución de pruebas de integración de sistemas y la provisión de métodos de pruebas durante la perforación.

En los centros de pruebas de Latinoamérica se pueden ensayar las nuevas tecnologías de perforación, adquisición de registros y terminación de pozos, bajo condiciones reales en un ambiente controlado y confiable antes de su utilización en el campo.

Diversos tipos de pruebas se llevan a cabo en varios centros de toda la región, los resultados de interés particular son de las pruebas finales y de las mediciones de desempeño que se obtiene justo antes del despliegue en campo.

Weatherford Ecuador está interesada en probar las herramientas en condiciones que se asemejen lo mejor posible a las condiciones reales de campo. Siendo muy importante tanto para la empresa contratista como para Weatherford proveedora de servicios, la necesidad de comparar las pruebas realizadas con las tecnologías comprobadas previamente en condiciones similares.

Los resultados de la comparación son más precisos y confiables cuando las condiciones de las pruebas pueden ser controladas y monitoreadas bajo condiciones operativas idénticas, en lugar de intentar realizar extrapolaciones entre los diferentes campos o condiciones de pozos.

La falta de un laboratorio en la Base de operaciones en la ciudad del Coca donde se realicen pruebas de correcto funcionamiento de las herramientas para así garantizar niveles de confiabilidad y calidad en el trabajo de las mismas, y a su regreso un completo mantenimiento, donde a futuro se pueda realizar calibraciones es la principal preocupación de Weatherford, pues al tener un laboratorio totalmente equipado sumado al contar con personal capacitado para realizar fiablemente estas tareas, se optimizará en gran medida el tiempo, pues ya no será necesario enviar estas herramientas a otros países para su testeado que dura varios días y en ciertos casos hasta semanas, esto a la vez provoca un gran ahorro económico al no tener que transportarlas fuera, ni pagar por el mantenimiento que les realicen a personal extranjero.

1.2.2 Árbol del Problema

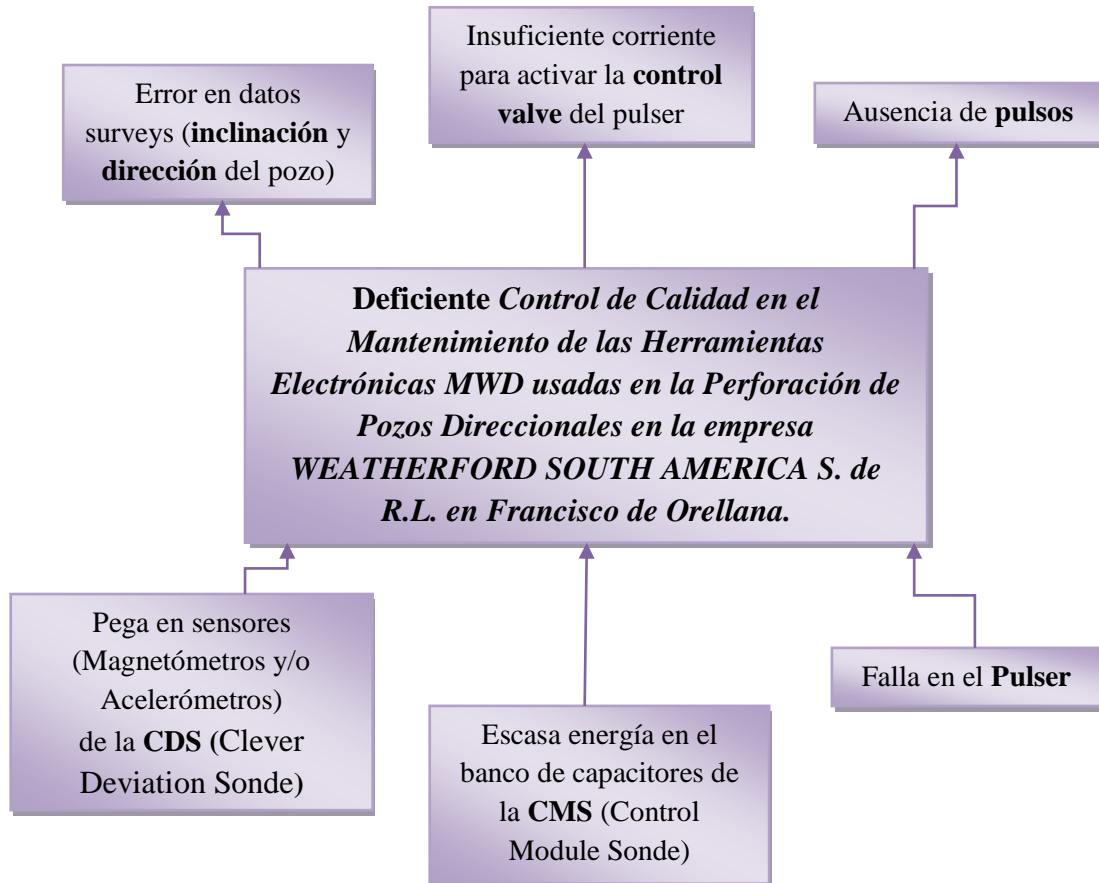


Figura N° 1.1 Árbol del problema
Elaborado por: Investigadora

1.2.3 Análisis Crítico

El deficiente Control de Calidad en el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana provoca fallas en las tres componentes de la herramienta MWD (G4, CMS, Pulser).

Las fallas en la CDS Clever Deviation Sonde, se dan especialmente por influencia de interferencias magnéticas provocando que se peguen los sensores

acelerómetros y/o magnetómetros, esta falla es quizá una de las más críticas pues esto trae como consecuencia que los datos survey (inclinación y azimut) registrados por la herramienta, sean incorrectos, al tener mala información de estos dos parámetros direccionales la perforación puede desviarse del yacimiento, y en el peor escenario puede presentarse una colisión entre pozos, causando así en cualquiera de estos eventos problemas con gran alcance financiero.

En caso de tener un mal funcionamiento en la CMS Control Module Sonde, el banco de capacitores de esta sonda podría no estar entregando la energía mínima necesaria para la activación de la control valve del pulser provocando que no exista señal en superficie por la ausencia de pulsos, por otro lado podrían no grabarse los datos registrados en su memoria y se perdería así la posibilidad de comparar estos datos de memoria en superficie con los datos registrados en tiempo real.

La falla en el Pulser, sea en su control valve como en su main valve causa la ausencia total de pulsos, provocando así la pérdida de señal (ondas por pulsos de lodo), esta inexistencia de datos ya sea por su errónea transmisión no continua o por su ausencia en superficie hace imposible la codificados para la interpretación de los parámetros direccionales.

1.2.4 Prognosis

De no mejorar el deficiente Control de Calidad en el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana, provocaría pérdidas económicas en las operaciones, pérdida de tiempo y disminución de la eficiencia en el cumplimiento de prestación del servicio direccional por lo que podría perder trabajos con las empresas contratistas de servicios.

1.2.5 Formulación del Problema

¿Cómo incide el deficiente control de calidad en el correcto funcionamiento de las herramientas electrónicas MWD usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana?

1.2.6 Preguntas Directrices

- ¿Cuáles son los parámetros de control de calidad que se utilizan en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana?
- ¿Cuáles son los parámetros necesarios para un correcto dar mantenimiento a las herramientas electrónicas MWD usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana?
- ¿Es posible elevar la calidad en el mantenimiento dado a las herramientas electrónicas MWD usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana?

1.2.7 Delimitación

De Contenidos:

Campo de Acción: Ingeniería Electrónica y Comunicaciones
Área: Instrumentación
Aspecto: Gestión de Calidad y Mantenimiento

Espacial: Empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana

Temporal: El presente proyecto de investigación tendrá una duración de 6 meses, a partir de su aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.3 Justificación

Debido al incremento en la demanda del servicio direccional para la perforación de Pozos Direccionales de Petróleo en la Empresa WEATHERFORD ECUADOR y al deficiente control de calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD, causado por la limitada infraestructura y la ausencia de procedimientos de control de calidad, es necesario planificar, diseñar e implementar un laboratorio con el software y los equipos mínimos requeridos por los procedimientos de control de calidad para solucionar los inconvenientes suscitados en cuanto al mantenimiento, y por consecuencia en las pruebas de campo y en los trabajos operacionales a tiempo real.

La identificación de problemas es mejor si se realiza en las primeras etapas del proceso de desarrollo, porque las soluciones tienden a ser más costosas si se implementan más tarde.

Las pruebas de calidad en el mantenimiento, son por ende cruciales y forman una parte esencial antes del despliegue en campo.

Weatherford Ecuador contará con los procedimientos de calidad necesarios para aplicar las pruebas que examinarán la utilidad general, aplicabilidad, precisión, repetitividad de las mediciones, y la seguridad del correcto funcionamiento de las herramientas.

En consecuencia, los escenarios de uso y los asuntos relacionados con las mediciones, así como la confiabilidad del hardware y software, serán investigados y examinados exhaustivamente durante la fase de pruebas de mantenimiento.

Por otra parte, se va a minimizar el riesgo financiero que implica el mal funcionamiento o falla de una herramienta ya en campo y a la vez se agiliza el tiempo de standby de las herramientas, pues se evitará el tener que enviarlas a países cercanos para su mantenimiento.

El aporte investigativo a desarrollar es el inicio de una gran proyección en cuanto a la tecnología que se está empezando a manejar en Weatherford Ecuador y finalmente este proyecto entrega un crecimiento personal con expectativas al campo laboral.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar un Laboratorio de Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar los procesos de control de calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

- Investigar las fallas en el funcionamiento de las herramientas electrónicas MWD (G4, CMS y PULSER) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

- Proponer la implementación de un Laboratorio para realizar el correcto mantenimiento y pruebas de calidad a las herramientas electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Luego de la consulta bibliográfica se concluyó que no existen trabajos realizados con relación a este proyecto en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

A nivel nacional existen proyectos de investigación relacionados a las herramientas electrónicas MWD en las facultades de Ingeniería en Petróleos, pero ninguno de estos trabajos se enfoca en el control de calidad para su mantenimiento.

Internacionalmente a nivel de la empresa existen procedimientos que se encuentran bajo normas y recomendaciones, pero estos solo se aplican a las realidades de cada país.

2.2 Fundamentación Legal

Este proyecto investigativo se basa principalmente en las normas y reglas de calidad interna **QHSSE** (Quality, Health, Safety, Security and Environment) y **EEP** (Enterprise Excellence Process), que están regidas y licenciadas bajo las recomendaciones **API** (American Petroleum Institute).

Antecedentes

Weatherford es una compañía multinacional de servicios para campos petroleros con sede en Suiza.

Es uno de los mayores proveedores mundiales de soluciones mecánicas, tecnológicas y de servicios innovadores para los sectores de perforación y producción de la industria petrolífera y de gas natural, la empresa lleva a cabo operaciones en aproximadamente 100 países y cuenta con un capital humano aproximadamente de 55 mil empleados. En Latinoamérica está presente en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.

Con una cartera de productos y servicios que abarca todo el ciclo de vida de una perforación de pozos (evaluación, realización, producción, intervención) y una investigación sólida está bien posicionado para satisfacer las necesidades en constante evolución de la industria de petróleo y gas.

Weatherford de hoy es el resultado del crecimiento interno y la innovación, así como la consolidación de las adquisiciones estratégica en los últimos años.

Se esfuerza por lograr la eficiencia, tanto en términos de la obtención de resultados para sus clientes, así como aprovechamiento de su infraestructura en todo el mundo. El objetivo final en ambos casos es ayudar a reducir costos y aumentar la productividad de los pozos.

Además, Weatherford ha creado una estructura organizativa más ágil para seguir un impulso hacia una mayor productividad individual a través de la contratación para formación y retención.

Misión

"La prestación de servicios a las operadoras y de servicios del sector de la industria del petróleo y gas cuyo liderazgo será evaluado por sus clientes internos y externos por su calidad de servicios, eficiencia de los proyectos, el profesionalismo de sus empleados, el respeto al medio ambiente y comunidad bajo un esquema de compromiso y mejoramiento continuo."

Visión

"Ser la compañía líder en la prestación de servicios del sector de la industria del petróleo y gas en el país a través de servicios de instalación e intervención en el pozo, alquiler de herramientas, servicios de perforaciones y registros de pozos, servicios y ventas para completaciones y levantamiento artificial."

2.3 Categorías Fundamentales

Tema: *“Control de Calidad para el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD (measurement while drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana”*

Objetivo General: Implementar un Laboratorio para el Control de Calidad en el Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

2.3.1 Gráfica de Inclusión de la Variable Independiente

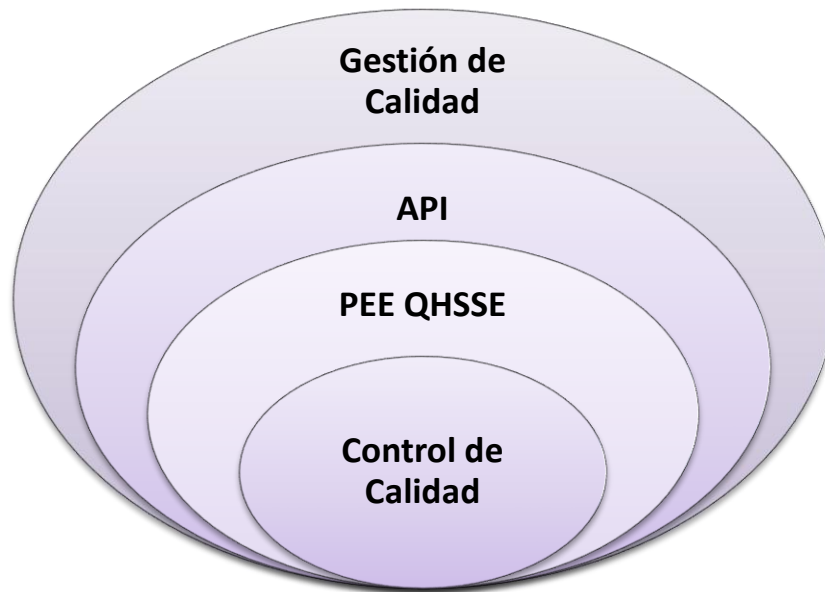


Figura N° 2.1 Categoría Fundamental Variable Independiente
Elaborado por: Investigadora

2.3.2 Gráfica de Inclusión de la Variable Dependiente



Figura N° 2.2 Categoría Fundamental Variable Dependiente
Elaborado por: Investigadora

2.3.3 Diagrama de la Variable Independiente



Figura N^o. 2.3 Diagrama de la variable independiente
Elaborado por: Investigadora

2.3.4 Diagrama de la Variable Dependiente

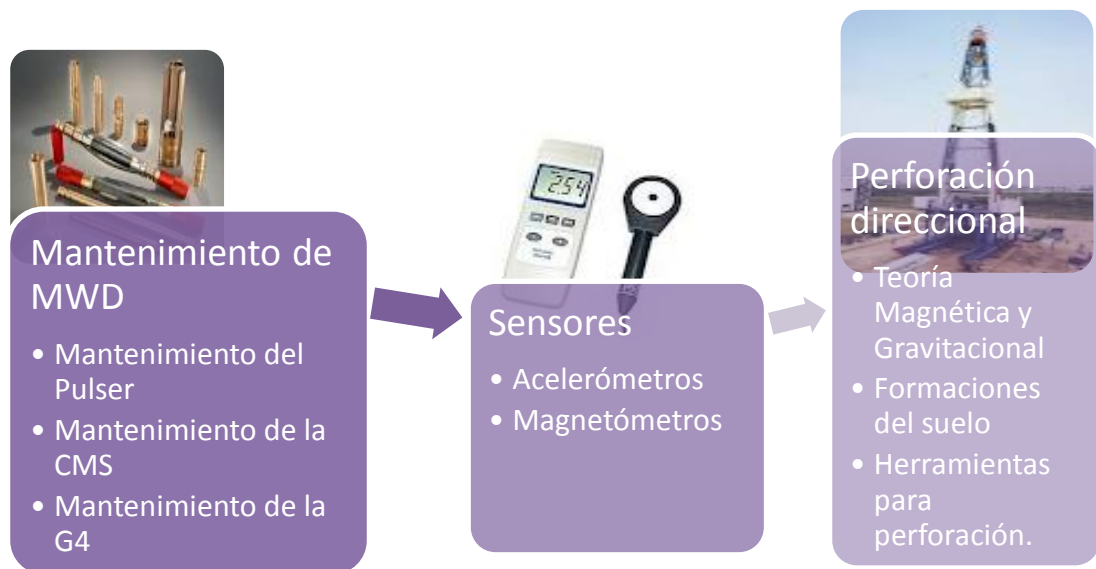


Figura N^o 2.4 Diagrama de la variable dependiente
Elaborado por: Investigadora

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Gestión de Calidad

La implantación de un sistema de gestión de la calidad proporciona a las organizaciones un marco para integrar la gestión de todas sus áreas y mejorar sus procesos.

Dentro de los posibles sistemas de gestión existentes en la actualidad, la norma ISO es sin duda el referencial en todo el mundo por su fácil adaptación a todo tipo de organización.

La implantación de una ISO y su posterior certificación son sin duda acciones que llevan a una empresa a diferenciarse del resto y tomar ventaja en el mercado, al demostrar que la gestión de la empresa sigue unos estándares de calidad.

La API ayuda a las empresas durante todo el proceso de implantación y certificación para obtener resultados exitosos.

BENEFICIOS

1. Gestión eficiente en todas las áreas de actividad.
2. Plena satisfacción de clientes.
3. Mejora de la comunicación con los proveedores.
4. Mejora de la imagen corporativa frente a terceros.
5. Aumento de cuota de mercado.
6. Reconocimiento externo mediante certificación del sistema.

2.4.2 Control de Calidad

El control de calidad son todos los mecanismos, acciones, herramientas que realizamos para detectar la presencia de errores.

La función del control de calidad existe primordialmente como una organización de servicio, para conocer las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la recolección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.

Todo producto que no cumpla las características mínimas para decir que es correcto, será eliminado, sin poderse corregir los posibles defectos de fabricación que podrían evitar esos costos añadidos y desperdicios de material.

Para controlar la calidad de un producto se realizan inspecciones o pruebas de muestreo para verificar que las características del mismo sean óptimas. El único inconveniente de estas pruebas es el gasto que conlleva el control de cada producto fabricado, ya que se eliminan los defectuosos, sin posibilidad de reutilizarlo.

2.4.3 Mejoramiento de la Calidad

Es el proceso para alcanzar niveles de performance sin precedente, tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Probar la necesidad de mejoramiento.
2. Identificar los proyectos concretos de mejoramiento.
3. Organizar para la conducción de los proyectos.
4. Organizar para el diagnóstico descubrimiento de las causas.
5. Diagnosticar las causas.
6. Proveer las soluciones.
7. Probar que la solución es efectiva bajo condiciones de operación.
8. Proveer un sistema de control para mantener lo ganado

2.4.4 API

El American Petroleum Institute, conocido comúnmente como API, en español Instituto Americano del Petróleo, es la principal asociación comercial de los EE. UU., representando cerca de 400 corporaciones implicadas en la producción, el refinamiento, la distribución, y muchos otros aspectos de la industria del petróleo y del gas natural.

Esta asociación se refiere a menudo como AOI (en inglés, *The American Oil Industry*) o industria de petróleo americana. Las principales funciones de la asociación a nombre de la industria incluyen la defensa, negociación con las agencias gubernamentales, asuntos legales, y negociación con organismos reguladores; investigación de efectos económicos, toxicológicos, y ambientales; establecimiento y certificación de los estándares de la industria, y programas de acercamiento a la comunidad a través de la educación.

2.4.5 Weatherford & Quality, Health, Safety and the Environment

En todas las operaciones, la misión más importante de Weatherford es perseguir los más altos estándares posibles para maximizar la calidad, salud, seguridad y desempeño ambiental. Con el fin de lograr este objetivo, las implementaciones efectivas de las políticas sobre estos temas son la máxima prioridad para todos los empleados.

“Al mantener el cumplimiento con todas las leyes y reglamentos aplicables en las áreas de operación y realizando todas las operaciones de una manera que fomenta las prácticas seguras de trabajo y evita el riesgo para los empleados, vecinos y el medio ambiente, se puede optimizar el valor creado para los clientes.”¹

Los objetivos son:

¹ Política QHSE de WEATHERFORD
(www.weatherford.com/AboutWeatherford/CompanyInformation/QHSSE/)

- Asegurar la integridad de la calidad y técnica de los productos y servicios para que sean adecuados a los objetivos y que sus especificaciones funcionales coinciden con la aplicación del cliente en todos los casos.
- Las operaciones tienen cero riesgos para el personal o el medio ambiente.
- Buscar la mejora continua.
- Consultar regularmente con los empleados, y otros, en cuanto a Calidad, Salud, Seguridad y Medio Ambiente.

2.4.6 Enterprise Excellence Process

“Desde 2001 se ha reorientado la cultura de Weatherford de excelencia a través de el Proceso de Excelencia Empresarial (PEE). AEA se centra en la creación de una cultura preventiva con desempeño libre de errores. Las políticas son:

Cumplir con todas las leyes y regulaciones aplicables de las áreas en donde se opera, o superar las expectativas señaladas.”²

Efectuar todas las operaciones de una manera que fomenta las prácticas seguras de trabajo y minimiza el riesgo para los empleados, comunidades y el medio ambiente.

Ejecutar los programas, la capacitación y los controles internos necesarios para alcanzar las metas.

“Como resultado, el objetivo con el EEP es lograr la completa satisfacción de clientes internos y externos y para cumplir con los requisitos de mutuo acuerdo la primera vez, cada vez, mientras se protege el bienestar de todo el personal, los bienes y el medio ambiente.

Para los clientes, los resultados de EEP en ventajas tales como una mayor eficiencia y una planificación más efectiva, los procesos que captan mejor las

² **Políticas EEP de WEATHERFORD**

(www.weatherford.com/AboutWeatherford/CompanyInformation/EnterpriseExcellence)

necesidades del cliente, y la reducción de la no conformidad en la entrega de productos y servicios.”³

2.4.7 Perforación Direccional

La perforación direccional es definida como la práctica para controlar la dirección e inclinación de un pozo hacia una ubicación u objetivo predeterminado debajo de la superficie como la muestra la figura 2.5.



Figura N^o 2.5 Perforación Direccional

Elaborado por: MWD Essentials I – Directional Drilling Services WFT

2.4.8 Mantenimiento

En un centro de pruebas la operadora puede explorar la funcionalidad de las herramientas o los asuntos relacionados con las interfaces de los sistemas en un ambiente controlado y bien caracterizado, sin las restricciones que imponen los costos de tiempo de equipo de perforación o los problemas de seguridad.

El conocimiento adquirido con esta evaluación rigurosa ayuda a crear herramientas que se desempeñan conforme a lo proyectado, aún en las condiciones más exigentes.

³ **Políticas EEP de WEATHERFORD**

(www.weatherford.com/AboutWeatherford/CompanyInformation/EnterpriseExcellence)

En un ambiente controlado, una prueba puede ser bien conducida, concisa y completa.

2.4.9 MWD (Measurement While Drilling)

La herramienta MWD (Measurement While Drilling – Medidas durante la perforación), se utiliza para tomar medidas direccionales en el pozo mientras se está perforando, de este modo, se obtiene información a tiempo real para dirigir eficazmente la posición del pozo.

2.4.10 Componentes de la Herramienta MWD (Hyper Pulse)

La figura 2.6 muestra los componentes de la herramienta Hyper Pulse que forma parte del sistema MWD.

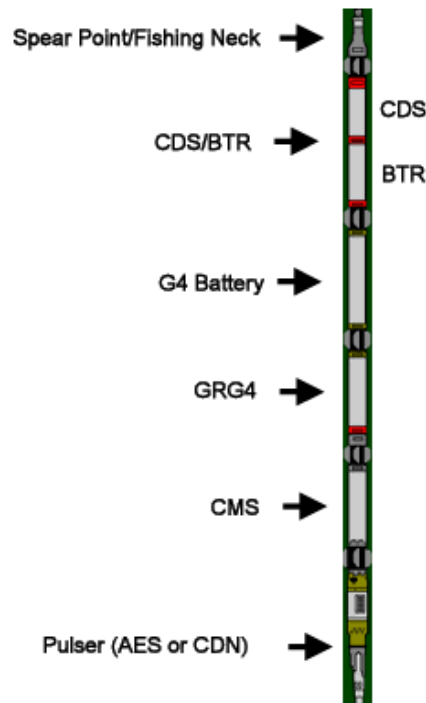


Figura N° 2.6 Componentes de la Herramienta MWD

Elaborado por: MWD Essentials I – Directional Drilling Services WFT

“**CDS (Clever Deviation Sonde)**. Sensor Inteligente de desviación, contiene acelerómetros y magnetómetros para tomar los surveys direccionales.

BTR (Bottom Hole Transmitter). Es el transmisor de fondo cuando trabaja con telemetría electromagnética (EMPP), y se encuentra inhibida al trabajar con telemetría de pulsos de lodo (PP).

CMS (Módulo de Control). Contiene capacitores y circuitos lógicos para operar el pulsador. Toma la información que viene de la CDS y los cambia a secuencias de pulsos para ser enviados por el pulser a superficie.

PULSER. La función del pulser es la de generar una onda de presión positiva la cual es usada para transmitir datos desde la sarta de fondo a superficie”.⁴

2.4.11 Métodos de Adquisición de Datos

Existen dos métodos con los cuales se puede adquirir información MWD:

1. En Memoria
2. Tiempo Real

2.4.12 Proceso de Medición en Tiempo Real

Los Datos MWD en tiempo real se obtienen de sensores en el fondo, se transforma la información en formato binario, y se transmiten los datos a hacia la superficie.

La transmisión es decodificada en la superficie, los datos son procesados y se asocian con profundidad para crear registros en tiempo real.

El proceso parece simple, pero es extremadamente complejo y requiere una combinación de una sucesión de eventos para que un dato pueda ser procesado.

⁴ **MWD I ESSENTIALS / MWD I EM OPERATIONS**
TECHNOLOGY SERVICES GROUP (2009), Computalog Drilling Services
16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060

2.4.13 Métodos de telemetría en tiempo real

Telemetría es el acceso y transmisión de datos desde y hacia locaciones remotas. En aplicaciones MWD en tiempo real existen 3 diferentes métodos de telemetría:

1. Pulso de lodo Positivo
2. Pulso de lodo Negativo
3. Electromagnético

2.4.14 Telemetría de Pulsos de Lodo

La telemetría de pulsos de lodo utiliza una trayectoria de transmisión no comprimible (columna de lodo en la tubería) para transportar las ondas de lodo creadas en el fondo por un pulser.

2.4.15 Telemetría de Pulsos Positivos

“La telemetría de pulsos positivos utiliza una válvula hidráulica para restringir por un momento el flujo de lodo a través de un orificio en el pulser”.⁵

Esto genera un aumento de presión en forma de un pulso positivo u onda de presión la cual viaja hasta la superficie y es detectada por un transductor sobre el piso de perforación y/o bombas.

En la figura 2.7 se puede observar la telemetría por pulsos de lodo positivo.

⁵ **Introduction to Measurement While Drilling (MWD)**
MORLEY Jan (1998), WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L

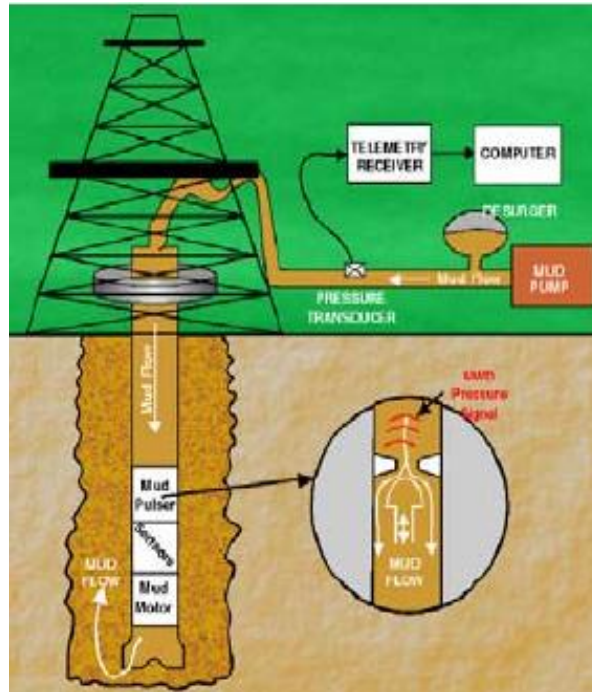


Figura N° 2.7 Telemetría de Pulsos Positivos
Elaborado por: Introduction to MWD – Directional Drilling Services WFT

2.4.16 Survey

Una Estación de Survey entrega los datos de ubicación exacta de un pozo direccional, es decir la inclinación y dirección del pozo a una determinada profundidad medida.

2.4.17 Inclinación

Inclinación es el ángulo medido en grados por el cual el pozo o el eje del instrumento que toma la medición varía de la línea vertical.

Una inclinación 0° sería totalmente vertical.

Una inclinación de 90° sería horizontal.

2.4.18 Dirección

La Dirección del Pozo es el ángulo, medido en grados, del componente horizontal del pozo o del eje del sensor direccional desde una referencia al norte conocida.

Esta referencia es norte verdadero o norte grid, y se mide por convención en sentido horario.

La dirección del pozo se mide en grados y se puede expresar en azimut (0° a 360°) o en forma de cuadrantes (NE, SE, NW, SW).

La figura 2.8 muestra los parámetros direccionales de un pozo, es decir, la dirección y la inclinación.

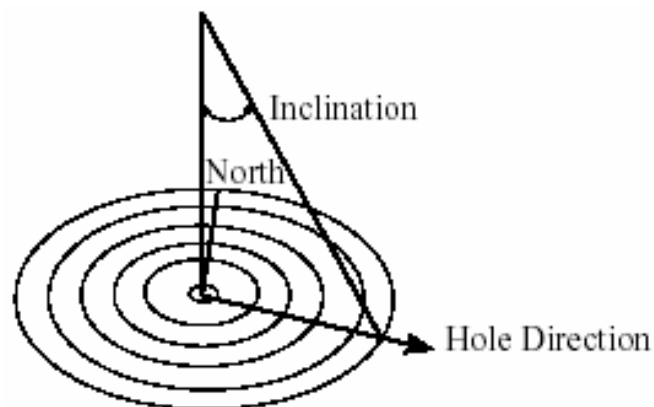


Figura N° 2.8 Parámetros Direccionales de un Pozo
Elaborado por: MWD Essentials I – Directional Drilling Services WFT

2.5 Hipótesis

El control de calidad influye en el correcto mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD usadas en la perforación de pozos direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

Variable Independiente. Control de Calidad

Variable Dependiente. Mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque

Este proyecto investigativo tuvo un enfoque Cualitativo, ya que se evaluó el nivel de calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD para alcanzar metas propuestas de mayor nivel.

3.2 Modalidad Básica de Investigación

3.2.1 Bibliográfica o Documental

La Fundamentación Científica de las variables, se la ejecutó a través de manuales y presentaciones de la empresa provistas en los cursos de capacitación, de libros referentes al tema y del sitio web de la empresa.

3.2.2 De Campo

La Investigación fue de campo porque el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD se lo realizó en el área de Drilling Services de la Base 1 de Weatherford Ecuador en la ciudad del Coca en la provincia Francisco de Orellana.

3.2.3 Aplicada

El proyecto investigativo se basó en los conocimientos de electrónica, instrumentación y comunicación digital, conjuntamente con fundamentaciones teóricas, técnicas y prácticas con respecto a la perforación direccional, para integrar la teoría con la práctica al ejecutar las pruebas de calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD.

3.3 Tipo o Nivel de Investigación

Exploratorio. Para elevar la calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD se requirió una investigación previa del planteamiento de procesos y del cumplimiento.

Descriptivo. Para ejecutar el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD primero se planteó los componentes de las herramientas, los materiales electrónicos que se usan en el mantenimiento y en las pruebas de calidad, y los modelos de procesos de calidad mínimos requeridos.

3.4 Población y Muestra

La Población beneficiaria de este proyecto investigativo fueron principalmente las autoridades de la línea Drilling Services (DS) es decir, el Gerente y los Coordinadores, más el personal del área de Reparación y Mantenimiento (R&M) de la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en la provincia de Francisco de Orellana.

El proyecto se desarrolló con el cien por ciento de la población por ser pequeña, como se muestra en la tabla 3.1.

Gerente de la línea Drilling Services	1
Coordinador de DD y MWD	2
Jefe de Reparación y Mantenimiento MWD	1
Técnicos de Reparación y Mantenimiento MWD	10
Total	14

Tabla N^o 3.1 Población y Muestra
Elaborado por: Investigadora

3.5 Métodos y Técnicas de la Investigación

Observación. Mediante la observación se detectó los problemas que causa el deficiente control de calidad en el mantenimiento de las herramientas electrónicas MWD y así se recolectó información que después fue analizada para corregir las falencias.

Encuesta. Esta técnica de recolección entrega información escrita por medio de las preguntas realizadas al personal de Reparación y Mantenimiento MWD de la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en la provincia de Francisco de Orellana.

Entrevista. Es la comunicación oral que se mantuvo con el personal del área de Reparación y Mantenimiento MWD de la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en la provincia de Francisco de Orellana durante toda la realización del proyecto investigativo con el fin de obtener datos relevantes para el proyecto.

3.6 Operacionalización de las Variables

Independiente: Control de Calidad

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnica Instrumento
Un Sistema de Gestión de la Calidad es una estructura operacional de trabajo, bien documentada e integrada a los procedimientos técnicos y gerenciales, para guiar las acciones de la fuerza de trabajo, la maquinaria o equipos, y la información de la organización de manera práctica y coordinada y que asegure la satisfacción del cliente y bajos costos para la calidad.	Sistema	Integración de Elementos	¿Existe el suficiente Control de Calidad?	E n t r e v i s t a E n t r e v i s t a
	Gestión de Calidad	Cualidades del Sistema	¿Es insuficiente la Organización de la Empresa?	
	Estructura Operacional	Organización Interna	¿Existe una previa revisión de elementos en el mantenimiento de las herramientas MWD?	
	Procedimientos Técnicos	Determinación de Procesos	¿Son los procesos correctos para el mantenimiento de las herramientas MDW?	
	Información	Recursos Digitales		
		Determinación de Resultados		
		Fases del Proceso		
	Satisfacción del Cliente	Análisis de Calidad		
		Normativas		
	Bajos Costos			

Tabla 3.2 Operacionalización de la Variable Independiente

Elaborado por: Investigadora

Dependiente: Mantenimiento de las Herramientas Electrónicas MWD

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Items	Técnica Instrumento
<p>Acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un sistema o proceso tales como funcionalidad, seguridad, productividad. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación. El mantenimiento debe ser tanto periódico como permanente, preventivo y correctivo.</p>	<p>Eficacia</p> <p>Aspectos Operativos</p> <p>Procesos</p> <p>Funcionalidad</p> <p>Seguridad</p> <p>Productividad</p> <p>Costos de Operación</p> <p>Preventivo</p> <p>Correctivo</p>	<p>Capacidades</p> <p>Fundamentación Teórica</p> <p>Fundamentación Práctica</p> <p>Características Normativas</p> <p>Adecuación de Procesos</p> <p>Planificación</p> <p>Condiciones de Operación</p> <p>Errores del Sistema</p>	<p>¿Son efectivos los procedimientos del mantenimiento?</p> <p>¿Existe la fundamentación teórica y práctica en el mantenimiento?</p> <p>¿Existen los procesos para el mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas MWD?</p>	<p>E</p> <p>n</p> <p>c</p> <p>u</p> <p>e</p> <p>s</p> <p>t</p> <p>a</p> <p>/</p> <p>E</p> <p>n</p> <p>t</p> <p>r</p> <p>e</p> <p>v</p> <p>i</p> <p>s</p> <p>t</p> <p>a</p>

Tabla 3.3 Operacionalización de la Variable Dependiente

Elaborado por: Investigadora

3.7 Recolección de la Información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.
¿De qué personas u objetos?	Personal de la Empresa de Servicios Petroleros WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.
¿Sobre qué aspectos?	Constelación de ideas de las variables
¿Quién?	Investigadora: Soria Ana
¿Cuándo?	En 6 meses a partir de la aprobación.
¿Dónde?	Ciudad Coca
¿Cuántas veces?	Las necesarias
¿Qué técnicas de recolección?	Observación y Entrevista
¿Con qué?	Cuestionarios

*Tabla 3.4 Plan de recolección de información
Elaborado por: Investigadora*

3.8 Procesamiento de la Información y Análisis e Interpretación de Resultados.

- Revisión crítica de la información solicitada, limpieza de información defectuosa, contradictoria, incompleta, no permitente, etc.
- Repetición de la recolección para corregir fallas de discusión.
- Tabulación o cuadros según variables de la hipótesis.
- Cuadros Estadísticos según la encuesta y la entrevista.

El Análisis de los resultados se realizó destacando tendencias relacionadas fundamentalmente con los objetivos e hipótesis, por ejemplo la interpretación de los resultados porcentual, gráficos y estadísticamente con apoyo del marco teórico, en el aspecto pertinente y la redacción o establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En base a la encuesta realizada al personal de Reparación y Mantenimiento R&M del área MWD de la empresa Weatherford en Ecuador, que consta de 10 personas, y a la entrevista realizada tanto a los Ingenieros: Jefe del área de mantenimiento, Coordinadores de DD y MWD y al Gerente de la línea DS los resultados conseguidos contribuyeron a definir un criterio más específico acerca de las necesidades de la línea para tomarlos en cuenta en la implementación del laboratorio.

4.1 ENCUESTA

En el anexo 1 se muestra la encuesta realizada a las 10 personas del área de Reparación y Mantenimiento R&M de Weatherford Ecuador el 16 de abril del 2012 en la que se obtuvo los siguientes resultados.

1. ¿Las Herramientas del sistema Measurement While Drilling (MWD) tienen algún control de calidad en su mantenimiento?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Sí	2	20.00%
2	No	8	80.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.1 Resultado Porcentual, Pregunta 1

Elaborado por: Investigadora

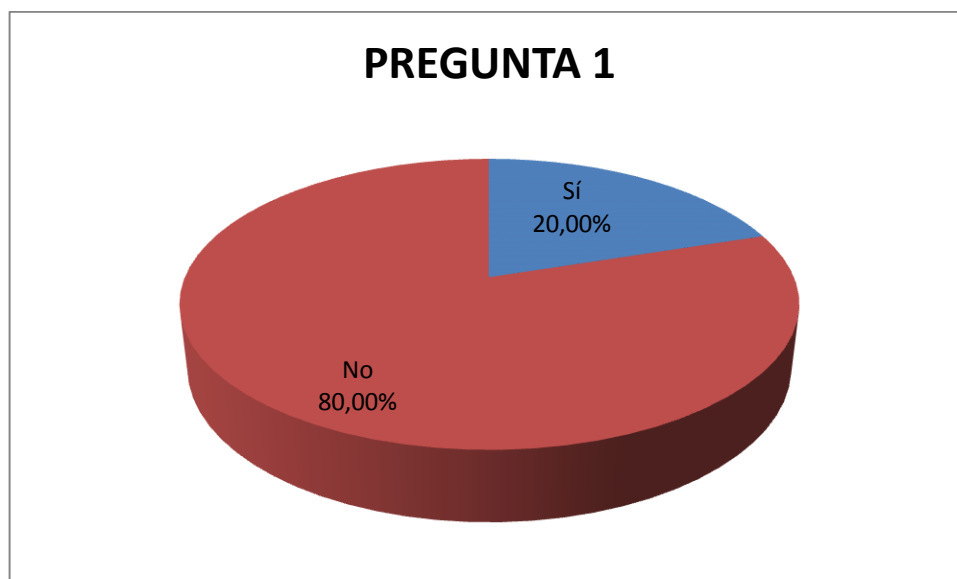


Figura 4.1 Resultado Gráfico, Pregunta 1

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.1 muestran que el 80% de las personas encuestadas creen que no existe un control de calidad en las herramientas del sistema MWD, mientras que el 20% dice que si existe algún tipo de control de calidad.

2. ¿Cómo califica el control de calidad en el mantenimiento existente en las diferentes herramientas del sistema MWD?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Muy Bueno	1	10.00%
2	Bueno	2	20.00%
3	Malo	6	60.00%
4	Regular	1	10.00%
5	Insuficiente	0	0.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.2 Resultado Porcentual, Pregunta 2

Elaborado por: Investigadora

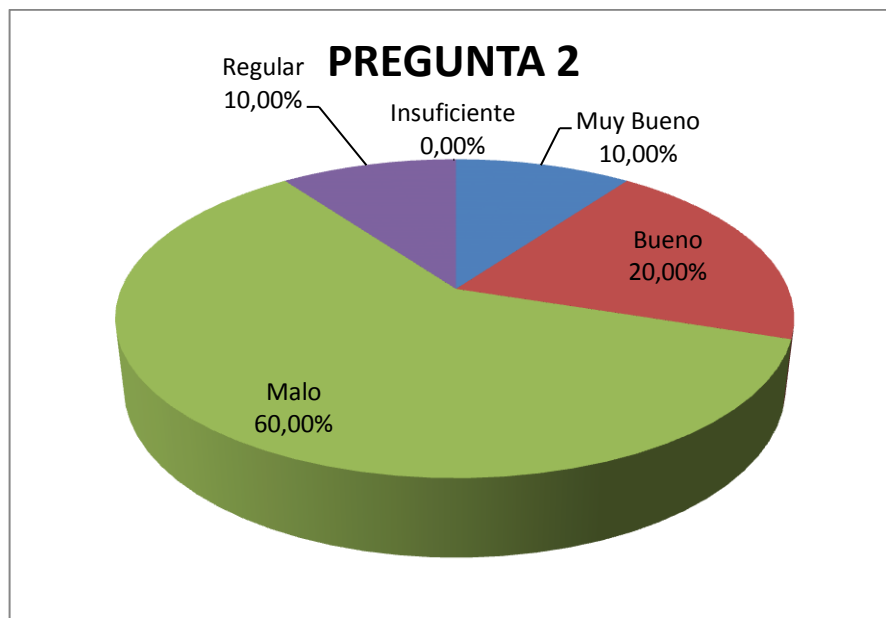


Figura 4.2 Resultado Gráfico, Pregunta 2

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.2 muestran que apenas el 10% de las personas encuestadas califican como muy bueno el control de calidad de las herramientas del sistema MWD, mientras que el 20% lo califica como bueno, el 10% como regular y mayoritariamente el 60% restante como malo. En esta pregunta la calificación de insuficiente no fue dada por ninguna persona encuestada.

3. ¿Cómo califica al mantenimiento dado en laboratorio a las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y PULSER) del sistema MWD?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Muy Bueno	0	0.00%
2	Bueno	1	10.00%
3	Malo	1	10.00%
4	Regular	8	80.00%
5	Insuficiente	0	0.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.3 Resultado Porcentual, Pregunta 3
Elaborado por: Investigadora

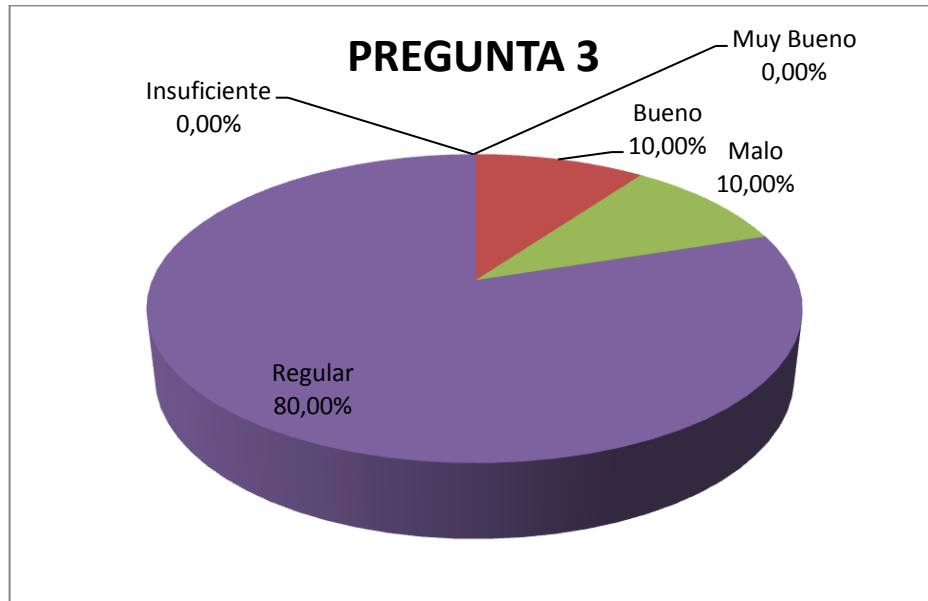


Figura 4.3 Resultado Gráfico, Pregunta 3
Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.3 muestran que apenas el 10% de las personas encuestadas califican como bueno al mantenimiento que se les da a las componentes de la herramienta HyperPulse (G4, CMS, PULSER), otro 10% lo califica como malo y el 80% restante como regular. En esta pregunta tanto la calificación de muy bueno como de insuficiente no fue dada por ninguna persona encuestada.

4. ¿Recibe el personal capacitaciones para realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas del sistema MWD?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Sí	6	60.00%
2	No	4	40.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.4 Resultado Porcentual, Pregunta 4
Elaborado por: Investigadora

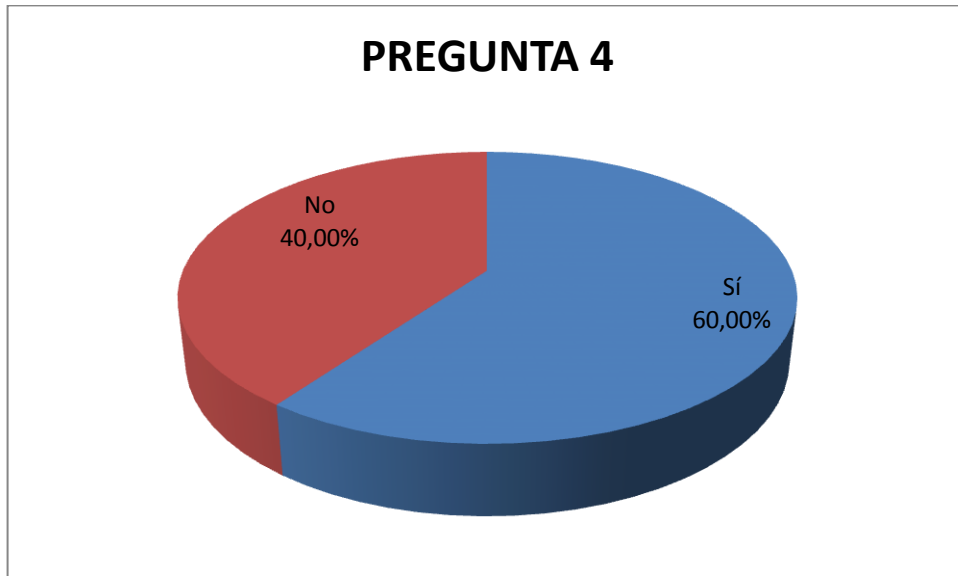


Figura 4.4 Resultado Gráfico, Pregunta 4
Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.4 muestran que el 60% de las personas encuestadas si reciben capacitaciones para realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas del sistema MDW, mientras que el 20% de los encuestados aun no reciben algún tipo de capacitación.

5. ¿Existen dispositivos de alta tecnología incorporados en las componentes de la herramienta Hyper Pulse del sistema MWD?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Si	10	100.00%
2	No	0	0.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.5 Resultado Porcentual, Pregunta 5
Elaborado por: Investigadora

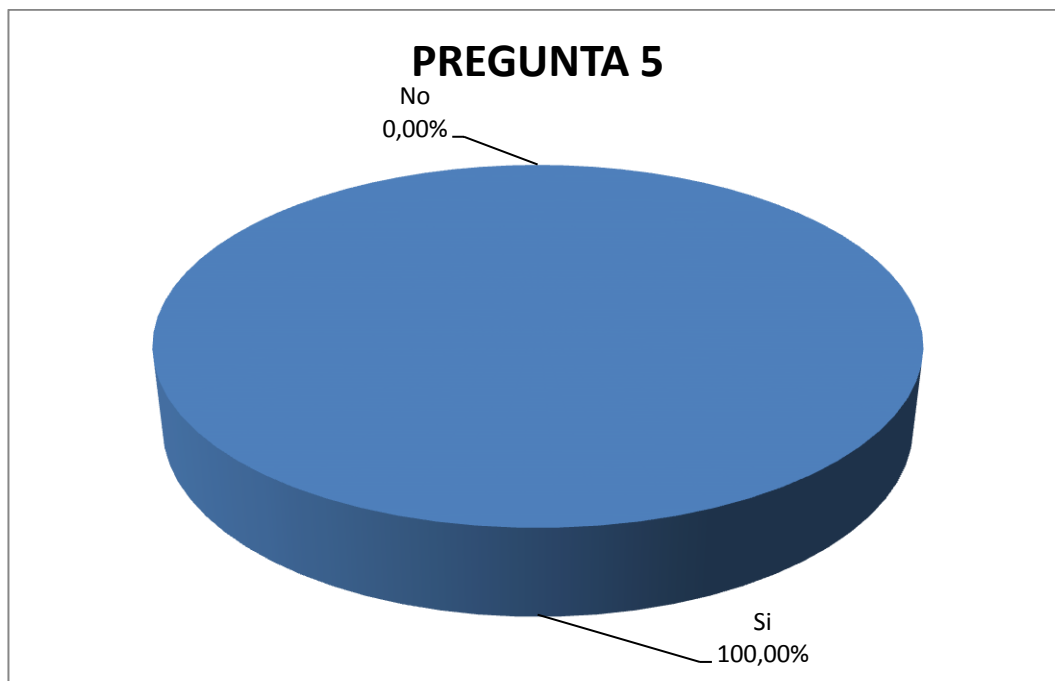


Figura 4.5 Resultado Gráfico, Pregunta 5

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.5 muestran que el 100% de las personas encuestadas concuerdan en que si existe alta tecnología incorporada en las componentes de la herramienta Hyper Pulse.

6. ¿Existe algún tipo de proceso que determine los pasos a seguir al realizar mantenimientos preventivos a la herramienta Hyper Pulse y sus respectivas pruebas de funcionamiento?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Sí	2	20.00%
2	No	8	80.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.6 Resultado Porcentual, Pregunta 6

Elaborado por: Investigadora

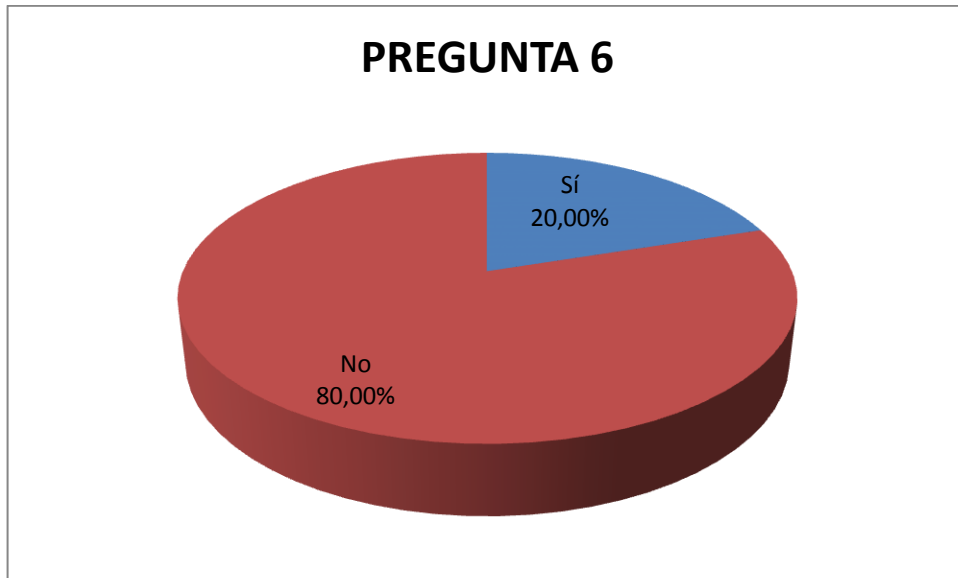


Figura 4.6 Resultado Gráfico, Pregunta 6

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.6 muestran que el 20% de las personas encuestadas afirman la existencia de pasos a seguir para realizar el mantenimiento preventivo y las pruebas de funcionamiento de la herramienta Hyper Pulse, mientras que el 80% de los encuestados siendo la mayoría notablemente niegan la existencia de dichos procedimientos.

7. ¿Existen los recursos necesarios tanto en hardware como en software para realizar pruebas de correcto funcionamiento de las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y PULSER) en el laboratorio de Reparación y Mantenimiento MWD de la empresa Weatherford South America S. de R.L.?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Sí	6	60.00%
2	No	4	40.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.7 Resultado Porcentual, Pregunta 7

Elaborado por: Investigadora

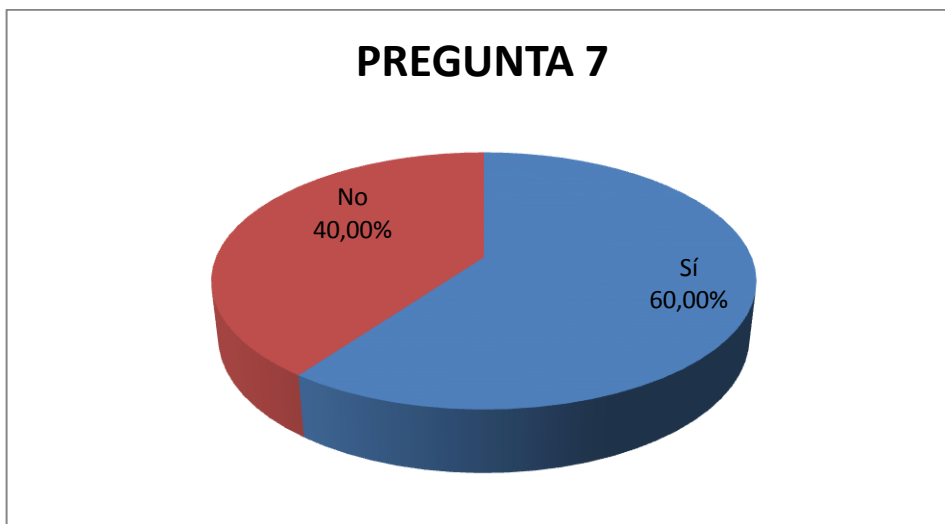


Figura 4.7 Resultado Gráfico, Pregunta 7

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.7 muestran que el 60% de las personas encuestadas afirman la existencia de los recursos necesarios tanto en hardware como en software para realizar las pruebas de funcionamiento a las componentes de la herramienta Hyper Pulse, mientras que el 40% de los encuestados responde a esta pregunta de forma negativa..

8. ¿Cómo califica los manuales o guías para control de mantenimiento de herramientas MWD existentes en el laboratorio de Reparación y Mantenimiento en la empresa Weatherford South America S. de R.L.?

ITEM	OPCIÓN	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
1	Muy Bueno	1	10.00%
2	Bueno	5	50.00%
3	Malo	3	30.00%
4	Regular	1	10.00%
5	Insuficiente	0	0.00%
TOTAL			100.00%

Tabla 4.8 Resultado Porcentual, Pregunta 8

Elaborado por: Investigadora

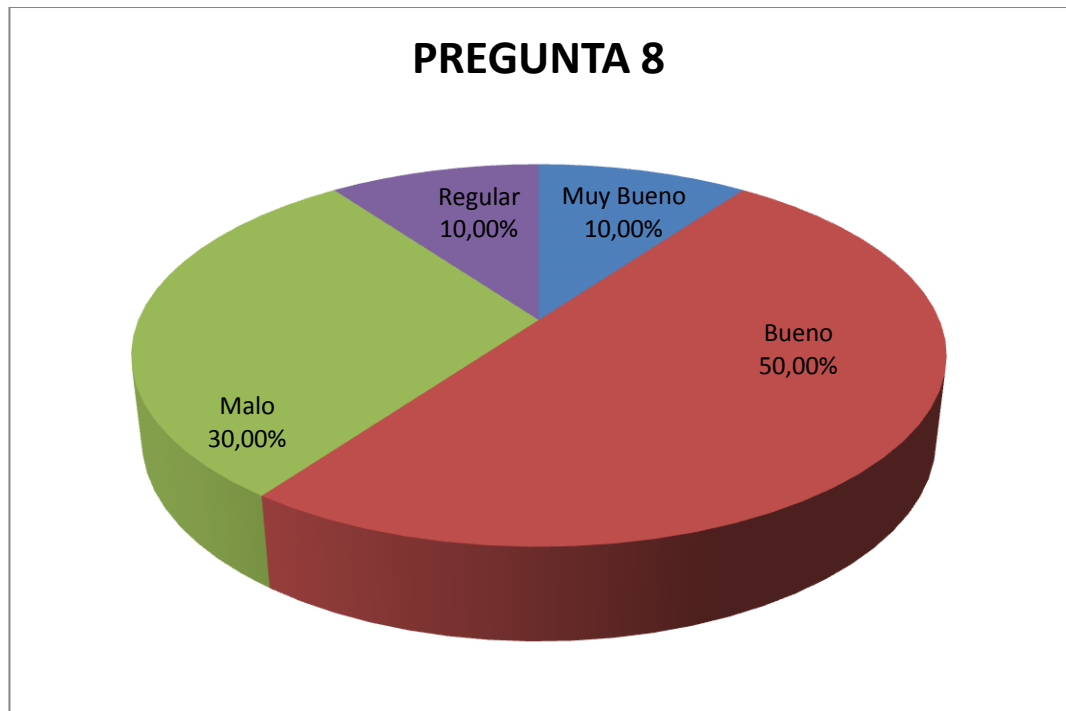


Figura 4.8 Resultado Gráfico, Pregunta 8

Elaborado por: Investigadora

La tabla y la figura 4.8 muestran que apenas el 10% de las personas encuestadas califican como muy bueno a los manuales y guías de mantenimiento con las que cuenta el Laboratorio de Reparación y Mantenimiento, un 50% lo califica como bueno, un 30% como malo y el 10% restante como regular. En esta pregunta la calificación de insuficiente no fue dada por ninguna persona encuestada.

4.2 ENCUESTA

En el anexo 2 se muestra la encuesta realizada al Gerente de la línea Drilling Services, a los Coordinadores operacionales de las sublíneas Directional Drilling y Measurement While Drilling, y al Supervisor del área de Reparación y Mantenimiento de Weatherford Ecuador el 29 de marzo del 2012 en la que se obtuvo los siguientes resultados.

1. ¿Cuánto tiempo trabaja usted en la Empresa Weatherford South America S. de R.L.?

La mayoría de los Ingenieros que hoy en día cumplen funciones como gerentes o coordinadores operacionales, han trabajado en la empresa desde los inicios de las operaciones de la línea direccional en Ecuador, hace 3 años aproximadamente, eso quiere decir que, han conseguido un trabajo progresivo desde sus inicios como operadores en campo hasta hoy con las nuevas funciones que desempeñan y muestran frutos con las mejoras continuas de los servicios direccionales prestados.

En cuanto al supervisor del área de Reparación y Mantenimiento MWD y a los técnicos de laboratorio, se han ido incorporando esporádicamente por sus experiencias en otras empresas en la misma área, desde los inicios de la línea direccional aquí en Ecuador, siendo los coautores principales para el desarrollo de las operaciones direccionales mediante el sistema MWD y a su correcto funcionamiento, convirtiéndose así en el recurso humano fundamental y necesario para la Empresa.

2. Usted como Ingeniero Coordinador de operaciones, ¿Cómo califica el desarrollo del control de calidad en el mantenimiento de las herramientas MWD?

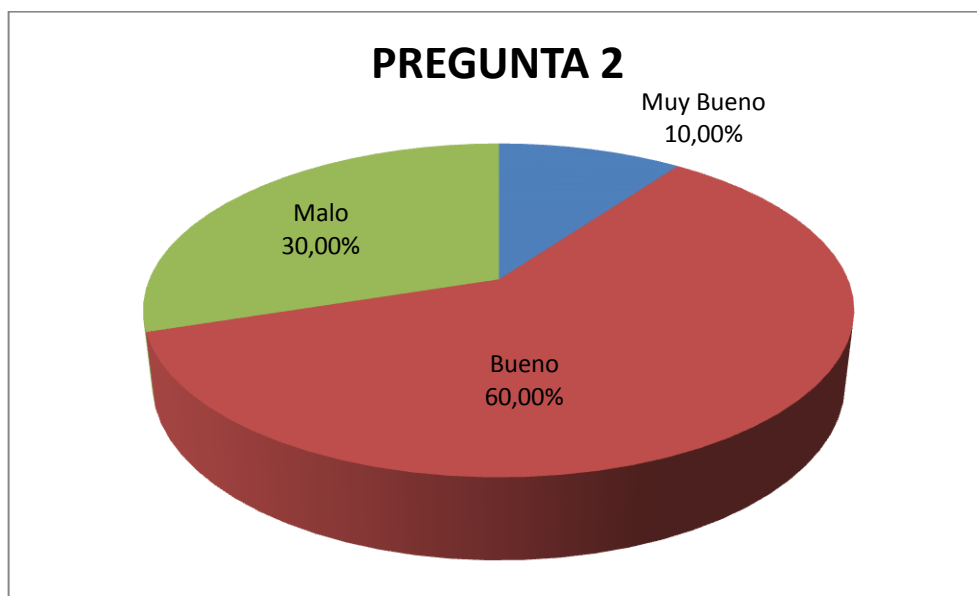


Figura 4.9 Resultado Gráfico, Pregunta #2 de la Entrevista
Elaborado por: La Investigadora

La Figura 4.9 muestra que el 60% de las personas en especial los coordinadores y el gerente de operaciones, están en total acuerdo en que el control de calidad en el mantenimiento de las herramientas MWD es bueno, eso quiere decir que no es totalmente satisfactorio para la Empresa, ya que es necesario brindar un correcto control de calidad en el desarrollo del mantenimiento y en las pruebas de correcto funcionamiento de los componentes de la herramienta Hyper Pulse correspondiente al sistema MWD, que a su vez prolonga el tiempo de vida útil.

3. ¿Cuáles son los procesos a seguir según su perspectiva para la implementación de un correcto Control de Calidad en el mantenimiento del sistema MWD?

Los procesos a seguir son una convergencia de responsabilidades y trabajos con su respectivo orden de desarrollo:

- Desarrollar una planificación en base al funcionamiento de cada una de las herramientas y sus componentes.
- Estudios profundizados del funcionamiento del sistema Measurement While Drilling (MDW) y sus componentes, de manera específica a la herramienta Hyper Pulse.
- Realizar una investigación previa de las posibilidades de mantenimiento preventivo y correctivo para realizarlos bajo parámetros estandarizados.
- Estudio e intervención de niveles de control de calidad en las herramientas del sistema MWD por sus componentes sensibles al funcionamiento y su correcto desempeño en las perforaciones.
- Proveer de un espacio apto para realizar el mantenimiento de las herramientas MWD y sus componentes, con los respectivos instrumentos y equipos adecuados para realizar esa labor.

- Realizar el buen mantenimiento de acuerdo a las especificaciones y requerimientos mínimos de calidad con el objetivo de obtener un correcto rendimiento de las herramientas MWD en su desempeño en campo.
- Finalmente validar el mantenimiento de las herramientas MWD con su respectivo control de calidad al realizar pruebas para validar y verificar el correcto funcionamiento.
- Presentar documentación de los mantenimientos de hardware y de haber pasado pruebas de software, pues en sí todo esto eleva la calidad del servicio direccional.

4. ¿Cuáles son los beneficios de implementar un control de calidad para el correcto mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas MWD?

El control de calidad para el mantenimiento de las herramientas MWD, es una serie de procesos a seguir para asegurar el correcto funcionamiento de las mismas, previniendo fallas de los componentes internos de las herramientas, en especial de los sensores direccionales al realizarles pruebas previas a cada corrida en campo, y por esto se distinguen ciertos beneficios a comparación de un mantenimiento sin control de calidad, como son:

- Permite el correcto registro del pozo mientras se esté perforando, obteniendo información en tiempo real.
- Optimización de la perforación en diversos aspectos, por ejemplo la medición de la inclinación y el azimut, esenciales en las perforaciones direccionales.
- Otorga la facilidad de dirigir eficazmente la posición del pozo.
- Reduce el tiempo de perforación, debido al correcto mantenimiento las herramientas obtienen una larga vida útil.
- Ahorra los costos de perforación, ya que en el momento en que una herramienta deja de funcionar debido a su deficiente mantenimiento, esta refleja altos costos de pérdida.
- Permite tomar decisiones acertadas en tiempo real por lo que los datos son entregados al mismo tiempo.

5. ¿Según su punto de vista, que requerimientos son necesarios para la correcta implementación de un Control de Calidad en el mantenimiento de las herramientas MWD?

Existen diferentes criterios para la implementación de un adecuado Control de Calidad de las herramientas MWD, como son:

- Realizar un estudio total en donde intervenga todo el control de calidad de las herramientas MWD, es decir de la zona en donde realizan las operaciones, tipos de herramientas, características y componentes de cada una.
- Determinar parámetros confiables de funcionamiento, los cuales pueden ser la base para el control de calidad y que cumplan correctamente su misión, es decir proporcionar un dato predeterminado que facilite un control de calidad eficiente.
- Correcto diseño de los procedimientos del control de calidad.
- Establecer puntos predeterminados en las herramientas MWD sensibles que con pequeñas perturbaciones pueden causar el mal funcionamiento de la misma.
- Representar un apropiado registro de las variables en tiempo real para descubrir los posibles casos de un mal funcionamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento antes y después mantenimiento dado, y así validar el control de calidad propuesto.

6. ¿Cuáles son las suficientes condiciones para que a una herramienta MWD se pueda realizar su procedimiento normal de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo?

Las condiciones de mantenimiento pueden variar según la herramienta MWD, las óptimas para que se pueda realizar un mantenimiento de manera normal no son muy frecuentes y de ningún modo será el mismo para otras, constanding así características para cada herramienta, tales como:

- Una herramienta MWD puede tener desviaciones de los registros en tiempo real en la perforación de los pozos, tales como la medición errónea de impacto en los 3 vectores.
- Tener mediciones variadas de la realidad de las condiciones del pozo que reducen la eficiencia de la perforación.
- Verificar en intervalos de tiempo regulares los sensores de operación, ya que son importantes en la perforación, tales como la medición de temperatura.

7. ¿Existen los suficientes materiales y herramientas para implementar una eficiente Mantenimiento de las herramientas MWD y su respectivo control de calidad?

ITEM	NÚMERO	PORCENTAJE (%)
Sí	8	80,00
No	2	20,00
TOTAL		100,00

Tabla 4.9 Resultado Porcentual, Pregunta #7 de la Entrevista
Elaborado por: El Investigador

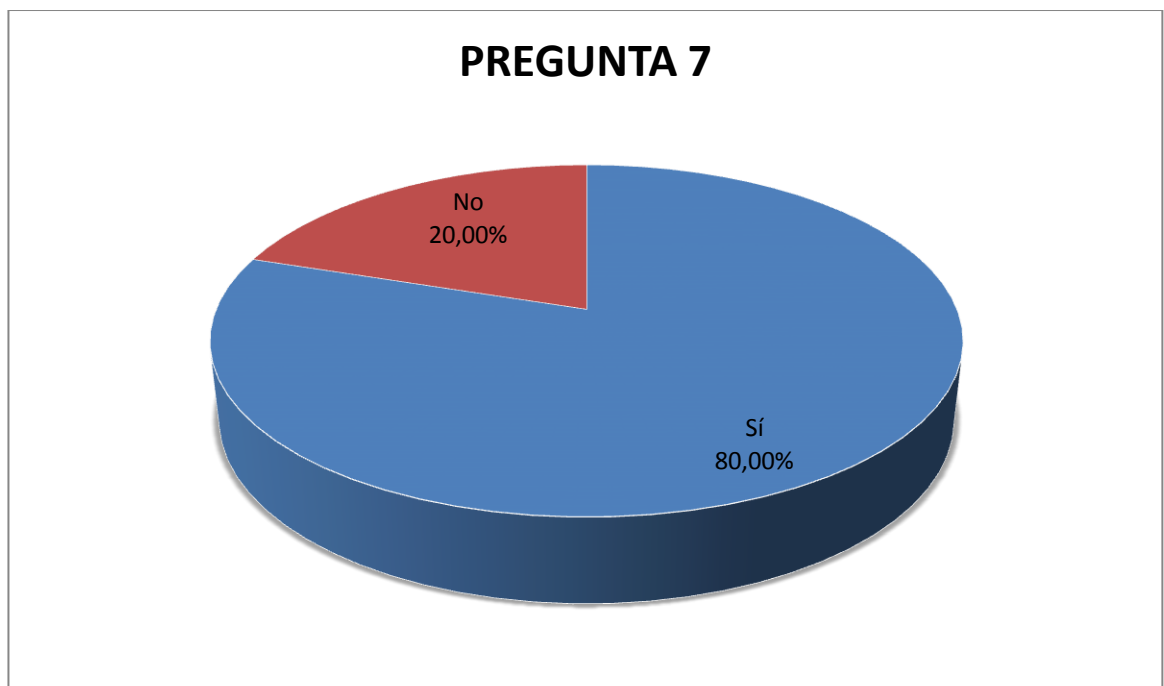


Figura 4.10 Resultado Gráfico, Pregunta #7 de la Entrevista
Elaborado por: El Investigador

Como muestran la Tabla 4.9 y la Figura 4.10, el 20% de las personas entrevistadas indica que no existen los suficientes materiales y herramientas para realizar un correcto mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas MWD, lo que ocasiona una pérdida de tiempo y de dinero, ya que es necesario dotar de un laboratorio completo para realizar un mantenimiento confiable y eficaz.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Debido a la ausencia de algunos equipos, no existe un suficiente control de calidad en las pruebas de funcionamiento en el mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes del sistema MWD.
- El 80 % de personas encuestadas califican como regular al mantenimiento dado en el laboratorio a la herramienta Hyperpulse, por lo que la empresa está tomando acciones para mejorar el control de calidad en los procesos que se realizan a los componentes del sistema MWD después de su desempeño en campo.
- Existen dispositivos de alta tecnología incorporados en las herramientas del sistema MWD, y la ausencia de procedimientos, tanto para realizar un correcto mantenimiento, o como para calibrar, hace imposible el garantizar las pruebas de funcionamiento factibles.
- Existe la fundamentación práctica en el personal que realiza el mantenimiento, pero hay ausencia de conocimientos teóricos básicos que se requiere para realizar un mejor mantenimiento de los componentes electrónicos del sistema MWD.

5.2 Recomendaciones

- Priorizar las acciones que la empresa está tomando al adquirir los equipos necesarios para realizar un mejor mantenimiento preventivo y correctivo a los componentes del sistema MWD.
- Impulsar nuevas propuestas de procedimientos que contribuyan con la mejora de la calidad en las pruebas de correcto funcionamiento de la herramienta Hyper Pulse.
- Establecer procesos o instrucciones de trabajo para realizar un correcto mantenimiento a los componentes electrónicos del sistema MWD y a futuro la calibración de los mismos.
- Capacitar teóricamente al personal del laboratorio encargado del mantenimiento de las componentes electrónicas del sistema MWD, específicamente de la herramienta Hyperpulse, para consolidar sus conocimientos prácticos, y así avalar los resultados de la pruebas.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos Informativos

Tema: Laboratorio para el Mantenimiento de la Herramienta Electrónica Direccional HyperPulse (G4, CMS y PULSER) del sistema MWD (Measurement While Drilling) usadas en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana

Institución: WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.

Beneficiarios: Departamento de Repairing & Maintenance (R&M) de la Empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.

Ubicación: Av Alejandro Labaka junto al Aeropuerto, Base 1 de operaciones WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. Coca-Ecuador.

Equipo de Trabajo:

- **Country Business Unit Manager WFT Ecuador:** Ing. Diego Freire
- **MWD – LWD Coordinator Ecuador:** Ing. Diego Rodriguez
- **R&M Supervisor:** Ing. Angel Vaca

- **Colaboradores Técnicos:** Personal del departamento de Repairing & Maintenance (R&M) de la Empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.
- **Tutor de Tesis:** Ing. Edwin Morales
- **Autor:** Ana Jeanneth Soria Amán

Equipos técnicos:

- **Herramientas electrónicas MWD:** CMS, G4, PULSER
- **Instrumentos y Equipos:** Kit de Comunicación
Plataforma para Wet Test.
- **Software:** Spectrum Suite v.6.5.2.3

6.2 Antecedentes de la Propuesta

La Empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Ecuador se encuentra en una etapa de desarrollo e investigación de nuevos procedimientos de calidad, que al trabajar con los mismos ayuden a erradicar las situaciones desfavorables que se presentan a lo largo de las pruebas de funcionamiento, al realizar mantenimiento preventivo y correctivo de las herramientas del sistema MWD (Measurement While Drilling) y específicamente a los componentes de la herramienta electrónica Hyper Pulse que son G4, (compuesta por la Clever Deviation Sonde CDS y el Bottom Hole Transmitter BTR), Control Module Sonde CMS y Pulser.

Esto conduce a minimizar errores al momento del desempeño de estas herramientas en campo, y conjuntamente con personal capacitado que cumpla estos procedimientos, se elevará el nivel de calidad del servicio direccional que la empresa brinda a las empresas operadoras o contratistas.

El departamento de Repairing & Maintenance R&M de herramientas MWD, Cuenta con un nivel bastante básico y superficial de mantenimiento preventivo y casi no existe mantenimiento correctivo de herramientas, esto provoca que no se satisfaga los requerimientos necesarios mínimos para alcanzar altos niveles de calidad en el funcionamiento al dar los servicios direccionales, por lo que se ha creado una solución efectiva a estos problemas al establecer Procedimientos de Mantenimiento “Work Instructions” que garanticen un correcto funcionamiento de las componentes de la herramienta direccional Hyper Pulse (G4, CMS, Pulser) y al implementar un Laboratorio que tenga todos los instrumentos y equipos necesarios conjuntamente con personal capacitado que cumpla con estos procedimientos de trabajo, gracias a la atención prestada por parte de la gerencia y coordinación de la línea Drilling Services DS, al personal que forma el departamento de Repairing & Maintenance R&M y a la ejecutora de este trabajo, se ha logrado integrar estos aspectos elevando así la calidad del servicio que brinda la línea.

Ubicación de la Base 1 de Operaciones de WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. Coca-Ecuador

En la Figura N°6.1 se muestra el mapa de la ubicación de la Base 1 de operaciones de Weatherford South América S. de R.L. en la ciudad Coca de Francisco de Orellana – Ecuador.



Figura N° 6.1 Ubicación Geográfica de la Base 1 de Operaciones de Weatherford Ecuador

Elaborado por: El Investigador

La Base 1 de Operaciones de Weatherford Ecuador se encuentra ubicada junto al aeropuerto Francisco de Orellana en la ciudad Coca y sus coordenadas geográficas son:

- Latitud: 0° 27' 46.39" Sur
- Longitud: 76° 59' 12.63" Oeste
- Altura: 254 m / 834 pies sobre el nivel del mar

6.3 Justificación de la Propuesta

Durante los trabajos de perforación, se tiene la necesidad de posicionar adecuadamente el pozo para alcanzar el objetivo, es decir el reservorio, por lo que aplicar una nueva tecnología para obtener datos en tiempo real, como el sistema MWD, constituye un elemento muy útil para la optimización del proceso de perforación, cuyo objetivo es ejecutar los trabajos de manera práctica, rápida y económicamente rentable.

Con este proyecto la empresa Weatherford en Ecuador específicamente la línea Drilling Services proporciona un lugar adecuado en el que se provee un correcto mantenimiento preventivo y correctivo a los componentes de la herramienta Hyper Pulser (G4, CMS y Pulser) perteneciente al sistema MWD, es decir un laboratorio que cuenta con los instrumentos y equipos necesarios para esta labor, pero que además posea procedimientos que el personal capacitado pueda seguir para así garantizar un mejor trabajo que se verá reflejado en el desempeño de las herramientas en campo consiguiendo así una gran mejora en el servicio direccional que brinda la línea y esto a su vez conlleva a elevar el nivel de calidad del mismo, dando así mayor confiabilidad de los datos registrados en fondo.

6.4 Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Elevar los niveles de Calidad en los servicios de Perforación Direccional con el Mantenimiento Preventivo de componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y Pulser) del sistema MWD en la Base 1 de Operaciones de la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en la ciudad Coca - Francisco de Orellana.

6.4.2 Objetivos Específicos

- Aplicar procesos para el mantenimiento de las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y Pulser) del sistema MWD usada en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.
- Evitar fallas de desempeño en campo mediante la realización de pruebas de funcionamiento y al correcto mantenimiento de las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y Pulser) usada en la Perforación de Pozos Direccionales en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.
- Establecer procedimientos de Calidad para el Mantenimiento en laboratorio de las componentes de la herramienta Hyperpulse en la empresa WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L. en Francisco de Orellana.

6.5 Análisis de Factibilidad

El análisis de factibilidad, es muy importante para el desarrollo del proyecto, pues este estudia la disponibilidad de los recursos necesarios para cumplir los objetivos anteriormente citados.

Para hacer este análisis se tomó en cuenta los diferentes tipos de factibilidades:

- **Factibilidad Técnica.** Se analiza si se tiene al alcance la tecnología necesaria en cuanto a los equipos y al software requerido para implementar el laboratorio.
- **Factibilidad Económica.** Se estudia la relación costo – beneficio.
- **Factibilidad Bibliográfica.** Se indaga para determinar si existe el suficiente sustento documental para realizar las consultas teóricas pertinentes.

6.5.1 Factibilidad Técnica

En la empresa Weatherford Ecuador existen los recursos mínimos necesarios para la implementación de un laboratorio que eleve la Calidad en el mantenimiento de los componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS, y Pulser), pues cuenta con instrumentos, equipos, personal del área y experiencias entregadas por personal de Weatherford de otros países.

6.5.2 Factibilidad Económica

Weatherford Ecuador cuenta con los recursos financieros para llevar a cabo este proyecto, no solamente apoyando la investigación sino la implementación del mismo al considerar costos por tiempo de estudio, implementación y de pruebas de funcionamiento, costos de implementación y costos por importaciones de equipos necesarios.

6.5.3 Factibilidad Bibliográfica

La factibilidad bibliográfica es muy amplia pues la empresa cuenta con manuales, hojas técnicas de las herramientas y libros de entrenamiento del personal, todo esto brinda la suficiente fundamentación teórica para desarrollar la investigación de este proyecto.

6.6 Fundamentación

6.6.1 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

6.6.1.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LAS HERRAMIENTAS MWD (MEASUREMENT WHILE DRILLING)

El sistema MWD es un procedimiento de medición que se realiza pozo abajo mediante un dispositivo electromecánico localizado en el BHA (Bottom hole assembly) cerca de la broca, el cual proporciona una gran variedad de datos direccionales que incluyen parámetros como: inclinación y azimut del pozo a una determinada profundidad.

Estas medidas son enviadas a superficie a través de un fluido conocido como lodo de perforación, mediante una onda continua de pulsos de presión y finalmente decodificados en sistema binario, la información se registra en tiempo real y también se la almacena en memoria.

En la Figura N°6.2 podemos ver cómo trabaja el sistema MWD

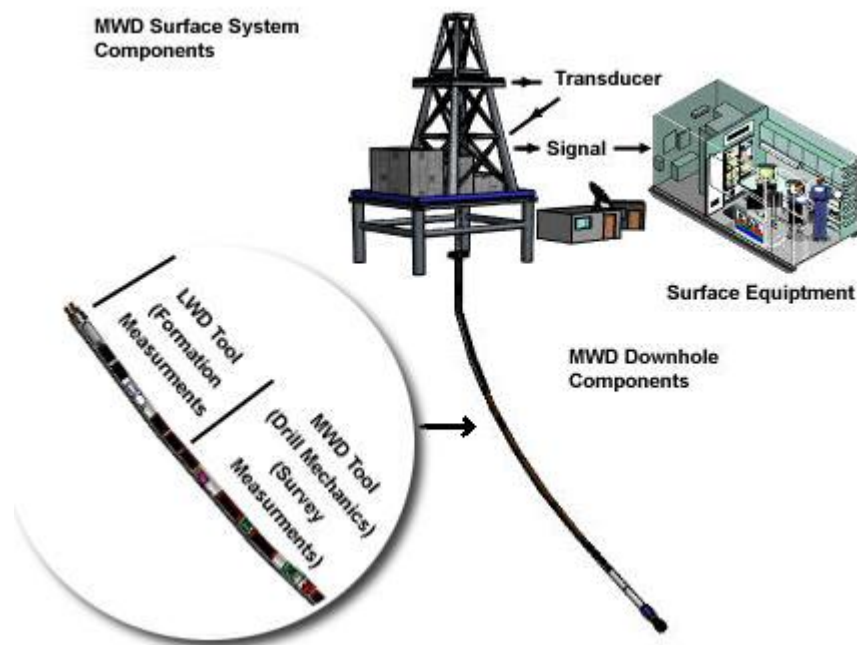


Figura N° 6.2 Sistema MWD
Elaborado por: SLC Intro To MWD

6.6.1.2 HISTORIA DEL MWD

Desde el primer pozo de petróleo perforado que fue en 1859, tanto los geólogos como los perforadores debatían las condiciones mecánicas y de ambiente en la broca, no fue sino hasta que los avances en electrónica hicieron posible tomar mediciones en la broca y transmitir las a superficie.

De esta manera el primer trabajo con MWD fue realizado en 1930 mediante el uso de un circuito continuo conectado a un dispositivo de resistividad que se encontraba en la tubería de perforación. Las primeras mediciones comercialmente disponibles fueron las direccionales. Paulatinamente se hicieron progresos significativos en la tecnología MWD ya que se incorporó métodos para enviar la información por medio de telemetría por pulsos de lodo en 1950.

En los años 70 se extendieron las investigaciones sobre la tecnología MWD que involucró cuatro sistemas de transmisión diferentes y en los cuales participaron varios países interesados.

En la Tabla N°6.1 Se muestra el desarrollo del sistema MWD

INVESTIGACION Y DESARROLLO DEL SISTEMA MWD	
Sistema de Telemetría	Numero de empresas activas
Acustico	8
Electromagnetico	7
Hardwire	15
Presion de lodo	15

Tabla N° 6.1 Desarrollo del sistema MWD

Elaborado por: T. R. Bates, Jr. And D. R. Tanguy, Advances in Drilling Technology, p. 25

A finales de los 80, se hicieron las primeras mediciones cuantitativas de los parámetros de formación y guardados en memoria.

Los trabajos que han presentado mayor éxito hasta la fecha son los realizados por telemetría de pulsos de lodo.

6.6.1.3 DESCRIPCION DEL SISTEMA MWD (MEASUREMENT WHILE DRILLING)

El sistema MWD ha sido diseñado para conocer una gran variedad de datos direccionales mientras se perfora, disponibles en tiempo real, grabados en la locación y pudiendo ser transmitidos hacia un centro de operaciones. Los diseños disponibles permiten configurar la herramienta para varias combinaciones de sensores.

El sistema MWD presenta tres componentes primarios como podemos verlo en la Figura N°6.3

- Un paquete de sensores de fondo
- Un método para enviar información (telemetría) desde el paquete de sensores de fondo a superficie mientras avanza la perforación.
- Equipo de superficie para recibir la información y ponerla en un formato adecuado.

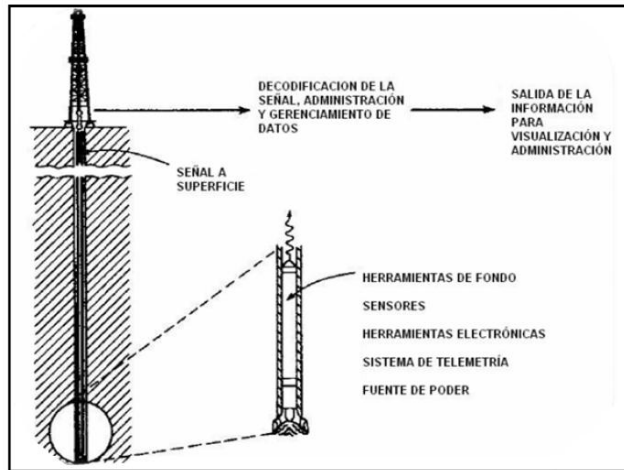


Figura Nª 6.3 Si Descripción del sistema MWD

Elaborado por: Perforación direccional Halliburton, Sperry Drilling, 2010

6.6.1.4 COMPOSICIÓN INTERNA DE LA HERRAMIENTA

6.6.1.4.1 SENSORES DIRECCIONALES

Los sensores direccionales que se encuentran en la herramienta MWD proporcionan los datos surveys o medidas direccionales que permiten una eficiente perforación y ubicación del pozo dentro del objetivo establecido. Además estos miden la orientación de la herramienta con respecto a los campos magnéticos y gravitacionales de la tierra, es decir el azimut e inclinación del pozo, así como la orientación de la cara de la herramienta.

Los sensores direccionales que generalmente se utilizan y presentan similares aspectos físicos y funcionales son:

- **CDS (CLEVER DEVIATION SONDE)**
- **BTR (BOTTOM TRANSIBER RECIBER)**
- **CMS (CONTROL MODULO SONDE)**
- **PULSER**

Estos sensores direccionales se encuentran localizados en collares no magnéticos especiales y necesitan que se realicen ciertas correcciones para alinearlos al motor de fondo.

Cada uno de los sensores consiste de tres acelerómetros y tres magnetómetros que determinan la orientación de la tubería de perforación con respecto a los campos magnéticos y gravitatorios de la tierra. Todos estos sensores pueden usarse con los sistemas de telemetría de pulso de lodo o electromagnético y proporcionan datos fundamentales como:

- Inclinación del pozo
- Azimut del pozo
- Orientación magnética y gravitatoria de la cara de la herramienta.

Estas medidas ayudan a determinar la posición tridimensional del pozo, la profundidad vertical y la orientación de los sistemas de perforación.

Estos sensores se encuentran en una sonda presurizada por collares de perforación no-magnéticos (non-magnetic drill collar NMDC) en el sistema MWD, además están conformados por sistemas electrónicos sofisticados y altos y estrictos controles de calidad.

6.6.1.5 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN DE LA HERRAMIENTA MWD

La trayectoria real de un pozo se determina midiendo la inclinación y la dirección a varias profundidades, las cuales son determinadas por herramientas magnéticas y giroscópicas. Debido al desarrollo de la tecnología en lo que a telemetría concierne, actualmente existen arreglos de magnetómetros y acelerómetros para tomar un survey.

La herramienta MWD consiste de tres acelerómetros uni-axiales y magnetómetros tri-axiales, estos ejes son ortogonales con respecto uno del otro y tienen la

capacidad de proporcionar las medidas locales del campo magnético o gravitacional dentro de las tres dimensiones como se muestra en la Figura N°6.4. Estos son utilizados para medir la orientación de la herramienta con respecto a los campos magnéticos y gravitacionales de la Tierra, es decir el azimut e inclinación del pozo respectivamente.



Figura N° 6.4 Arreglo de los acelerómetros y magnetómetros

Elaborado por: Measurement While Drilling Halliburton, Sperry Drilling, 2010

6.6.1.5.1 ACELERÓMETROS

Los acelerómetros son dispositivos que se utilizan para medir la inclinación del campo gravitacional terrestre local en los planos X, Y y Z, donde el plano Z está a lo largo del eje de la herramienta, X es perpendicular a Z y el plano Y es perpendicular a los dos anteriores, además cada acelerómetro consiste de una masa magnética suspendida en un campo electromagnético. La gravedad desvía la masa de su posición de equilibrio, se aplica al sensor una cantidad de corriente suficiente para que regrese la masa su posición de equilibrio, esta corriente es directamente proporcional a la fuerza gravitacional que actúa sobre el cuerpo.

Existen dos tipos de acelerómetros que comúnmente se utilizan y son “forced – balanced” y “quartz – hinged”.

Acelerómetros de Forced – Balanced

Los acelerómetros de balance de fuerza contienen un pequeño imán permanente que está suspendido en un fluido, el cual contiene partículas de hierro que provocan que el imán flote dentro de las líneas de campo magnético y a la vez amortiguan su movimiento. Una corriente alterna AC es aplicada al acelerómetro, provocando una variación de campo magnético. Esta suspensión del imán en una posición central se debe a la variación de la corriente entre las bobinas opuestas mientras el acelerómetro está inclinado horizontalmente como se puede observar en la Figura N°6.5 Como el acelerómetro de balance de fuerzas usa el fluido de hierro, este debe ser correctamente calentado a una temperatura aproximada de 25°C antes de leer las medidas.

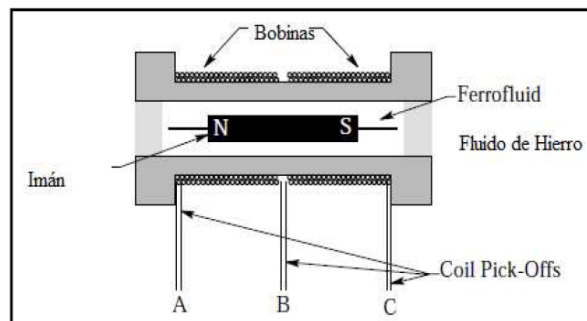


Figura N° 6.5 Acelerómetro Forced - Balanced

Elaborado por: Directional Surveying Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2001

Acelerómetro de Quartz – Hinged

El acelerómetro de cuarzo contiene un imán que no está suspendido, pero está adherido al acelerómetro como se muestra en la Figura N°6.6 Una corriente alterna AC es utilizada para retener al imán en la posición central mientras que el acelerómetro está inclinado horizontalmente. Este acelerómetro es más sensible que el acelerómetro de balance de fuerza, pero es más susceptible a daños físicos.

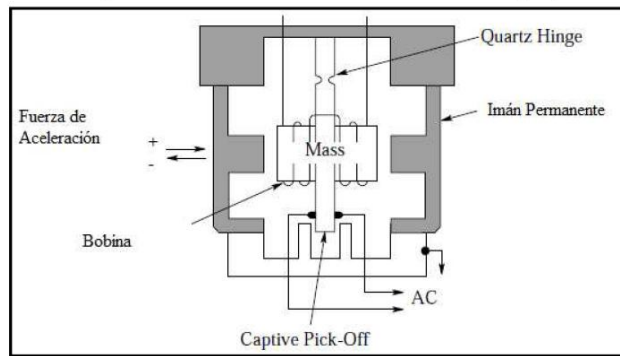


Figura N^o 6.6 Acelerómetro de Quartz - Hinged

Elaborado por: Directional Surveying Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2001

6.6.1.5.2 MAGNETOMETROS

Los magnetómetros son dispositivos que cuantifican la dirección o intensidad de la señal magnética de una muestra, es decir miden el campo magnético total que es distinto para cada punto geográfico, esta variación puede ser causada por las diferentes naturalezas de las rocas y la interacción entre las partículas cargadas del sol y la magnetosfera de un planeta. El campo magnético total en cualquier punto de la superficie de la tierra es la suma de variaciones locales (características geológicas o arqueológicas), sumadas a las variaciones en la intensidad del campo magnético terrestre.

Los magnetómetros contienen dos bobinas opuestas las cuales se encuentran alrededor de dos varillas metálicas (mu-metal rods) como se muestra en la Figura N^o6.7 Se aplica una corriente alterna AC a las bobinas alterando el campo magnético el cual magnetiza a las varillas metálicas. Cualquier campo magnético externo paralelo con la bobina causa que una de estas se sature más rápido que la otra y la diferencia en el tipo de saturación representa la fuerza del campo externo.

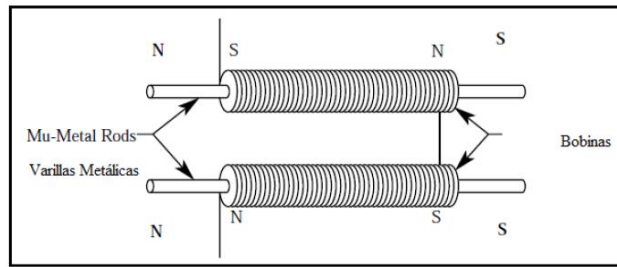


Figura N^o 6.7 Magnetómetros

Elaborado por: Directional Surveying Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2001

Las ventajas de utilizar estos dispositivos de medición son:

- Mejor precisión del instrumento
- Menos errores humanos porque no se leen los datos de manera manual.
- Se utilizan pequeñas correcciones.
- Producción de datos en menos tiempo.
- Eficiente análisis de los datos.
- No interfiere con las operaciones de perforación

Las desventajas de la utilización de estos dispositivos son:

- Más costosos que los instrumentos convencionales.
- Requiere collares no magnéticos en el BHA de perforación.

6.6.1.6 CALIBRACIÓN DE HERRAMIENTAS Y SENSORES

Los valores errados de los sensores pueden ser altos si la lectura que realizan estos sobrepasa los límites establecidos dentro de los procesos de calidad. Los cambios que se presentan en los sensores MWD se producen entre calibraciones sucesivas, notando de esta manera cambios en la inclinación, factor escalar y desalineación de cada sensor, además estos errores se producen porque los sensores están compuestos por materiales magnéticos que se encuentran afectados por otros factores externos. En la Fotografía 6.1 se muestra el espacio asignado con la obra civil terminada.

La Tabla N°6.2 nos muestra los rangos permisibles de error en los sensores.

Límites Permisibles				
Origen del Error	Acelerómetros		Magnetómetros	
	Rango Promedio	Máxima	Rango Promedio	Máxima
<i>Inclinación</i>	1 mG	1.2 mG	50 nT	70 nT
<i>Factor Escalar</i>	0.15 %	0.17%	42 nT (0.081%)	56 nT (0.108%)
<i>Desalineación del Ángulo</i>	0.08°	0.10°	0.05°	0.07°

Tabla N° 6.2 Rango permisible de error en los sensores
Elaborado por: Survey Quality Analysis Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2009

6.6.2 IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE MANTENIMIENTO PARA LA HERRAMIENTA HYPERPULSE DEL SISTEMA MWD

Debido a la necesidad de otorgar un correcto control de calidad en el mantenimiento de herramientas electrónicas del sistema MWD, específicamente para las componentes de la herramienta Hyperpulse (G4, CMS, PULSER) y a la importancia de las mismas en su aplicación en la perforación direccional, se requiere contar con el espacio físico que permita la implementación de un laboratorio equipado con los requerimientos necesarios, como se muestra en la Figura N° 6.6.1



Figura N° 6.6.1 Laboratorio de Mantenimiento de herramientas MWD
Elaborado por: El investigador

Entre los equipos e instrumentos adquiridos para el Laboratorio se muestran los más importantes en las Figuras N° 6.6.2, N°6.6.3, N°6.6.4, N°6.6.5, N°6.6.6, N°6.6.7, N°6.6.8, N°6.6.9 y N°6.6.10:



Figura N° 6.6.2 Kit de Comunicación
Elaborado por: La investigadora



Figura N° 6.6.3 EM & EM/PP Test
Elaborado por: La investigadora



Figura N° 6.6.4 Centering Sleeve Test Box
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o 6.6.5 CMS Resistance Test
Elaborado por: El investigador



Figura N^o 6.6.6 Plataforma para Wet Test
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o 6.6.7 Fuente de poder AC/DC y Multímetro
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o 6.6.8 Barrier Box
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o 6.6.9 Celdas de baterías de Litio
Elaborado por: La investigadora



Figura N° 6.6.10 Battery Tester
Elaborado por: La investigadora

La aplicación para realizar las pruebas de mantenimiento es EM & PP Tool Comms del software Spectrum Suite con la última versión, como se muestra en la Figura N°6.6.11.

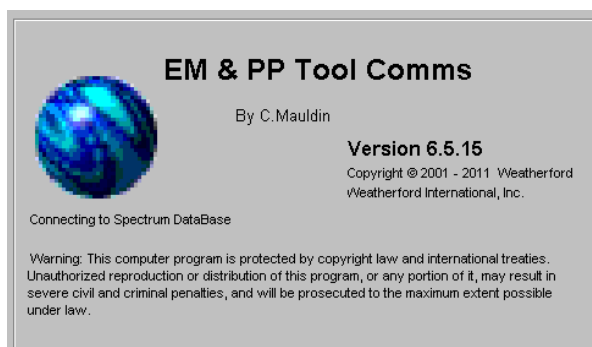


Figura N° 6.6.11 EE & PP Tool Comms (Software)
Elaborado por: La investigadora

En cuanto a los materiales adquiridos para el Laboratorio se muestra los más representativos en las figuras N°6.6.12, N°6.6.13, N°6.6.14, N°6.6.15, N°6.6.16 y N°6.6.17.



Figura N° 6.6.12 Mesas de Trabajo
Elaborado por: La investigadora

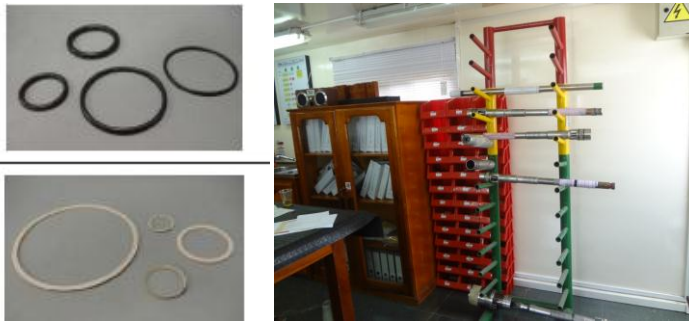


Figura N^o 6.6.13 O-Rings y Back-up Rings de todas las medidas
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o6.6.14 Finger Extension
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o6.6.15 Grasa Dow Corning 111, 5.3 oz
Elaborado por: La investigadora



Figura N^o 6.6.16 Piezas de repuestos específicos para cada herramienta.
Elaborado por: La investigadora



Figura N^a 6.6.17 Racks Debidamente señalizados de acuerdo al status de las herramientas.

Elaborado por: La investigadora

6.6.3 PROCEDIMIENTOS PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE COMPONENTES DE LA HERRAMIENTA HYPERPULSE (G4, CMS, PULSER)

6.6.3.1 Procedimiento Para Mantenimiento Preventivo de Herramienta G4

Introducción

Propósito

Proporcionar instrucciones para la realización del mantenimiento preventivo de la herramienta G4.

Alcance

Esta instrucción de trabajo aplica a todas las herramientas G4 (versión G4++7.1 y por debajo, y GABIS).

Documentos de Referencia

- “*Bill of Materials BM010411*”, que contiene los números de parte para todos los materiales y herramientas de ensamblaje utilizados en esta instrucción de trabajo.
- Esta Instrucción de Trabajo hace referencia a los siguientes planos de ensamblaje:
 - Ensamblaje MD700AV075, “*Sensor Direccional-CDS*”
 - Ensamblaje MD700AM193, “*Transmisor de fondo BTR (MWD200)*”

Materiales Requeridos

- Fuente de Poder DC
- Multímetro
- Lima Fina
- Marcador de metales.
- Conos sujetadores de tubería.
- Bloque en V
- Non-shrink Tubing
- Blue Shower
- Paño sin pelusa
- Saca O-Ring
- Esponja de limpieza con fibra
- Alcohol isopropilico
- Grasa DC 5
- Contac cleaner QD

6.6.3.1.1 Inspección Visual

Limpiar el cuerpo de la herramienta G4 con Blue Shower y un paño sin pelusa.
(Figura N°6.6.3.1.1 a)



Figura N° 6.6.3.1.1 a) Limpieza de herramienta G4.
Elaborado por: La investigadora

Usando un saca O-Ring, remover todos los O-ring de la extensión a la batería en la BTR (Figura N°6.6.3.1.1 b) y después limpiarla usando Blue Shower y un paño sin pelusa (Figura N°6.6.3.1.1 c)



b)



c)

Figura N° 6.6.3.1.1 b) y c) Limpieza de extensión a la batería en la BTR.
Elaborado por: La investigadora

Examinar todas las ranuras de los O-ring de la extensión a la batería en la BTR (Figura N°6.6.3.1.1 d) y en el conector de la BTR (Figura N°6.6.3.1.1 e) buscando la existencia de alguna deformación, aplastamiento o surco y usando una lima o una esponja de limpieza con fibra y alcohol isopropilico, remover algún metal

levantado. Inspeccionar también el Kapton tape en el conector de la BTR (Figura N°6.6.3.1.1 e), que se encuentre intacto.

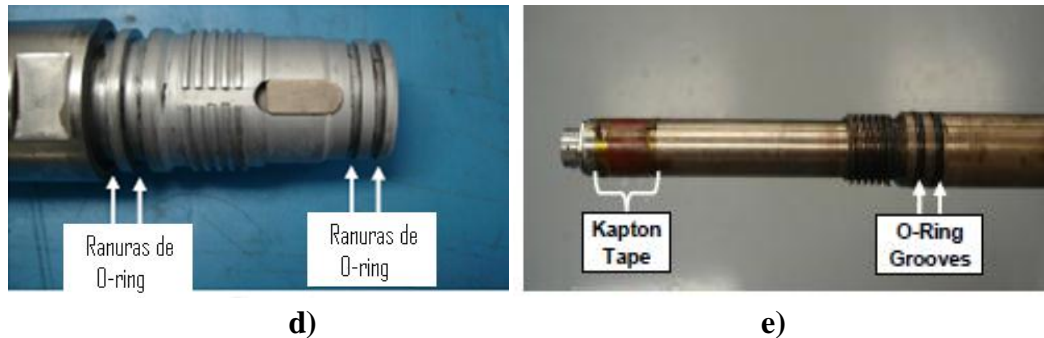


Figura N° 6.6.3.1.1 d) y e) Examinar la extensión a la batería y el conector en la BTR.
Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar la rosca en la extensión a la batería en la BTR y en el Upper Fitting (Figura N°6.6.3.1.1 f) por cualquier daño o surco en los hilos de la rosca. Usar una lima o una esponja de limpieza con fibra y alcohol isopropilico para remover algún metal levantado.

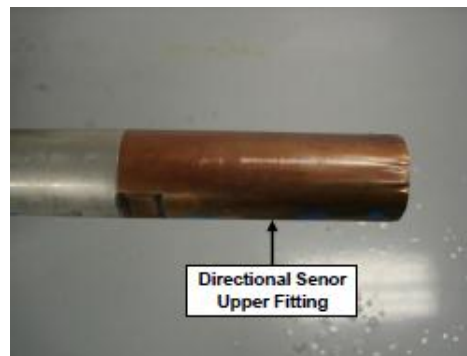


Figura N° 6.6.3.1.1 f) Inspección de rosca en el Upper Fitting.
Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar la carcasa de la herramienta G4 por cualquier daño o lavado (Figura N°6.6.3.1.1 g), y registrar lo encontrado en la hoja de Control de Pruebas de la herramienta G4.

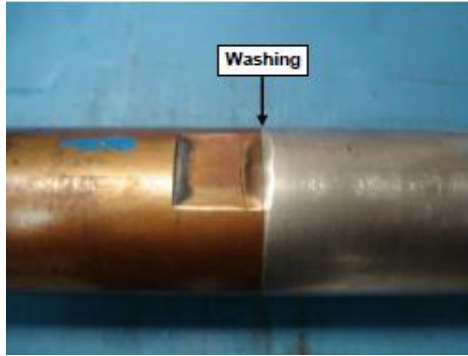


Figura N^o 6.6.3.1.1 g) Inspección de carcasa en la herramienta G4.

Elaborado por: La investigadora

Llenar una jeringuilla con aproximadamente 2 ½ ml de grasa DC 5 y poner 4” de largo de non-shrink tubing sobre la punta de la jeringuilla. (Figura N^o6.6.3.1.1 h)



Figura N^o 6.6.3.1.1 h) Jeringa con grasa DC y non-shrink tubing.

Elaborado por: La investigadora

Usar la jeringuilla para inyectar la DC 5 tan profundo sea posible alrededor del pin en la CDS (Figura N^o6.6.1.1 i)



Figura N^o 6.6.3.1.1 i) Inyectar la grasa alrededor del pin en la CDS.

Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar el área alrededor del pin en la CDS para asegurarse que se encuentre cubierta completamente con la DC 5 (Figura N°6.6.3.1.1 j).

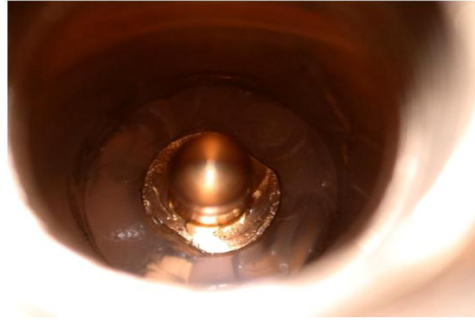


Figura N° 6.6.3.1.1 j) Inspección el pin de la CDS.
Elaborado por: La investigadora

Aplique una segunda capa de DC 5 alrededor de la parte inferior del pin CDS (ver Figura N°6.6.3.1.1 k) asegurando sellar entre el pin y el empalme superior.



Figura N° 6.6.3.1.1 k) Aplicación de segunda capa de grada en el pin de la CDS.
Elaborado por: La investigadora

Asegúrese de que todas las marca pares en la herramienta G4 coincidan (ver Figura N°6.6.3.1.1 l).

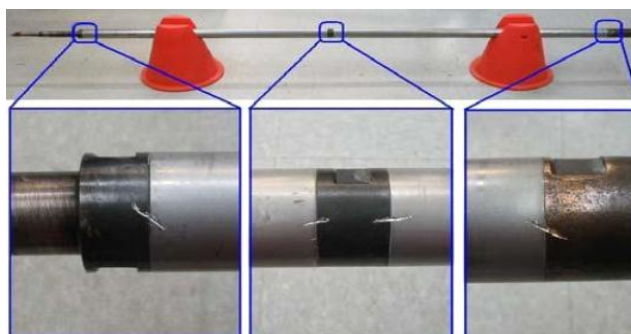


Figura N° 6.6.3.1.1 l) Marcas pares en la G4.
Elaborado por: La investigadora

Usando Contact Cleaner QD, esterilizar el interior del conector de la BTR, y luego inspeccionarlo por cualquier daño a los pines (Figura N°6.6.3.1.1 m) y a la cubierta externa (Figura N°6.6.3.1.1 n). Suavemente tratar de girar el conector de la BTR para asegurarse es que no gire o que no se mueva.

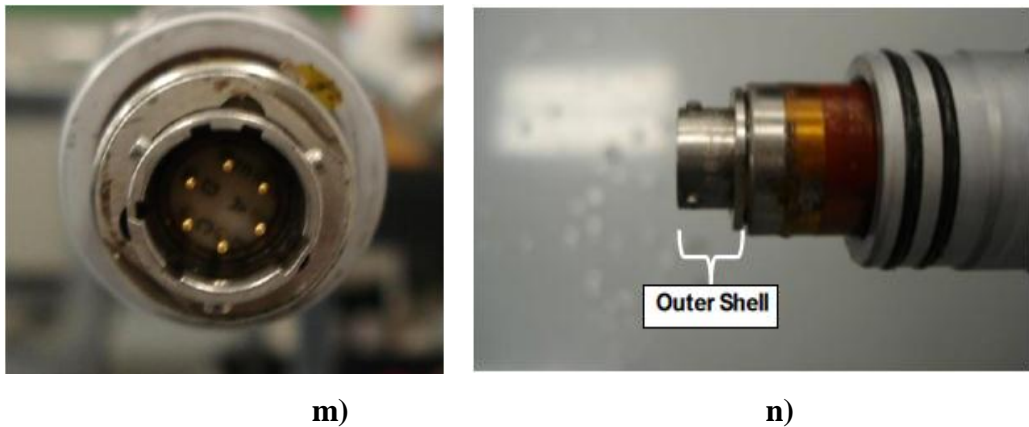


Figura N° 6.6.3.1.1 m) y n) Conector de la BTR.
Elaborado por: La investigadora

Inspeccione la battery key (Figura N°6.6.3.1.1 o) en el centralizador G4 asegurándose de que quede firme en su lugar.

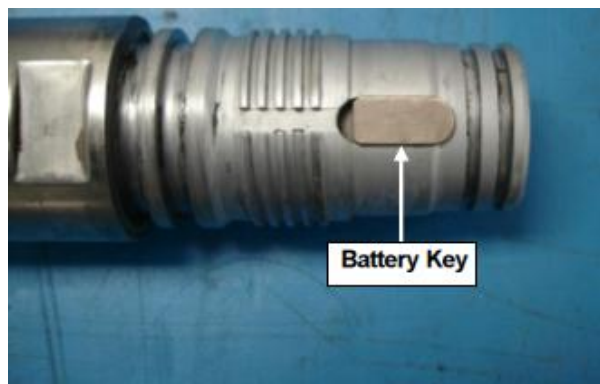


Figura N° 6.6.3.1.1 o) Inspección del battery key.
Elaborado por: La investigadora

Ajuste la fuente de alimentación de 18 voltios + / - 0,5 V (voltaje de funcionamiento de la herramienta), y luego usar un multímetro para confirmar el

voltaje como se muestra en la Figura 6.6.3.1.1. p). Una vez que el voltaje apropiado se ha puesto, apague la fuente de alimentación.



Figura N^o 6.6.3.1.1 p) Voltaje de funcionamiento.
Elaborado por: La investigadora

Con la fuente de alimentación, enchufe el finger extension en el conector de CDS, a continuación, haga lo siguiente:

- a. Con un multímetro, mida la resistencia entre el finger extension y el cuerpo de la herramienta G4 como se muestra en la Figura N^o6.6.3.1.1 q) (el rango aceptable de resistencia es de 12 a 14 Ω).
- b. Registre la lectura de medida en la hoja de control.

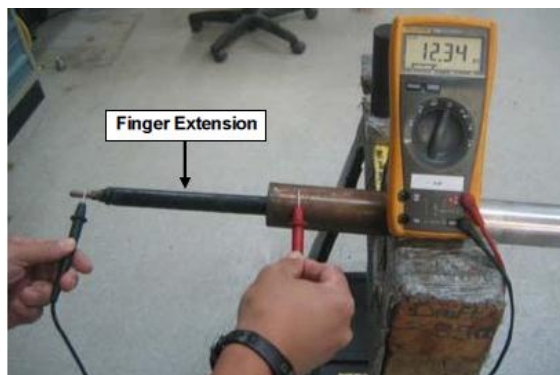


Figura N^o 6.6.3.1.1 q) Medición de resistencia.
Elaborado por: La investigadora

Conectar todos los componentes que son necesarios para este procedimiento de ensayo, como se muestra en la Figura N^o6.6.3.1.1 r).

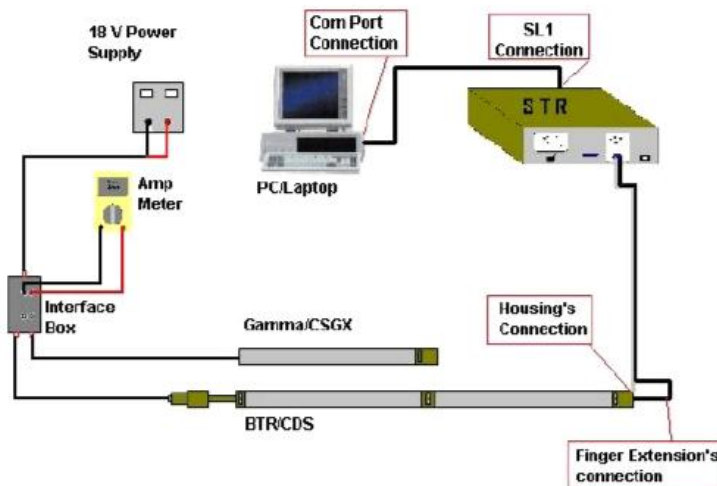


Figura N^a 6.6.3.1.1 r) Forma de conexión.

Elaborado por: La investigadora

Coloque un extremo de la herramienta G4 en un bloque en V y el otro extremo en un cono de tubo (Figura N^o6.6.3.1.1 s), con orientación magnética este a oeste.



Figura N^a 6.6.3.1.1 s) Herramienta G4 con orientación magnética.

Elaborado por: La investigadora

6.6.3.1.2 Roll Test



Iniciar el software **“EM&PP”** en la carpeta **“Tool Comunications”** de la última versión del software **“Spectrum Suite”**.

Cuando se muestre la ventana **“EM&PP Tool Comms”** (Figura N^o6.6.3.1.2 a), proceder de la siguiente manera:

Seleccionar el puerto **Comm** apropiado en la pestaña **Serial I/O** (ver ①).

Encender la fuente de alimentación del CMS, se mostrará el mensaje **“Host Detected”** (ver ②) mientras está en la pestaña **Serial I/O**.

Seleccionar la pestaña CDS (ver ③).

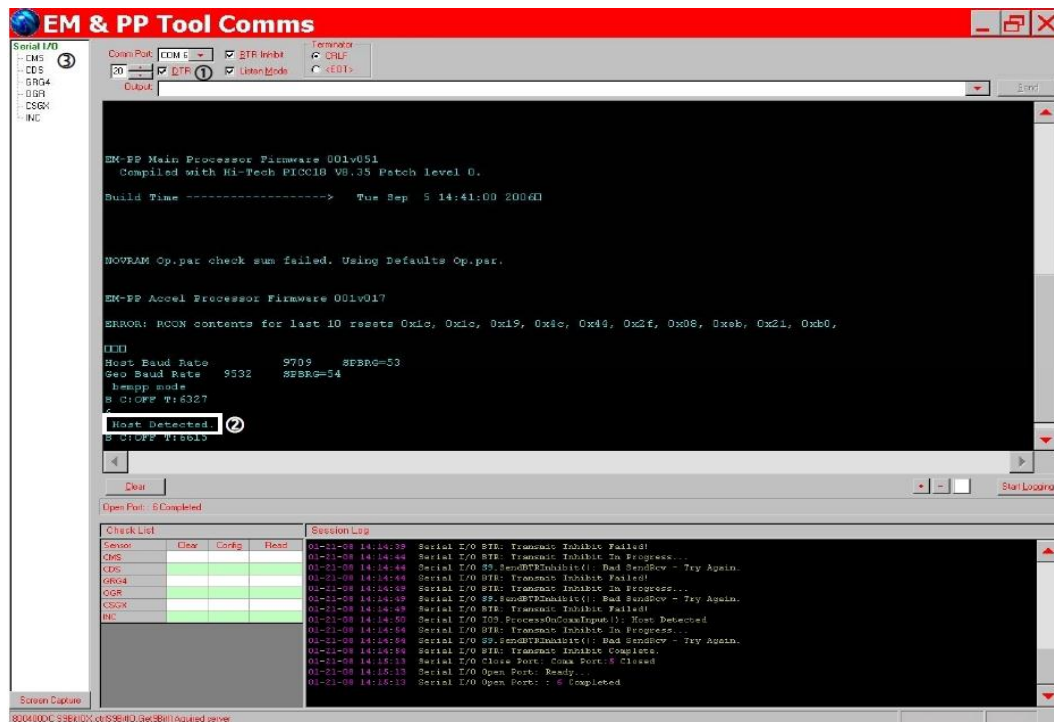


Figura N° 6.6.3.1.2 a) Pantalla EM & PP Tool Coms.

Elaborado por: La investigadora

Dar click en Long and Short Survey y girar la herramienta hasta que encuentre la cara alta (cerca de 0 grados GTF_0 valor), y con un marcador de metales, dibujar una línea en la herramienta G4 (Figura N°6.6.3.1.2 b) para que sirva como una referencia para el resto de los cuadrantes al girar la herramienta, para hacer la prueba más rápida.



Figura N° 6.6.3.1.2 b) Marca en la cara alta.

Elaborado por: La investigadora

Girar la herramienta en sentido horario cada 90° para que los vectores roten por cada cuadrante y seleccionar un valor estable (Figura N°6.6.3.1.2 c).

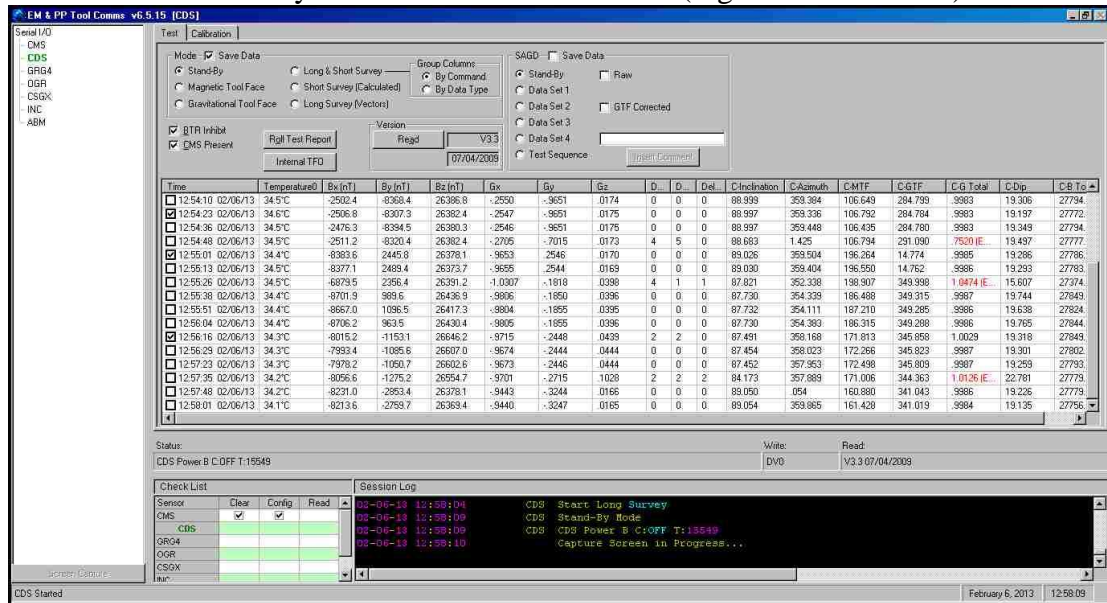


Figura Nª 6.6.3.1.2 b) Seleccionando valores.

Elaborado por: La investigadora

Generar el reporte de Roll Test y verificar los valores que los valores estén dentro de los rangos permitidos para determinar el correcto funcionamiento de los vectores (Figura 6.6.3.1.2 c).

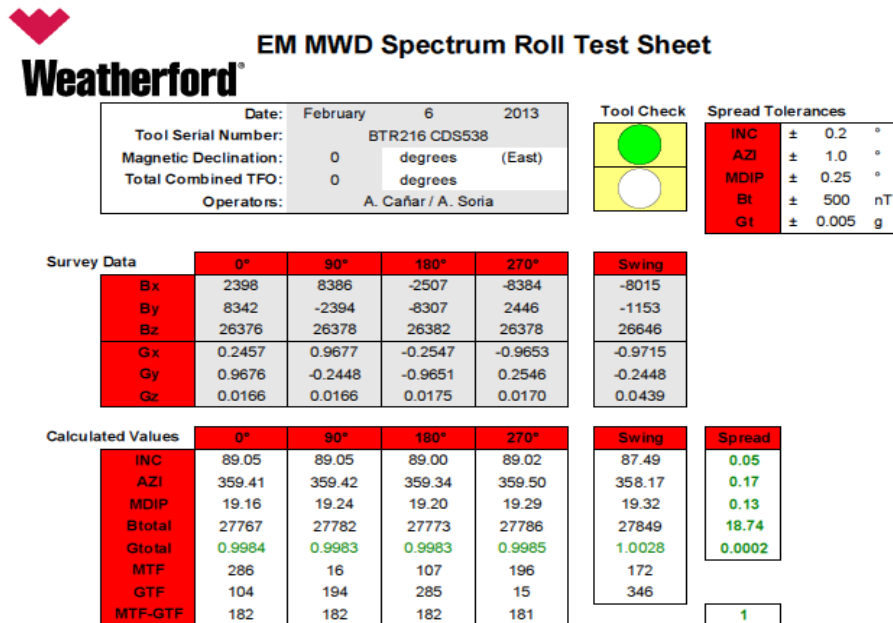


Figura Nª 6.6.3.1.2 c) Reporte de Roll Test.

Elaborado por: La investigadora

6.6.3.2 Procedimiento para Mantenimiento Preventivo de la “Control Module Sonde (CMS)”

Introducción

Propósito

Proporcionar instrucciones para realizar el mantenimiento preventivo de todos los ensamblajes del “*Control Module Sonde (CMS)*”.

Alcance

Esta Instrucción de Trabajo aplica para todos los ensamblajes del “*Control Module Sonde (CMS)*”.

Documentos de Referencia

“*Bill of Materials BM010413*”, que contiene los números de parte para todos los materiales y herramientas de ensamblaje utilizados en esta Instrucción de Trabajo.

Este documento hace referencia al siguiente plano de ensamblaje:

- Ensamblaje MD005649, “*Control Module Sonde - CMS*”.

Materiales Requeridos

- Fuente de Alimentación de 18V.
- Lima Fina.
- Fluke 189 DMM.
- Paño libre de Pelusa.
- Martillo de Goma.
- Esponja de limpieza con Fibra.
- Llave Inglesa / llave hexagonal de 3/16”.
- Blue Shower
- Saca O-Ring
- Alcohol Isopropilico
- Calibrador digital

- Grasa DC 5
- CMS Resistance Test
- Grasa DC 111

6.6.3.2.1 Inspección Visual y Prueba con Software

Desenroscar la tapa protectora del extremo superior de la herramienta CMS (Figura N°6.6.3.2.1 a).

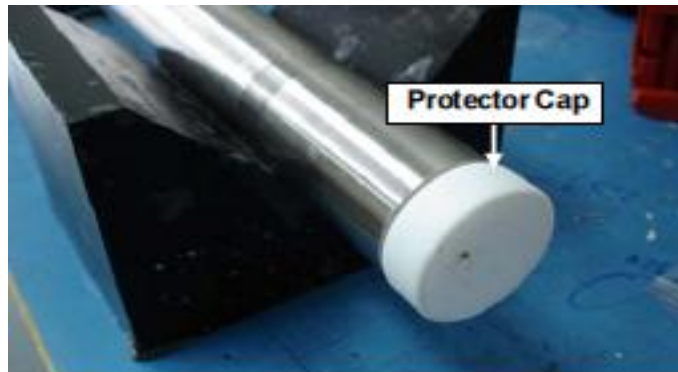


Figura N° 6.6.3.2.1 a) Protector Cap en CMS.

Elaborado por: La investigadora

Usando la llave hexagonal de 3/16'' desenroscar el tornillo de la tapa protectora del tándem y luego retirarla (Figura N°6.6.3.2.1 b).

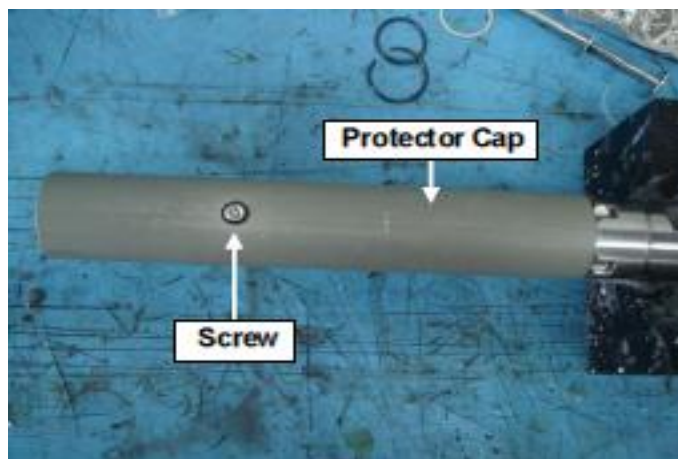


Figura N° 6.6.3.2.1 b) Protector Cap en tándem de la CMS.

Elaborado por: La investigadora

Limpiar el cuerpo de la herramienta CMS con “Blue Shower” y un paño libre de pelusa (Figura N° 6.6.3.2.1 c).



Figura N° 6.6.3.2.1 c) Limpieza de CMS.
Elaborado por: La investigadora

Usando el saca O-Rings, remover todos los “O – Rings” y los “Back up O-rings” del tándem de la CMS (Figura 6.6.3.2.1 d), y limpiar las ranuras de los “O – Rings” usando “Blue Shower” y un paño libre de pelusa.



Figura N° 6.6.3.2.1 d) Desensamble de CMS.
Elaborado por: La investigadora

Examinar si existe algún daño en todos los “Back – Up Rings” de la cubierta de la CMS y desechar cualquier “Back – Up Ring” que esté dañado.

Examinar deformación, aplastamiento o surco de todas las ranuras de los “O – Rings” en el tándem de la CMS (Figura N°6.6.3.2.1 e). Usar una lima o una esponja de limpieza con fibra y alcohol isopropílico para eliminar cualquier metal levantado.



Figura N° 6.6.3.2.1 e) Tándem de CMS.

Elaborado por: La investigadora

Asegurarse que todas las marcas del torque de la herramienta CMS coincidan (Figura N°6.6.3.2.1 f).



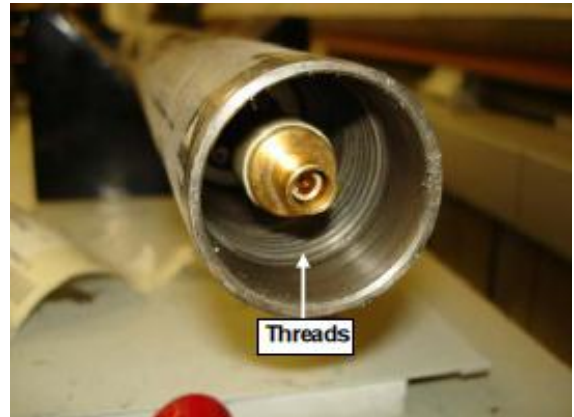
Figura N° 6.6.3.2.1 f) Marcas en la CMS.

Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar si existe algún daño en la rosca del agujero del tornillo (Figura N°6.6.3.2.1 g), y en la rosca del terminal del “Triax Connector” (Figura N°6.6.3.2.1 h).



g)



h)

Figura N° 6.6.3.2.1 g) y h) Inspección de roscas en la CMS.

Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar si existe algún daño o lavado en el chasis de la CMS (Figura N°6.6.3.2.1 i) y registrarlo en la hoja de control.



Figura N° 6.6.3.2.1 i) Inspección de lavados en el chasis de la CMS.

Elaborado por: La investigadora

Usando calibradores digitales, medir el área que parece tener el mayor daño o lavado donde el chasis se junta con el tándem (Figura N°6.6.3.2.1 i), si la medida es $\leq 1.663''$, el chasis debe ser reemplazado.

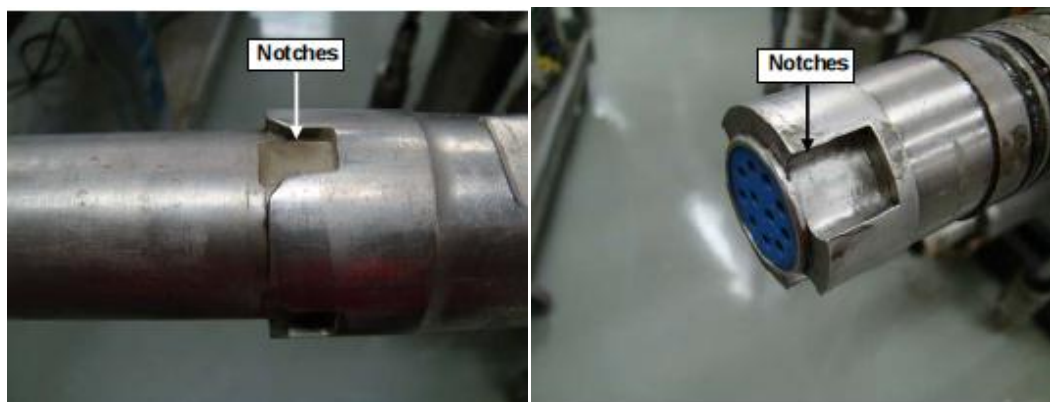
Verificar que las pestañas planas del tándem (Figura N° 6.6.3.2.1 j), no estén excesivamente usadas, al punto que el torque no pueda ser aplicado.



Figura N° 6.6.3.2.1 j) Inspección de desgaste en pestañas de torque.

Elaborado por: La investigadora

Inspeccionar si existe excesivo daño o lavado en las ranuras de castillo en ambos extremos del tándem. Un conjunto de ranuras está cerca de la unión del tándem y del chasis (Figura N°6.6.3.2.1 k), y el otro conjunto está en el terminal de 11 pines (Figura N°6.6.3.2.1 l).



k)

l)

Figura N° 6.6.3.2.1 k) y l) Inspección de daños en las ranuras de castillo.

Elaborado por: La investigadora

Usando un alicate, recortar las cerdas del cepillo (Figura 6.6.3.2.1 m) que se usará para revisar daños a los conectores.



Figura N° 6.6.3.2.1 m) Cepillo para verificar daños.

Elaborado por: La investigadora

Aplicar una pequeña cantidad de “DC5” a las cerdas del cepillo (Figura N°6.6.3.2.1 n).



Figura N° 6.6.3.2.1 n) Aplicación de grasa en el cepillo.

Elaborado por: La investigadora

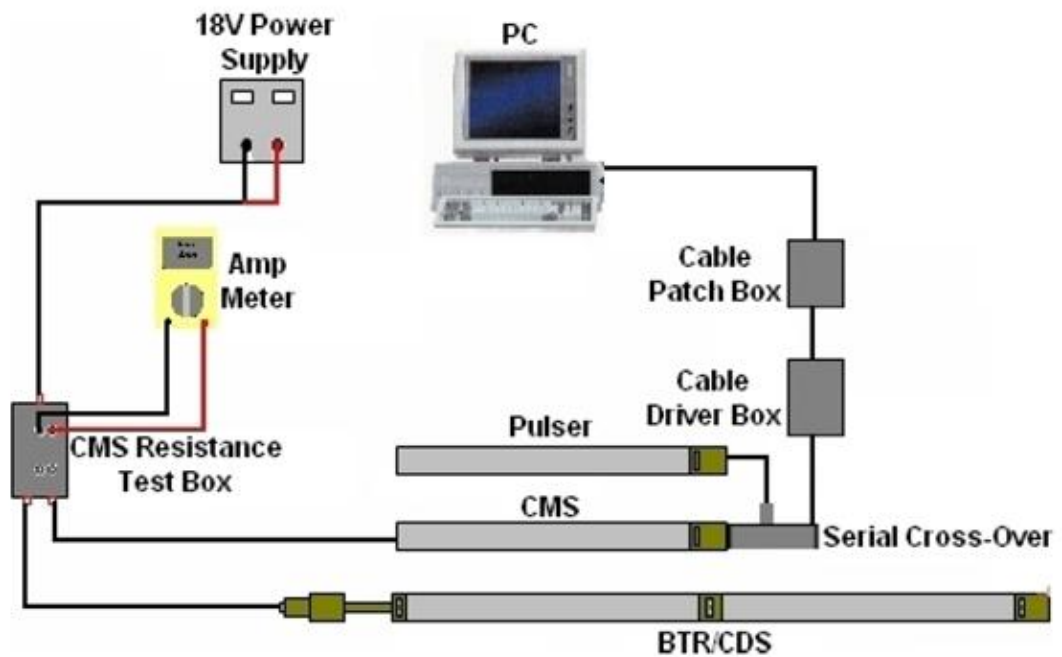
Consultar la Figura N°6.6.3.2.1 o), para lubricar todos los sockets del conector de 11 pines de la siguiente manera:

- Insertar y remover el cepillo dentro de los sockets varias veces mientras se gira para garantizar que todo el socket esté recubierto con “DC 5”.
- Retirar todos los residuos de la brocha antes de colocar el cepillo en el siguiente socket.
- Repetir los pasos anteriores para cada uno de los 10 sockets restantes.



*Figura Nª 6.6.3.2.1 o) Limpieza del conector de 11 pines.
Elaborado por: La investigadora*

Conectar todos los equipos como se muestra en la Figura N°6.6.3.2.1 p).



*Figura Nª 6.6.3.2.1 p) Conexión de equipos.
Elaborado por: La investigadora*



Iniciar el software “EM&PP” en la carpeta “*Tool Communications*” de la última versión del software “*Spectrum Suite*”.

Cuando se muestre la ventana “EM&PP Tool Comms” (Figura N°6.6.3.2.1 q), proceder de la siguiente manera:

Seleccionar el puerto **Comm** apropiado en la pestaña **Serial I/O** (ver ①).

Encender la fuente de alimentación del CMS, se mostrará el mensaje “*Host Detected*” (ver ②) mientras está en la pestaña **Serial I/O**.

Seleccionar la pestaña **CMS** (ver ③).

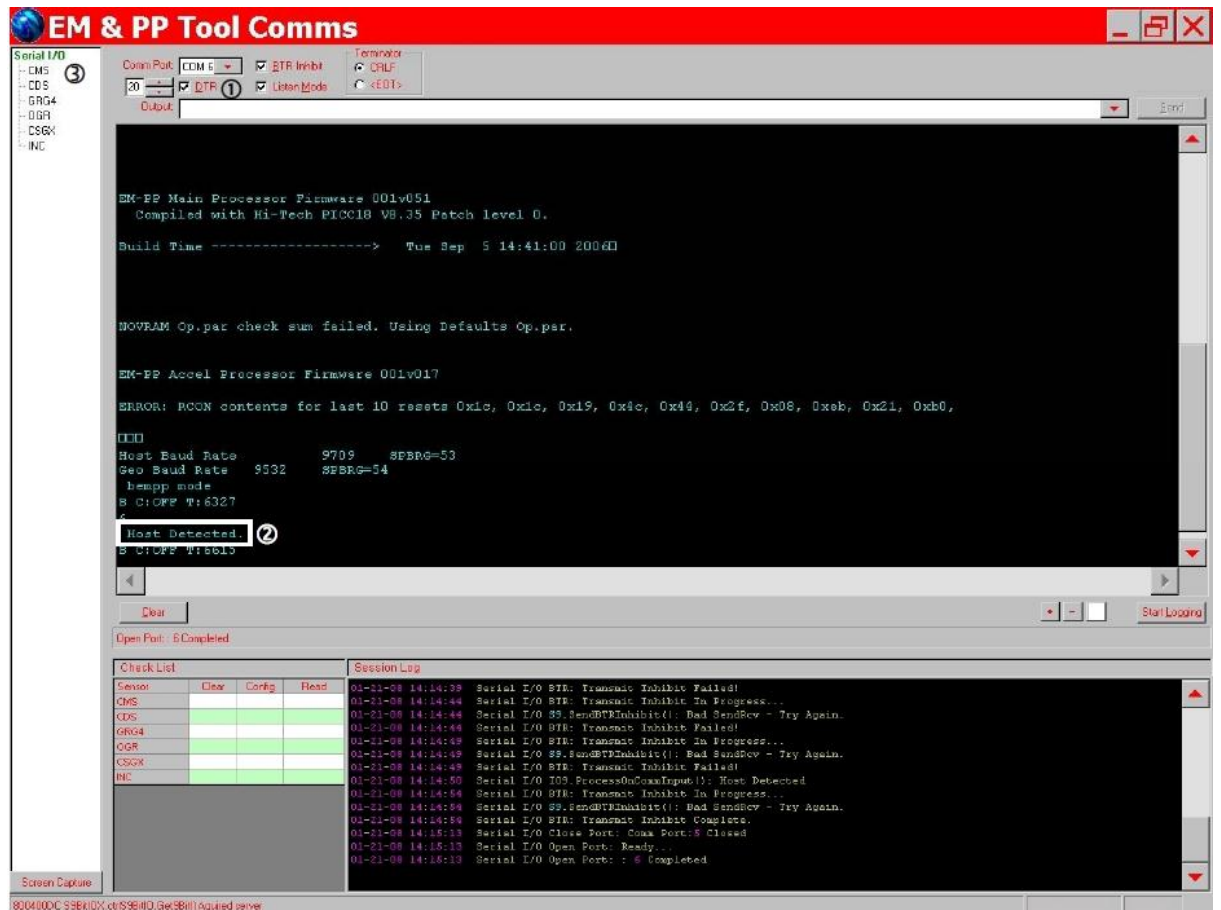


Figura N° 6.6.3.2.1 q) Pantalla EM & PP Tool Coms.

Elaborado por: La investigadora

Seleccionar la pestaña “**Memory**” (ver ①), realizar un click en “**Read Memory**” (ver ②), se muestra la fecha y la hora e ingresar el número serial del CMS y realizar un click en **Continue** (Figura N°6.6.3.2.1 r). Si la descarga de la memoria alcanza el 100% y reintentará descargar con otro **Baud Rate**, esto significa que la memoria del CMS está vacía y que se debe esperar hasta que el software complete los dos intentos de descarga antes de que se pueda salir.

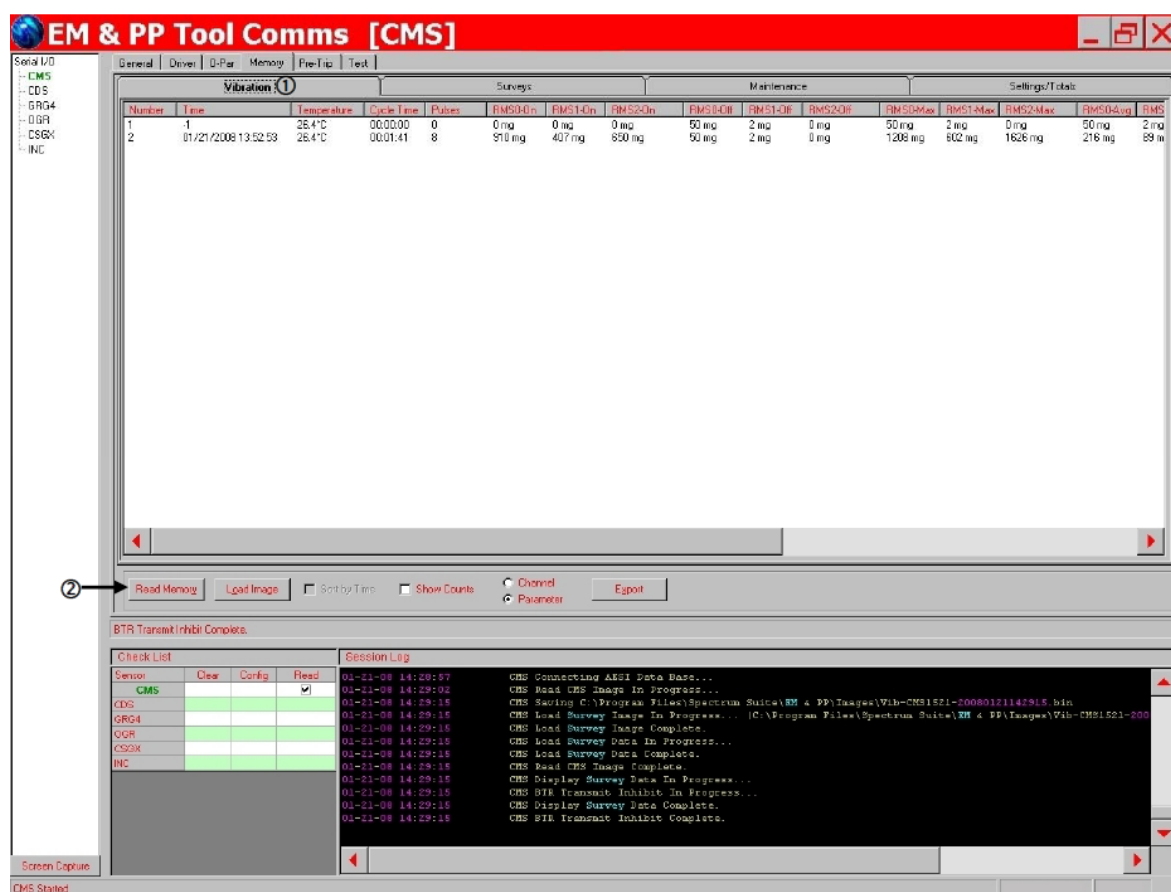


Figura N° 6.6.3.2.1 q) Pantalla EM & PP Tool Coms (CMS).

Elaborado por: La investigadora

Regresar a la ventana “**EM&PP Tool Comms**” (Figura N°6.6.3.2.1 r), y a continuación proceder de la siguiente manera:

Seleccionar la pestaña “**Driver**” (ver ①).

Realizar un click en “**Create Post-Bit Run Report**” (ver ②), y a continuación seleccionar “**Time Stamp**” (ver ③).

Ingresar el número serial (Serial Number) del CMS y realizar un click en **Continue**.

Guardar el archivo **“CMS Post-Bit Run Report”** dentro de una carpeta apropiada.

Seleccionar en el menú despegable del **Pulser Type**, el tipo **“AES”** (ver ④) y seleccionar la acción **“Apply”** (ver ⑤).

En la sección **Pulse**, asegurarse que la opción **“Autoread”** esté activada (ver ⑥) y presionar el botón **“Pulse”** (ver ⑦). Se observará una forma de onda de la corriente entregada al **“Pulser”**.

Una vez hecho todo el procedimiento, realizar un click en **“Clear Pulse Report”** (ver ⑧).

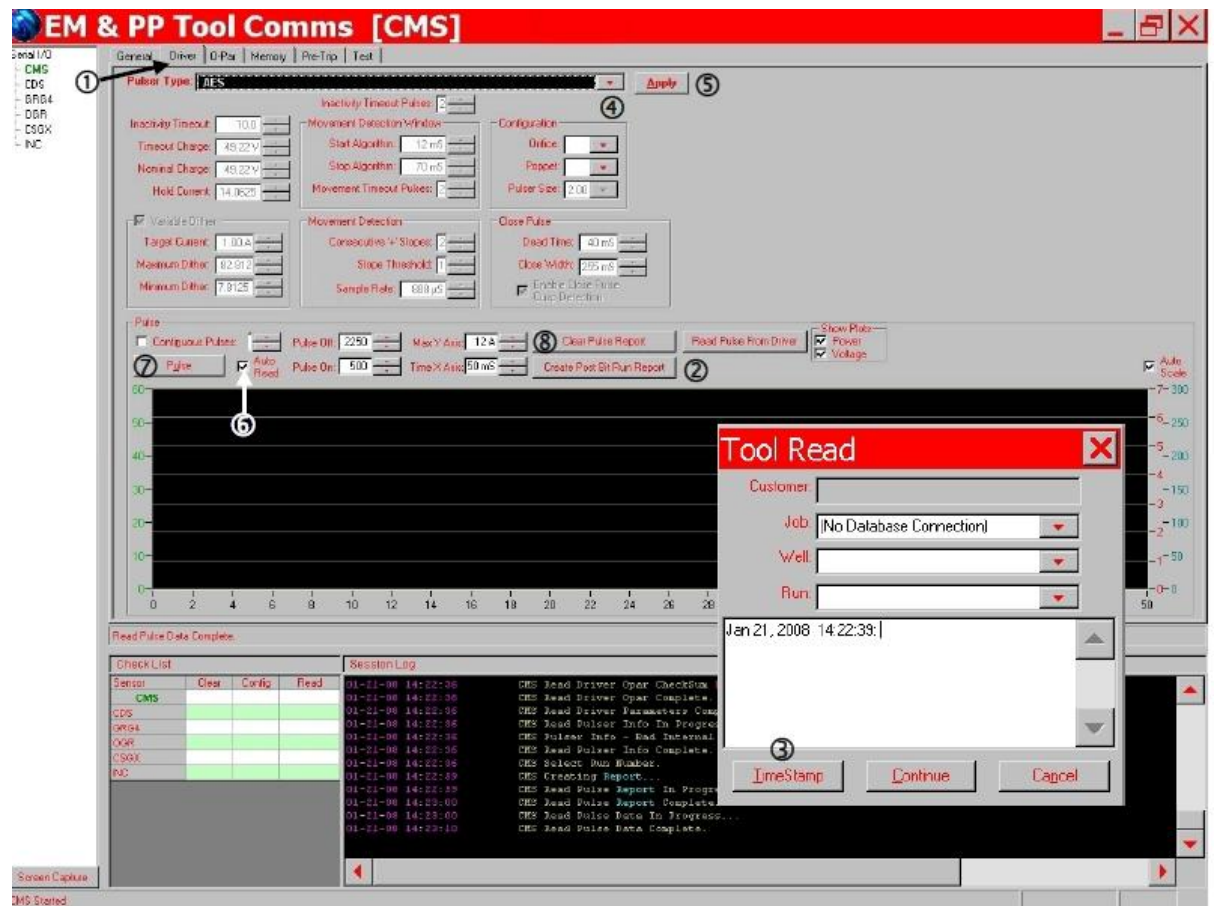


Figura N° 6.6.3.2.1 r) Pantalla EM & PP Tool Coms (Driver).

Elaborado por: La investigadora

Como muestra la Figura N°6.6.3.2.1 s), seleccionar la pestaña “**O-PAR**” (ver ①), y a continuación presionar el botón “**POPO Properties**” (ver ②) (los valores por defecto son 50mg por encendido de bombas y 35mg por apagado de bombas) (ver Figura 6.6.3.2.1 t), realizar un click en “**Apply**” (ver ③) y posteriormente en “**X**” (ver ④) para cerrar las “**POPO Properties**”.

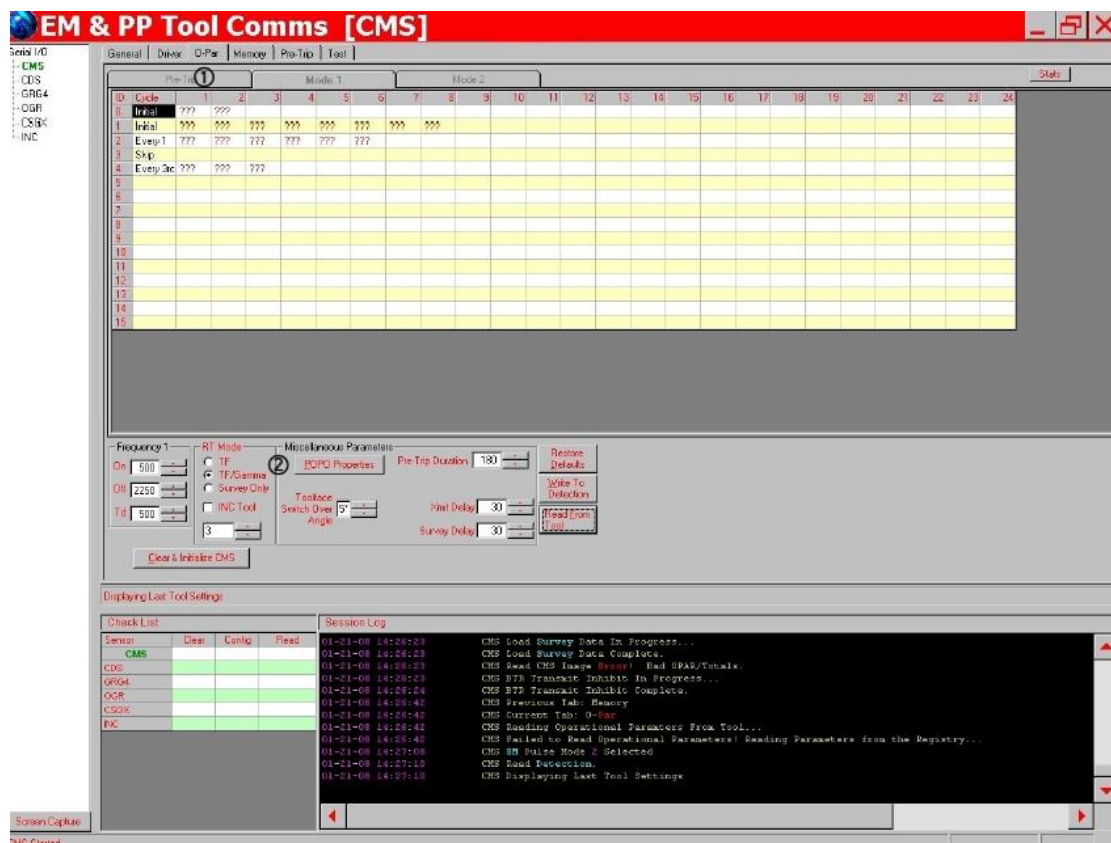


Figura Nª 6.6.3.2.1 s) Pantalla O-Par.
Elaborado por: La investigadora

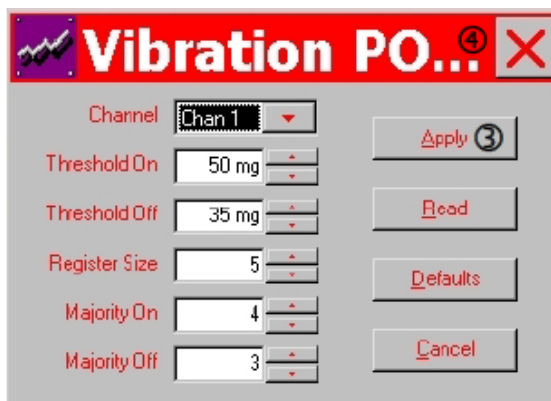


Figura Nª 6.6.3.2.1 t) Pantalla POPO Properties.
Elaborado por: La investigadora

Regresar al menú “Serial I/O”, y a continuación desactivar la opción “DTR” (ver ①). Como se ilustra en la Figura N°6.6.3.2.1 u)

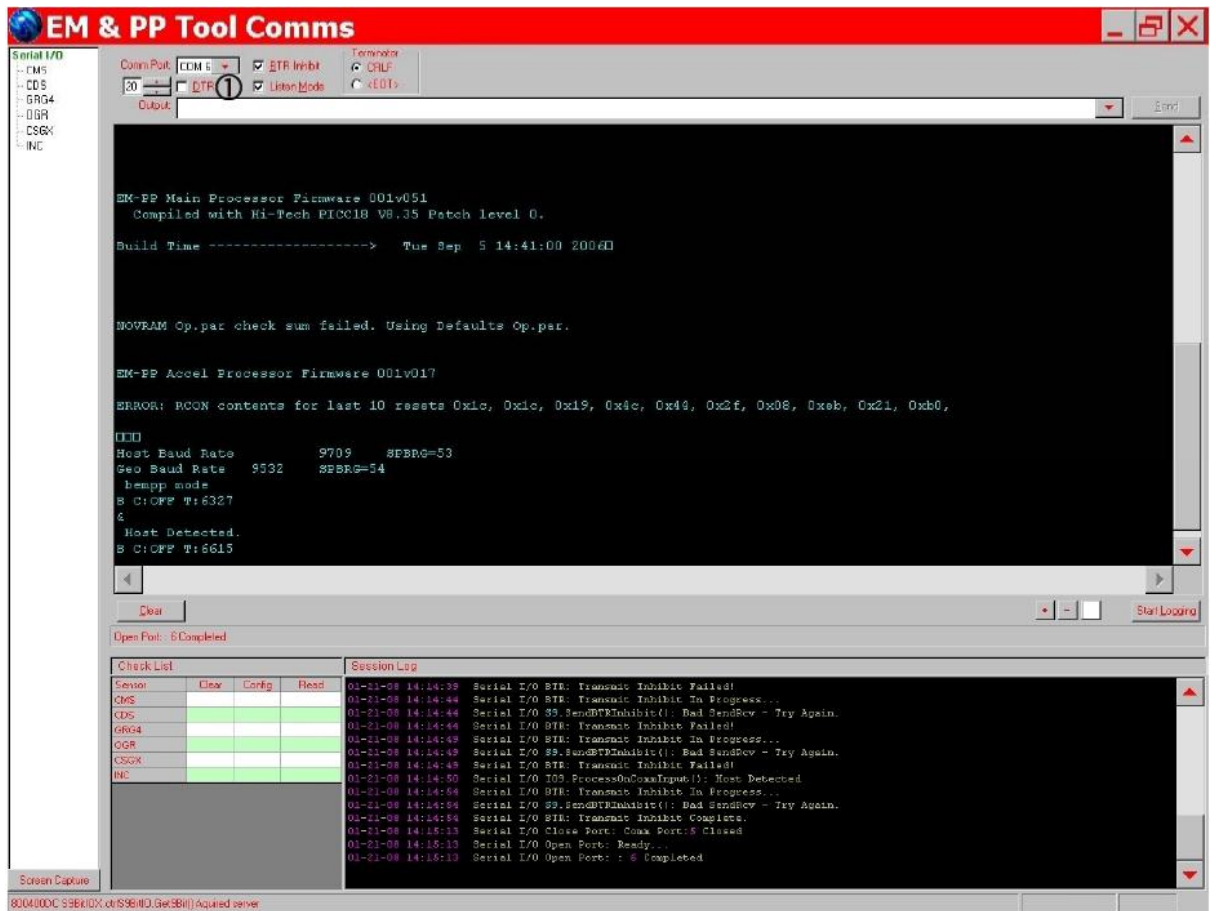


Figura N° 6.6.3.2.1 u) Pantalla EM & PP Tool Coms Serial I/O.

Elaborado por: La investigadora

Usando un martillo de caucho, golpear suavemente la CMS cerca del área en donde se cruza el tándem con el chasis (Figura N° 6.6.3.2.1 v) repetidamente por 40 segundos.



Figura N° 6.6.3.2.1 v) Dando golpes en CMS para simular vibración.

Elaborado por: La investigadora

Observar en la ventana “*Serial I/O Communication*” (Figura N°6.6.3.2.1 w) que la opción “*EMPP mode*” esté “*On*” es decir activada (ver ①), y a continuación observar el mensaje “*Charging Cap Bank*” (ver ②), una vez que el mensaje es recibido, esperar 30 segundos. La herramienta comenzará a pulsar, esta es la prueba de funcionamiento para el “*Flow Switch*”. Documentar la aprobación o los errores en la hoja de control, una vez que el mensaje de apagado “*Powering Down Cap Bank*” es recibido, reactivar la opción “*DTR*” (ver ③). Apagar la herramienta CMS y luego salir del software “*EM&PP Tool Comms*”.

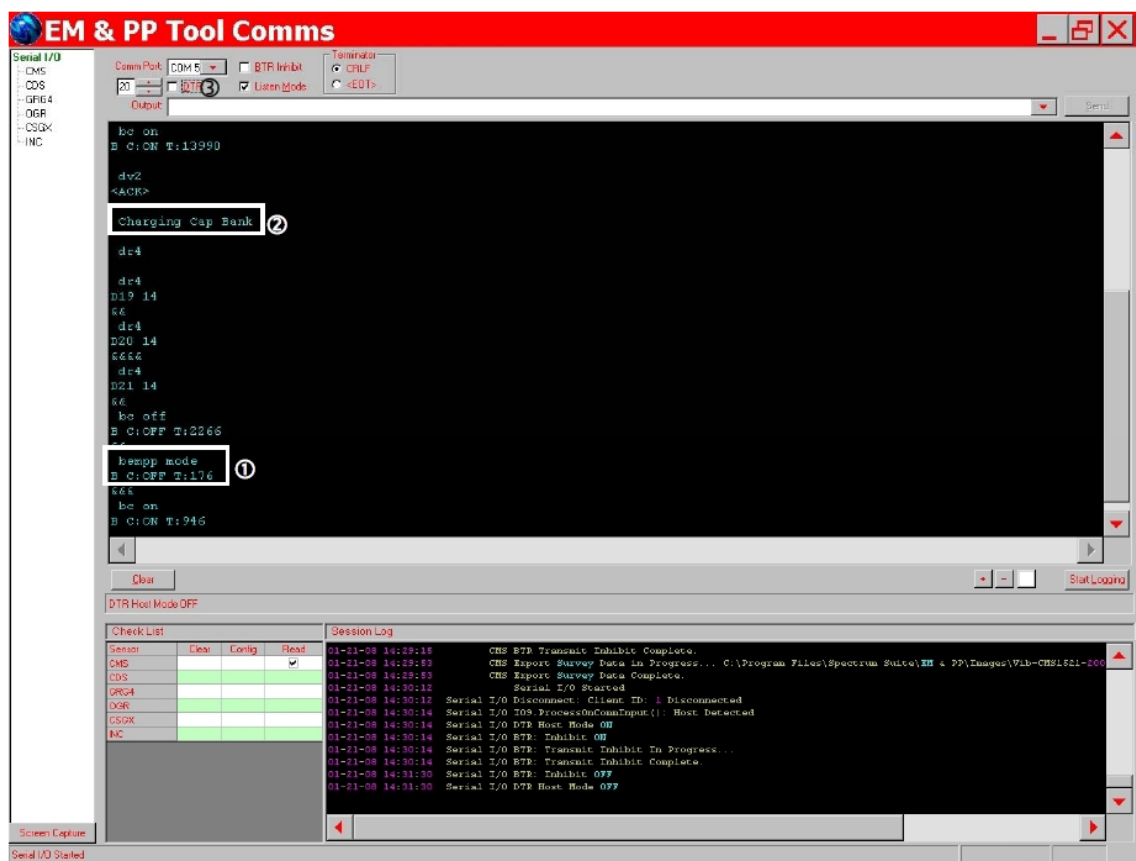


Figura N° 6.6.3.2.1 w) Prueba de encendido.

Elaborado por: La investigadora

6.6.3.2.2 Habilitar la CMS.

Instalar nuevos “*O – Rings*” dentro de las ranuras en la cubierta (Figura N°6.6.3.2.2 a) y a continuación reinstalar los “*Back – up Rings*”.

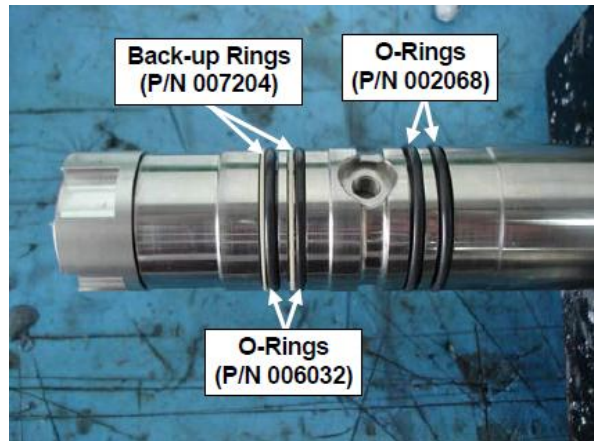


Figura N^o 6.6.3.2.2 a) Reinstalación de o-rings y back-up rings nuevos.

Elaborado por: La investigadora

Aplicar una capa delgada de “DC 111” a los “O – Rings” (Figura N^o6.6.3.2.2 b).



Figura N^o 6.6.3.2.2 b) Aplicación de grasa en los o-rings.

Elaborado por: La investigadora

Enroscar la tapa protectora en el extremo superior de la herramienta CMS (Figura N^o6.6.3.2.2 c).

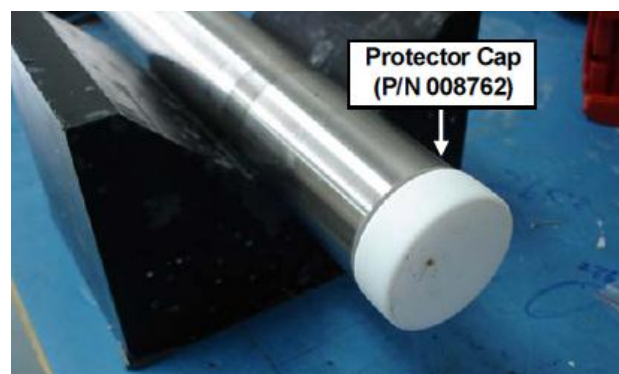


Figura N^o 6.6.3.2.2 c) Enroscar el protector Cap en la CMS.

Elaborado por: La investigadora

Instalar la tapa protectora alrededor del tándem (Figura N°6.6.3.2.2 d), y usando una llave hexagonal de 3/16”, enroscar el tornillo de la tapa protectora a la cubierta.

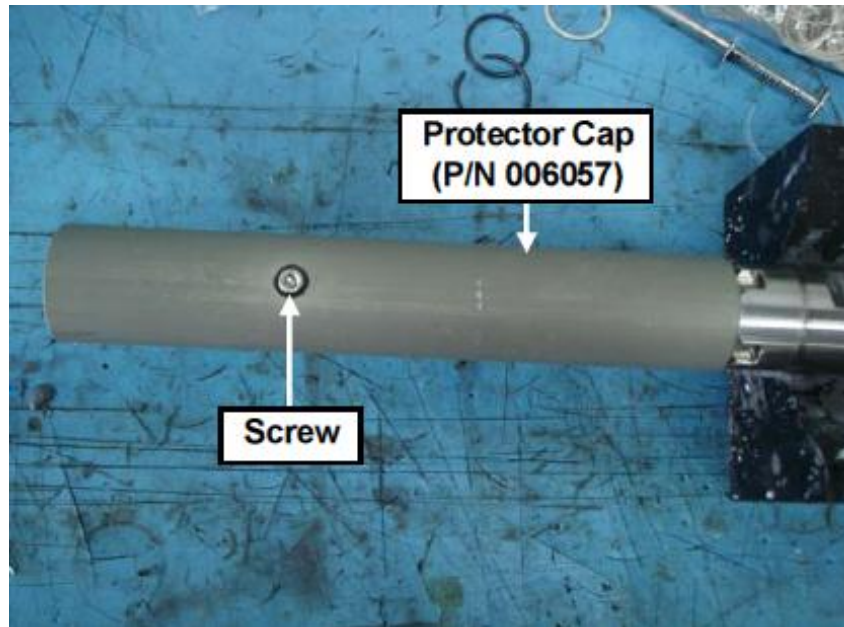


Figura N° 6.6.3.2.2 d) Enroscar el protector Cap del tándem en la CMS.
Elaborado por: La investigadora

6.6.3.3 Procedimientos para Prueba de Fugas en el Pulser

Introducción

Propósito

Proporcionar instrucciones para la realización del “Wet Test” en un Pulser.

Alcance

Este procedimiento proporciona las instrucciones para realizar un “Wet Test”, al cargar el solenoide hidráulicamente y es la mejor técnica para garantizar la calidad en el funcionamiento de la válvula de control.

Documentos de Referencia

“*Bill of Materials BM005718*”, que contiene los números de los artículos para todos los materiales y herramientas de ensamblaje utilizados en este documento.

Este documento hace referencia a los siguientes planos de ensamblaje:

- Ensamblaje MD001600, “*Control Valve – Pulser*”
- Ensamblaje MD005536, “*Main Valve – 4¾” Pulser*”
- Ensamblaje MD005537, “*Main Valve – 6¾” Pulser*”
- Plataforma MD005620, “*Pulser Wet Test*”
- Ensamblaje MD006256, “*Main Valve – 8¼” & 9½” Pulser*”
- Ensamblaje MD006291, “*Main Valve – 4¾” Precision Pulser*”
- Ensamblaje MD006292, “*Main Valve – 6¾” Precision Pulser*”
- Ensamblaje MD006985, “*Main Valve – 8” & 9½” Precision Pulser*”
- Ensamblaje MD008697, “*Main Valve – 3½” Precision Pulser*”

Materiales Requeridos

- Calibrador, 6”.
- PC (Computadora Personal).
- Shock Cord – Cable de Descarga (3/4” de diámetro y 10” de longitud).
- Compresor de Aire.
- Herramientas de Comunicaciones (Última Versión).
- Herramientas I/O (Entrada / Salida).
- Suministro de Agua.
- Llave Inglesa, llave hexagonal de 3/16”.
- Llave Inglesa, llave hexagonal de 7/16”.
- Llave Inglesa, llave hexagonal de 7/64”.
- Llave de Tubo de 7/16”.
- Llave de tuercas de extremo abierto de 5/16”.

6.6.3.3.1 Configuración Inicial del “WET TEST”

Separar la cubierta del pistón del ensamblaje de la “Main Valve” (Figura N°6.6.3.3.1 a) y colocar el ensamblaje de la “Main Valve” a un lado.



*Figura N° 6.6.3.3.1 a) Separación de la cubierta de la Main Valve.
Elaborado por: La investigadora*

Usando la llave hexagonal de 7/64” desenroscar los cuatro tornillos de la cubierta del pistón (Figura 6.6.3.3.1 b) y a continuación remover el orificio de retención.



*Figura N° 6.6.3.3.1 b) Remover el orificio de retención.
Elaborado por: La investigadora*

Insertar la cubierta del pistón dentro del cuerpo del dispositivo de “Wet Test” P/N 005271 (Figura N°6.6.3.3.1 c).



Figura N° 6.6.3.3.1 c) Insertar la cubierta del pistón.

Elaborado por: La investigadora

Deslizar el “Seal Ring” P/N 005272 alrededor de la cubierta del pistón y, a continuación insertarla en el dispositivo de “Wet Test” (Figura 6.6.3.3.1 d).

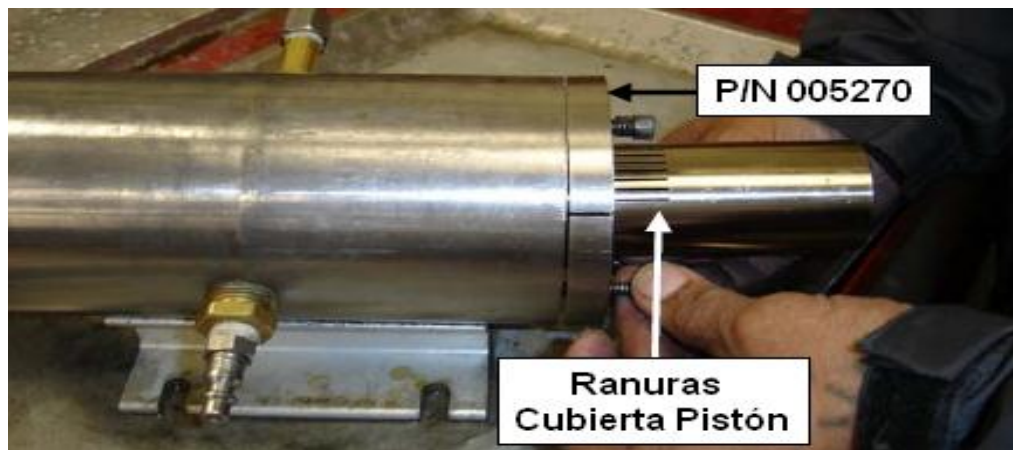


Figura N° 6.6.3.3.1 d) Colocación del seal ring.

Elaborado por: La investigadora

Montar un “Split Ring” P/N 005270 al final del extremo de la cubierta del pistón (Figura 6.6.3.3.1 e) y, a continuación usando una llave hexagonal de 3/16”, enroscar a mano con fuerza los cuatro tornillos P/N 004704 del “Split Ring”

(Figura N°6.6.3.3.1 f). Asegurarse que las dos mitades del “Split Ring” estén firmemente ajustadas.



e)



f)

Figura N° 6.6.3.3.1e) y f) Colocación del split ring.

Elaborado por: La investigadora

Deslizar un “Seal Ring” sobre el extremo de la “Control Valve” de la cubierta del pistón y colocar en el dispositivo del “Wet Test” (Figura N°6.6.3.3.1 g).



Figura N° 6.6.3.3.1g) Colocación del seal ring en la control valve.

Elaborado por: La investigadora

Montar un “Split Ring” alrededor de la “Control Valve”, y a continuación usando una llave hexagonal de 3/16” enroscar a mano con fuerza cuatro los tornillos P/N 004704 al “Split Ring” (Figura N°6.6.3.3.1 h). Asegurarse que las dos mitades del “Split Ring” estén firmemente ajustadas.



Figura N° 6.6.3.3.1h) Colocación del split ring en la control valve.

Elaborado por: La investigadora

Enroscar a mano con fuerza el conector extremo largo, a la cubierta del pistón, dejando un espacio entre el conector del extremo largo y el conector del extremo corto P/N 005275 (Figura N°6.6.3.3.1 i).

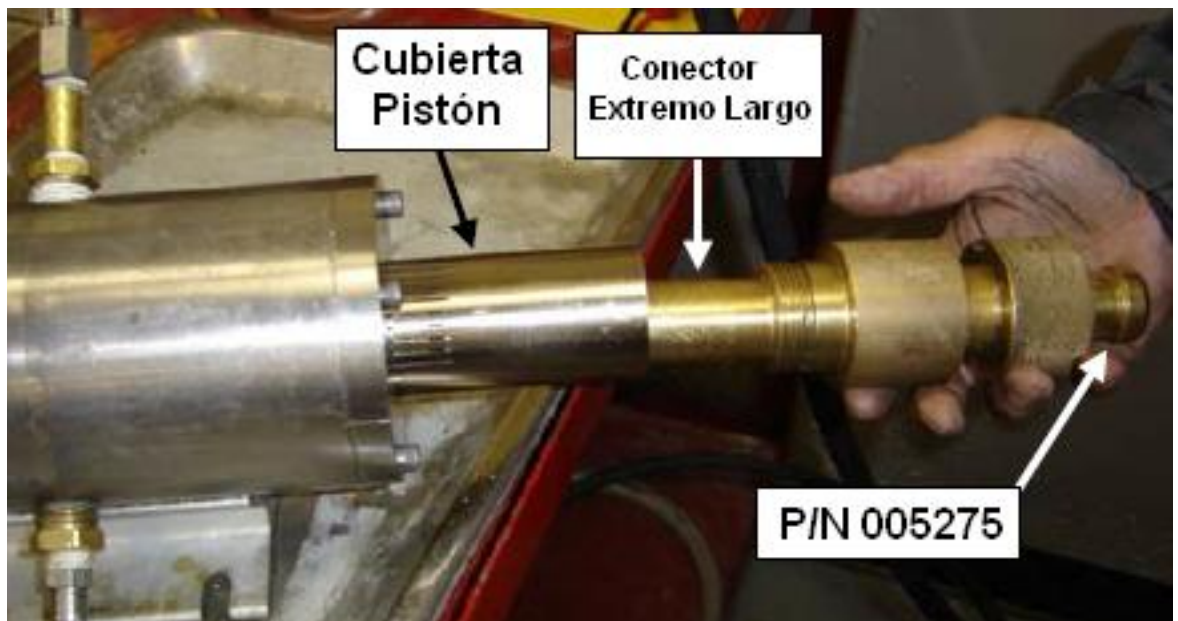


Figura N° 6.6.3.3.1 i) Enroscado de cubiertas.

Elaborado por: La investigadora

Enroscar el conector del extremo largo al final del “Pulser” (Figura N°6.6.3.3.1 j).



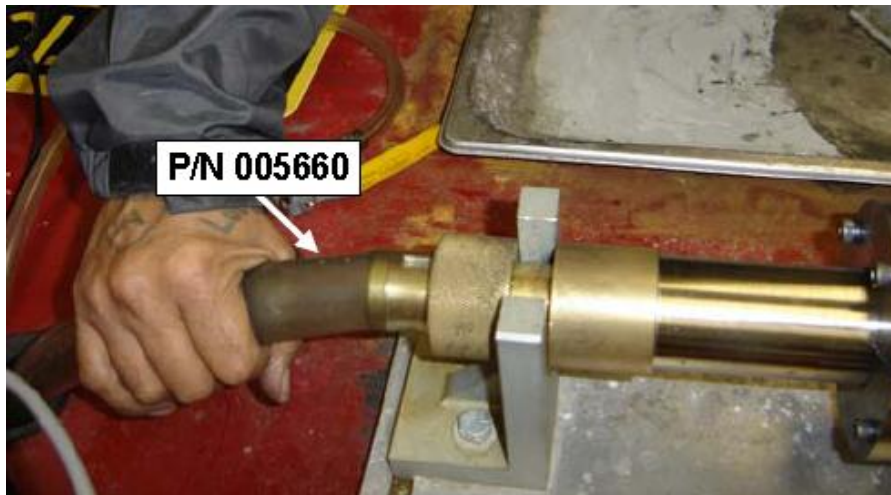
*Figura N° 6.6.3.3.1 j) Enroscado con el pulser.
Elaborado por: La investigadora*

Colocar el conector del extremo corto en el “End Support” P/N 005274 con el conector del manómetro de baja presión mirando hacia arriba (Figura N°6.6.3.3.1 k).



*Figura N° 6.6.3.3.1 j) Colocación en el End Support.
Elaborado por: La investigadora*

Conectar la manguera de 1,00'' ID (Diámetro Interno) x 1,25'' OD (Diámetro Externo) P/N 005660 desde el tanque de 5 galones P/N 005630 hacia el conector del extremo corto (Figura N°6.6.3.3.1 k).



*Figura N° 6.6.3.3.1 k) Conexión de la manguera.
Elaborado por: La investigadora*

Conectar el manómetro de baja presión P/N 005672 a la parte superior del dispositivo del “Wet Test” (Figura N°6.6.3.3.1 m). Asegurarse que la válvula del manómetro esté alineada con el tubo de 0,375'' ID (Diámetro Interno) x 0.50'' OD (Diámetro Externo) P/N 005659, la Figura N°6.6.3.3.1 l) muestra la válvula en la posición abierta).



*Figura N° 6.6.3.3.1 l) Manómetro.
Elaborado por: La investigadora*

Por debajo de la plataforma del “Wet Test”, conectar el acoplamiento neumático P/N 008708, a la parte inferior del dispositivo del “Wet Test” (Figura N°6.6.3.3.1 m). Esto actúa como una válvula de drenaje para el dispositivo de “Wet Test”.



Figura N° 6.6.3.3.1 m) Válvula del manómetro.
Elaborado por: La investigadora

Conectar los cables de la interfaz (diferenciados por colores) en las tomas correspondientes del “Driver Insert Assembly” (Figura N°6.6.3.3.1 n).

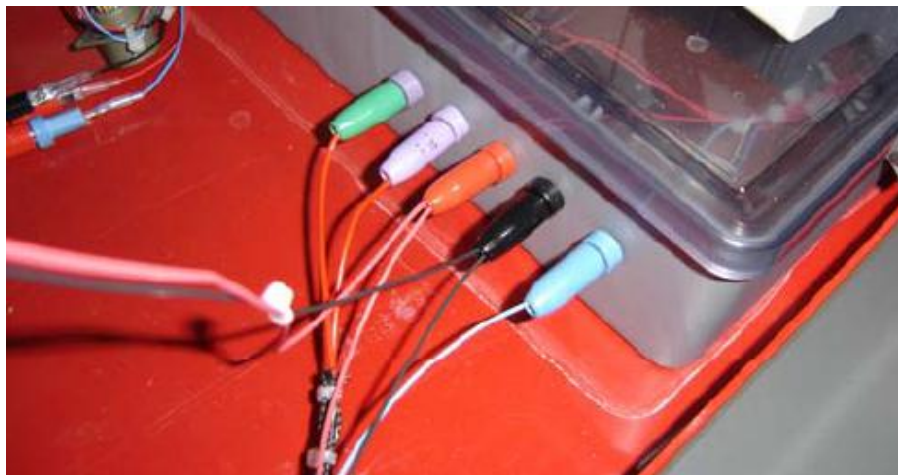


Figura N° 6.6.3.3.1 n) Conexión de cables a la interfaz.
Elaborado por: La investigadora

Conectar los cables rojo y negro a la “*Interface Cable Assembly*” a la fuente de la siguiente manera (Figura N°6.6.3.3.1 o);

- Rojo al Rojo.
- Negro al Negro.



Figura N° 6.6.3.3.1 o) Conexión de cables a la fuente.

Elaborado por: La investigadora

Montar el “*Universal Communications Bridge*” P/N 004676 de la siguiente manera (Figura N°6.6.3.3.1 p):

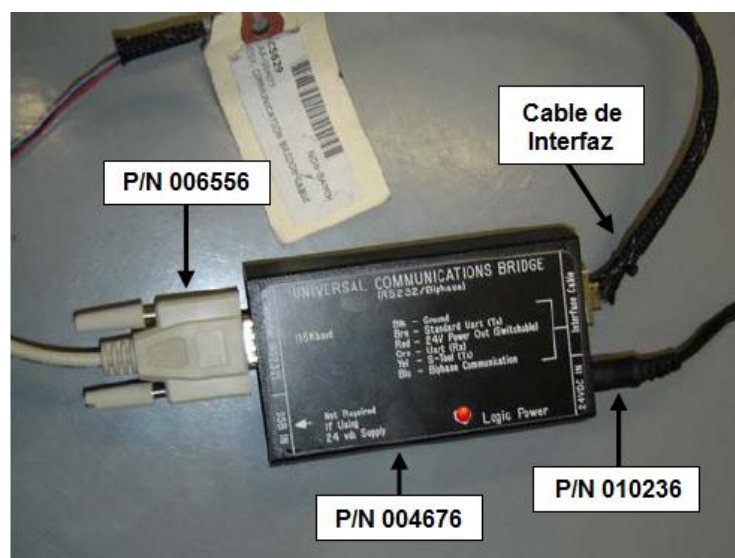


Figura N° 6.6.3.3.1 p) Montaje de la caja de comunicación universal.

Elaborado por: La investigadora

Conectar el terminal macho del Cable Serial RS – 232 P/N 006556 al puerto RS – 232 del “*Universal Communications Bridge*”.

Conectar la fuente de alimentación de 24 Voltios DC P/N 010228 al cable de la línea de alimentación AC P/N 010236, y a continuación conectar el cable de la línea de alimentación AC al puerto de 24 Voltios DC IN en el “*Universal Communications Bridge*”.

Conectar el terminal macho del cable de interfaz al puerto del cable de interfaz en el “*Universal Communications Bridge*”.

Ajustar el Regulador Neumático P/N 005654 (Figura N°6.6.3.3.1 q) para permitir que la bomba funcione. Verificar la presión leyendo el medidor de presión de agua localizado en la parte superior del dispositivo del “*Wet Test*”.



Figura N° 6.6.3.3.1 q) Ajuste del regulador neumático.

Elaborado por: La investigadora

Nota: El regulador neumático en conjunto con la válvula del manómetro de presión es usada para que funcione el “*Pulser*”, ya que el “*Pulser*” obliga al agua a través de la manguera de drenaje de residuos de agua.



Realizar doble click en el ícono **“Tool I/O”** Tool I/O del software **Spectrum Suite** para iniciar el programa, y a continuación proceder de la siguiente manera cuando la ventana del **“Tool I/O”** se muestre (Figura N°6.6.3.3.1 r):

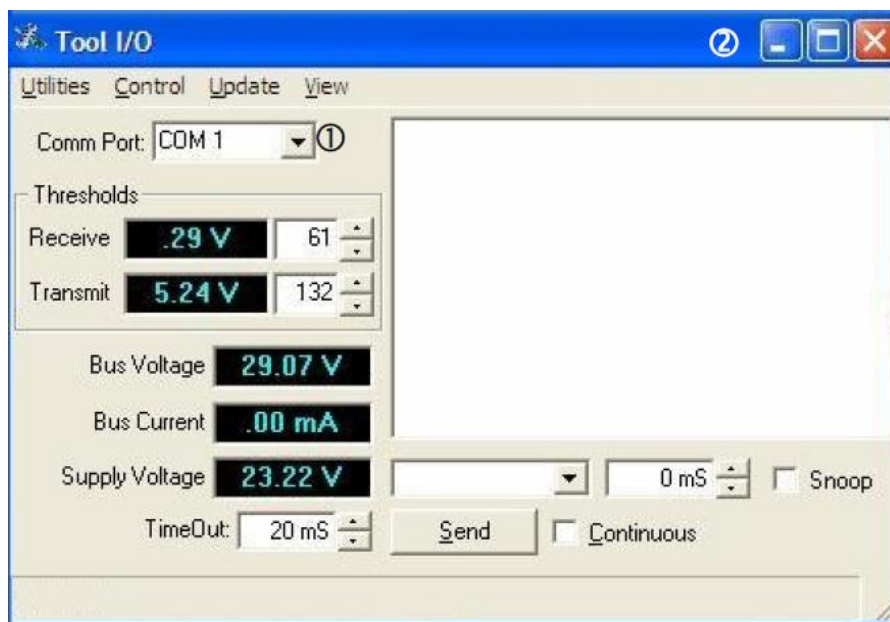


Figura N° 6.6.3.3.1 r) Pantalla Tool I/O.
Elaborado por: La investigadora

Encender el suministro de alimentación para el **“Pulser”**.

En el cuadro **“Comm Port”** (ver ①), seleccionar **“COM 1”**.

Teclear el botón **“Minimize”** (ver ②) para minimizar la ventana del **“Tool I/O”**. (La ventana **“Tool I/O”** aparecerá en la barra del sistema localizada en la esquina inferior derecha de la pantalla).



Realizar doble click en el ícono **“Tool Communications”** Tool Comms del software **Spectrum Suite** para iniciar el programa, y a continuación proceder de la siguiente manera cuando la ventana del **“Tool Communications”** se muestre (Figura N°6.6.3.3.1 s):

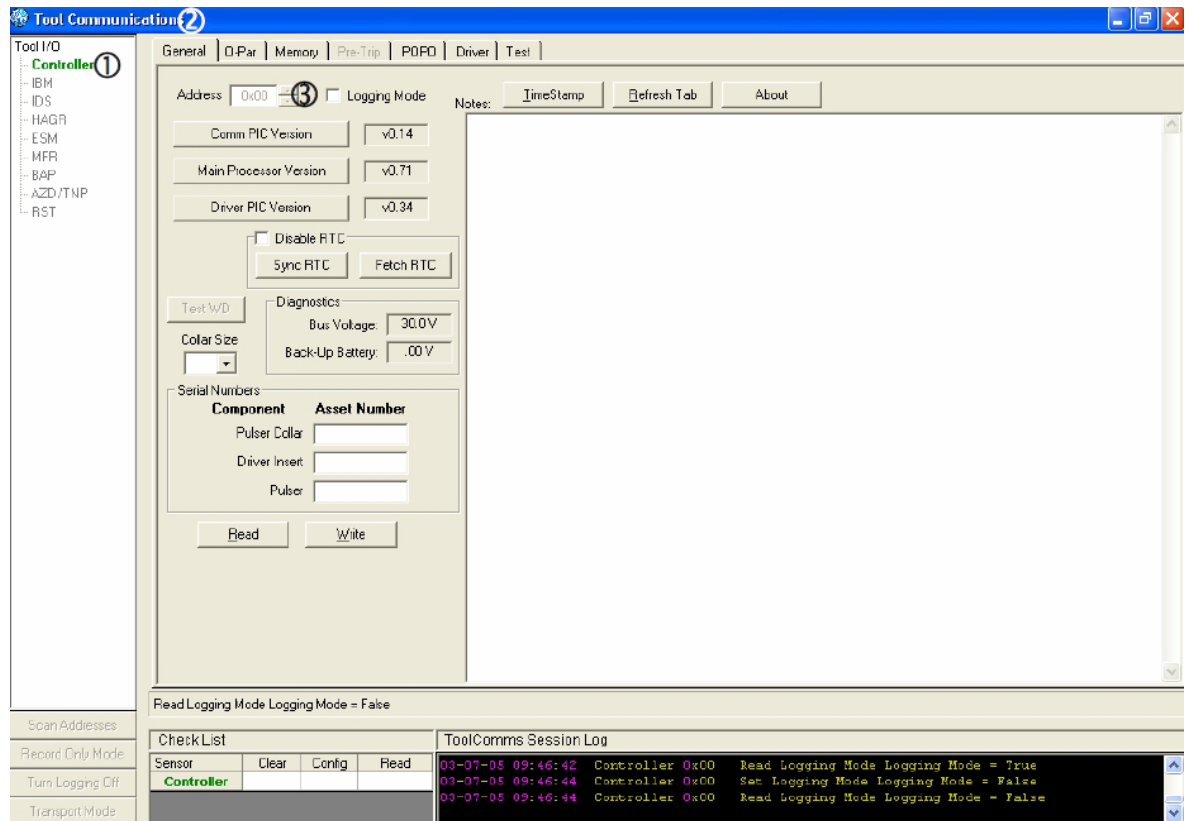


Figura N^o 6.6.3.3.1 s) Pantalla Tool Communications.

Elaborado por: La investigadora

En el lado izquierdo de la ventana debajo **“Tool I/O”**, seleccionar **“Controller”** (ver ①).

Seleccionar la pestaña **“General”** (ver ②).

Comprobar que la casilla de verificación **“Logging”** esté vacía (ver ③).

En la ventana **“Tool Comms Controller”** (Figura N^o6.6.3.3.1 t), seleccionar la pestaña **“Driver”** (ver ①), y a continuación proceder de la siguiente manera:

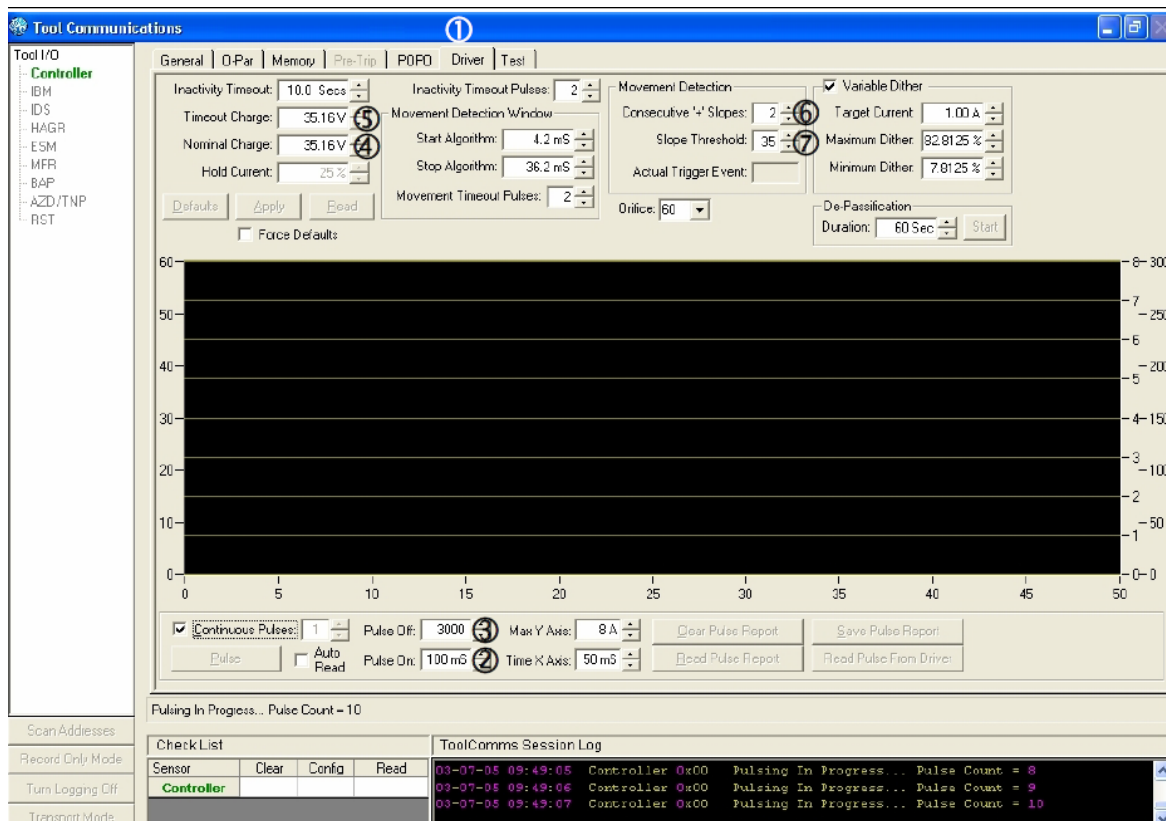


Figura N^o 6.6.3.3.1 t) Pantalla Tool Communications Driver.

Elaborado por: La investigadora

En el cuadro **“Pulse ON”** (ver ②), escribir o seleccionar **100**.

En el cuadro **“Pulse OFF”** (ver ③), escribir o seleccionar **3000**.

En el cuadro **“Nominal Charge”** (ver ④) y en el cuadro **“Time Out Charge”** (ver ⑤), escribir o seleccionar **35,16**.

Nota: Ajustar todos los parámetros de la pestaña **“Driver”** según los requerimientos.

En el cuadro **“Conseptive Slopes”** (ver ⑥), escribir o seleccionar **2**.

En el cuadro **“Slope Threshold”** (ver ⑦), escribir o seleccionar **35**.

En la pantalla **“Tool Comms Controller”** (Figura N°6.6.3.3.1 u), debajo de la pestaña **“Driver”** (ver ①), proceder de la siguiente manera:

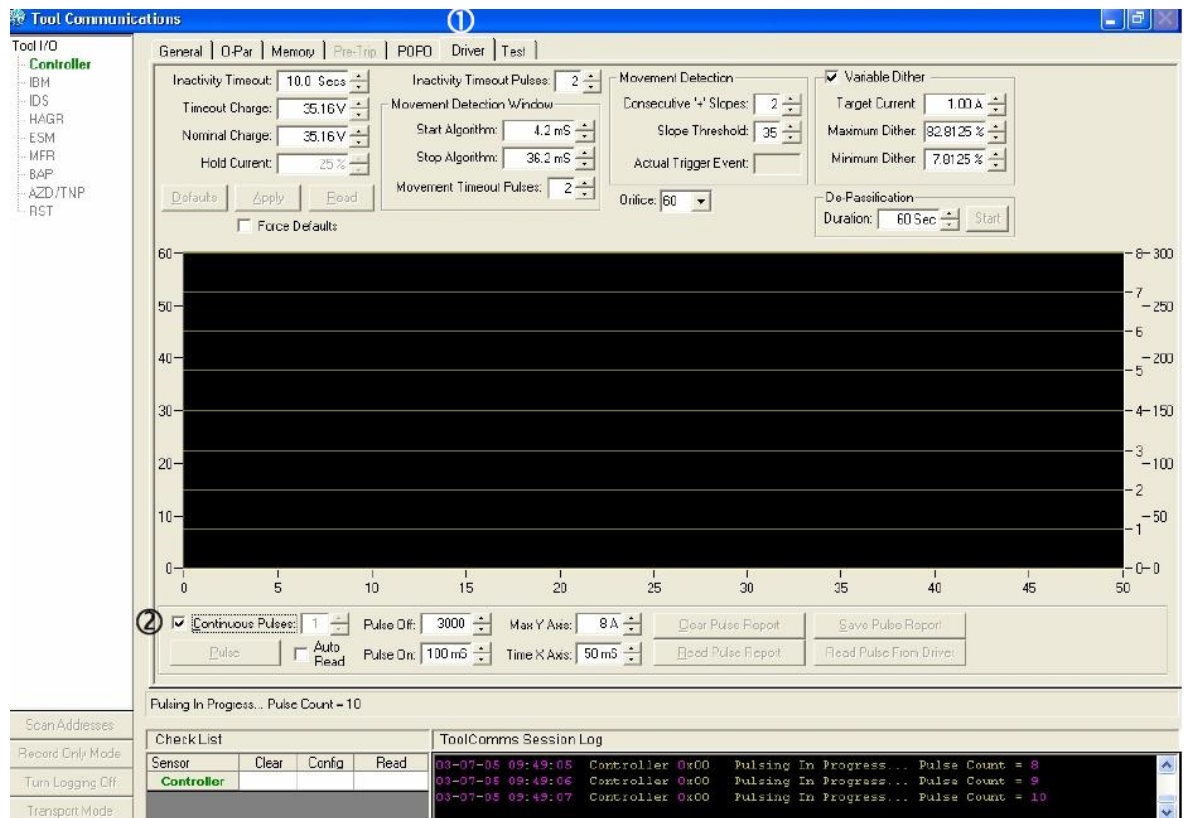


Figura Nª 6.6.3.3.1 u) Pantalla Tool Communications Controller.
Elaborado por: La investigadora

Activar la casilla de verificación **“Continuous Pulse”** (ver ②).

Encender el **“Pulser”**.

Nota: Pulsar la herramienta por aproximadamente un minuto para limpiar el aire del cuerpo del dispositivo del **“Wet Test”**. El agua debería salir a través de la cubierta del **“Piston Ring”**. Si existe alguna fuga, detener el test y arreglar la fuente de la fuga, una vez que la fuga ha sido arreglada, reiniciar el test.

Desactivar la casilla de verificación **“Continuous Pulse”** (ver ②) para detener el **“Pulser”**.

6.6.3.3.2 Test de Fuga del “Tip / Orifice”

Usando el regulador neumático, elevar la bomba de presión a 200 ó 210 psi, en el manómetro de agua (Figura N°6.6.3.3.2 a).



*Figura N° 6.6.3.3.2 a) Regulador neumático.
Elaborado por: La investigadora*

Retirar la manguera de 1,00” ID (Diámetro Interno) x 1,25” OD (Diámetro Externo) del conector de extremo corto y observar si la “*Control Valve*” está derramando fluido (Figura N°6.6.3.3.2 b).



*Figura N° 6.6.3.3.2 b) Verificación de fuga.
Elaborado por: La investigadora*

Nota: Generalmente, si se puede escuchar que el agua está filtrándose a través del *Tip/Orifice*, la herramienta no está sellada apropiadamente. No más de 10 gotas de fluido por segundo deben filtrarse a través de la herramienta.

Si la **“Control Valve”** no está sellada, reconfigurar la alineación del **“Tip/Orifice”** removiendo la cubierta del pistón, desmontando el **“Orifice”** y girándolo 180° y, a continuación colocar de nuevo junto con la cubierta del pistón de conformidad con la *Sección 2, pasos del 1 al 3*. Remitirse al **“Work Instruction” 004396, “Pulser Valve Assembly”**.

Si el **“Tip/Orifice”** aún no se lleva correctamente, presentar un Reporte de Inconformidad (NCR – Non-Conformance Report) y reemplazar ambos, el **“Tip and Orifice”** P/N 006074.

6.6.3.3.3 “Threshold Test”

En la ventana **“Tool Comms Controller”** (Figura N°6.6.3.3.3 a), debajo de la pestaña **“Driver”** (ver ①), proceder de la siguiente manera:

Activar la casilla de verificación **“Auto Read”** (ver ②).

En el cuadro **“Pulser Cycle Count”** (ver ③), escribir o seleccionar **1**.

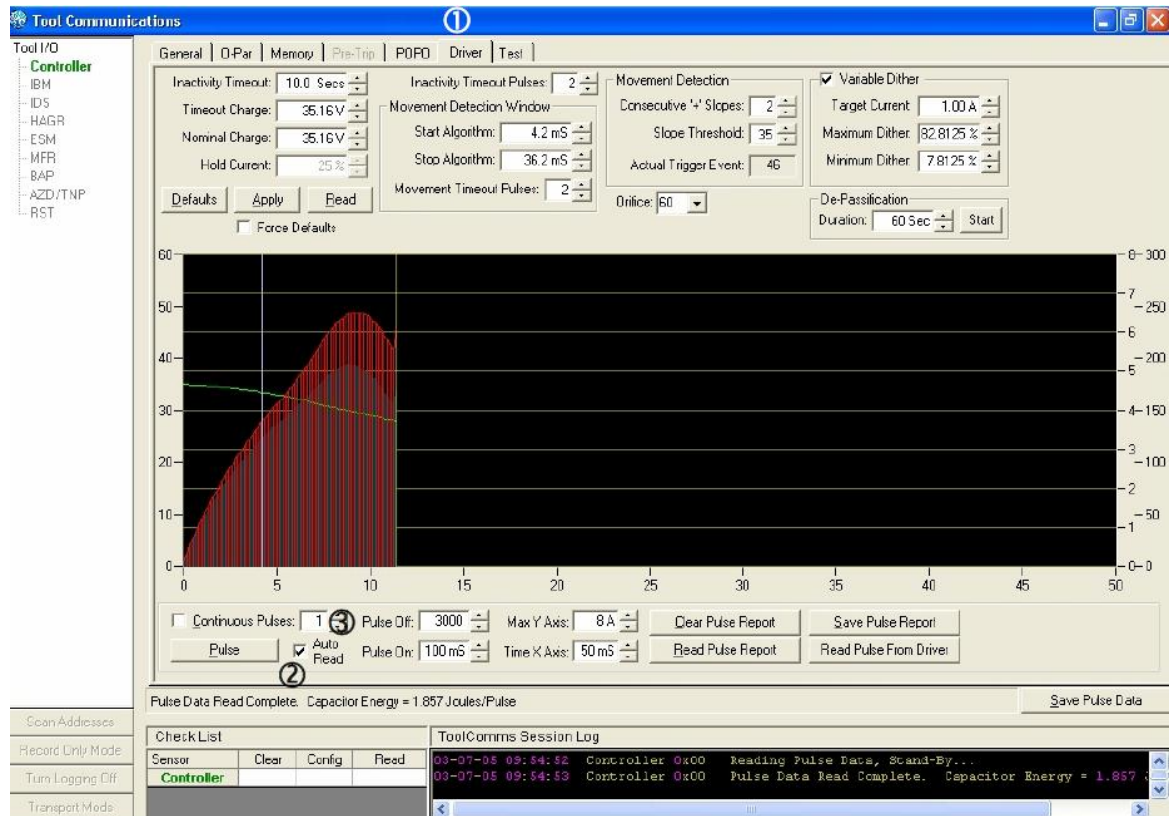


Figura N^o 6.6.3.3.3 a) Prueba de umbral.

Elaborado por: La investigadora

Usando el regulador neumático, iniciar en cero psi y elevar la bomba de presión hasta 215 – 220 psi, esperar 45 segundos.

En la ventana **“Tool Comms Controller”** (Figura N^o6.6.3.3.3 b), debajo de la pestaña **“Driver”** (ver ①), proceder de la siguiente manera:

Activar la casilla de verificación **“Continuous Pulse”** (ver ②) para pulsar la herramienta una vez.

Nota: Después de la pulsación, la pestaña **“Driver”** dibujará en la pantalla actual un trazado. Observar si la pestaña **“Driver”** detecta el accionamiento eléctrico del solenoide y la transición al modo de interpolación.

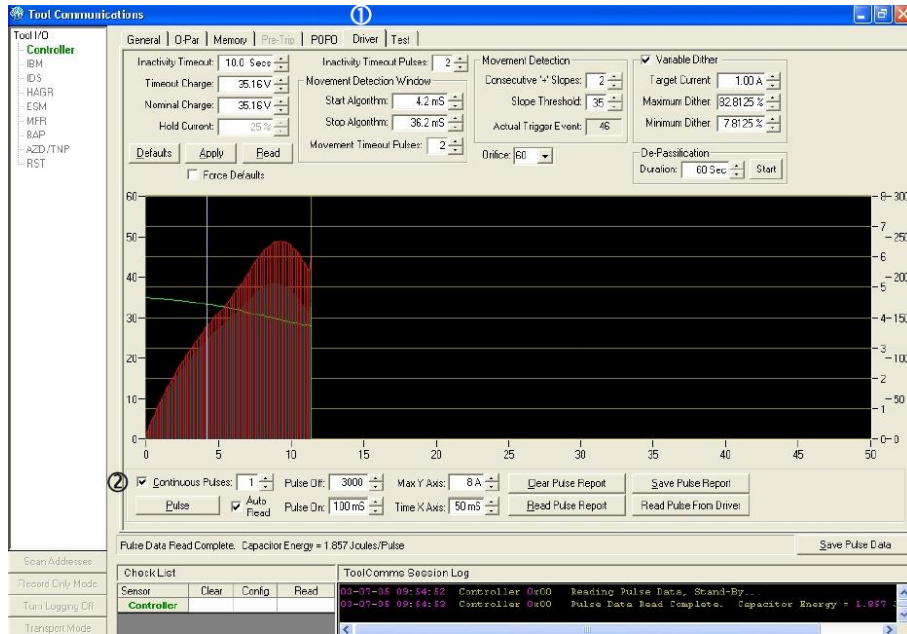
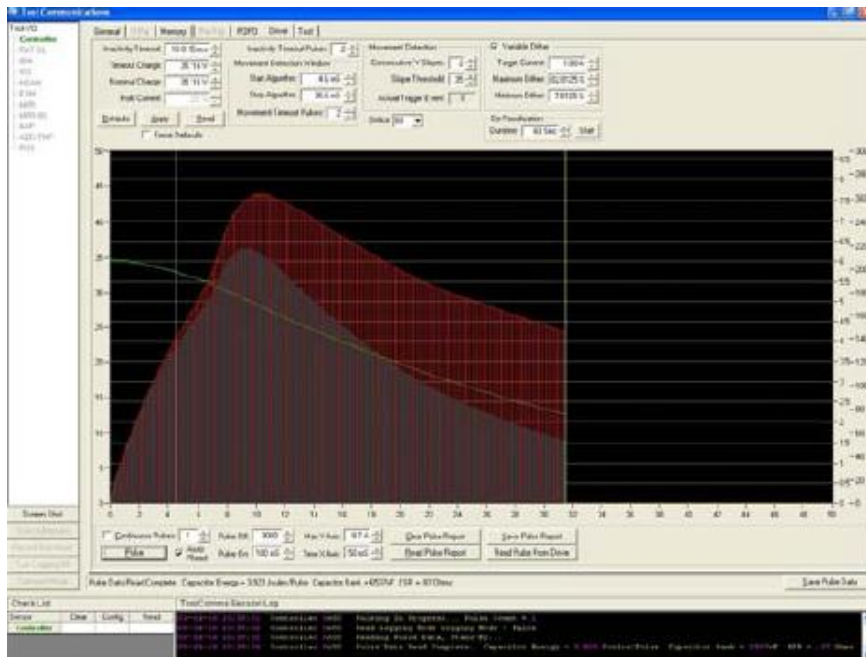
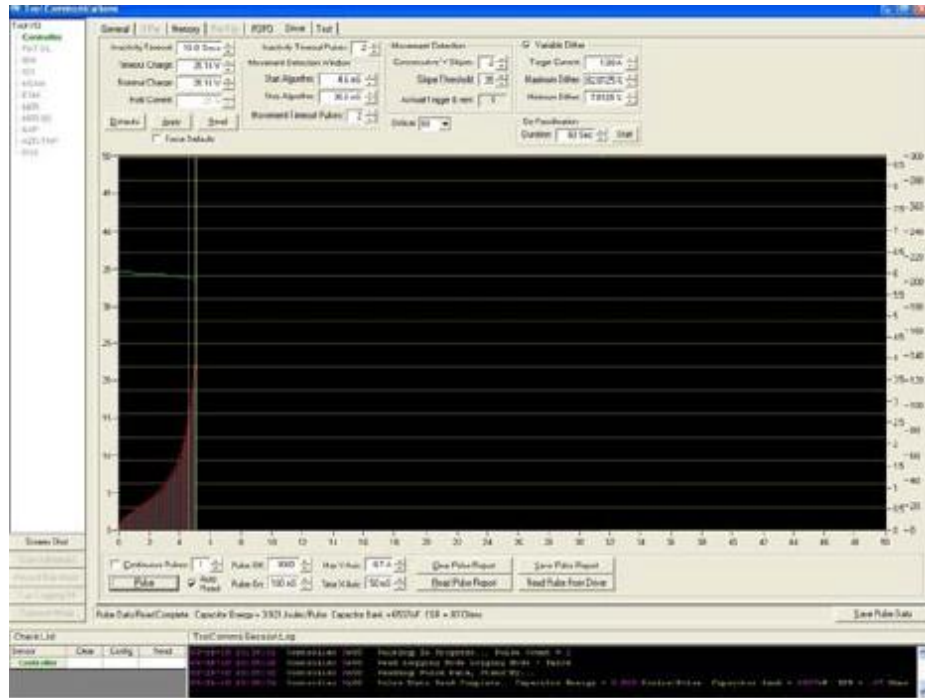


Figura N^o 6.6.3.3 b) Prueba de umbral con presión.
Elaborado por: La investigadora

Si el accionamiento eléctrico del solenoide no es detectado (Figura N^o6.6.3.3.3 c) y d), presentar un Reporte de Inconformidad (NCR – Non-Conformance Report). La prueba adicional de esta herramienta se pone en espera hasta que la disposición de la herramienta sea determinada.



c)



d)

Figura N° 6.6.3.3.3 c) y d) Ausencia de pulsos.

Elaborado por: La investigadora

En la ventana **“Tool Comms Controller”** (Figura N°6.6.3.3.3 e), debajo de la pestaña **“Driver”** (ver ①), proceder de la siguiente manera:

En el cuadro **“Nominal Charge”** (ver ②) y el cuadro **“Timeout Charge”** (ver ③), escribir o seleccionar **39,06**.

Repetir esta sección dos veces adicionales con una presión aplicada de 250 – 255 psi.

Tomar una captura de pantalla y, a continuación pegar la captura de pantalla dentro de un documento de **“Microsoft Word”** (Figura N°6.6.3.3.3 f).

Finalizar el Test.

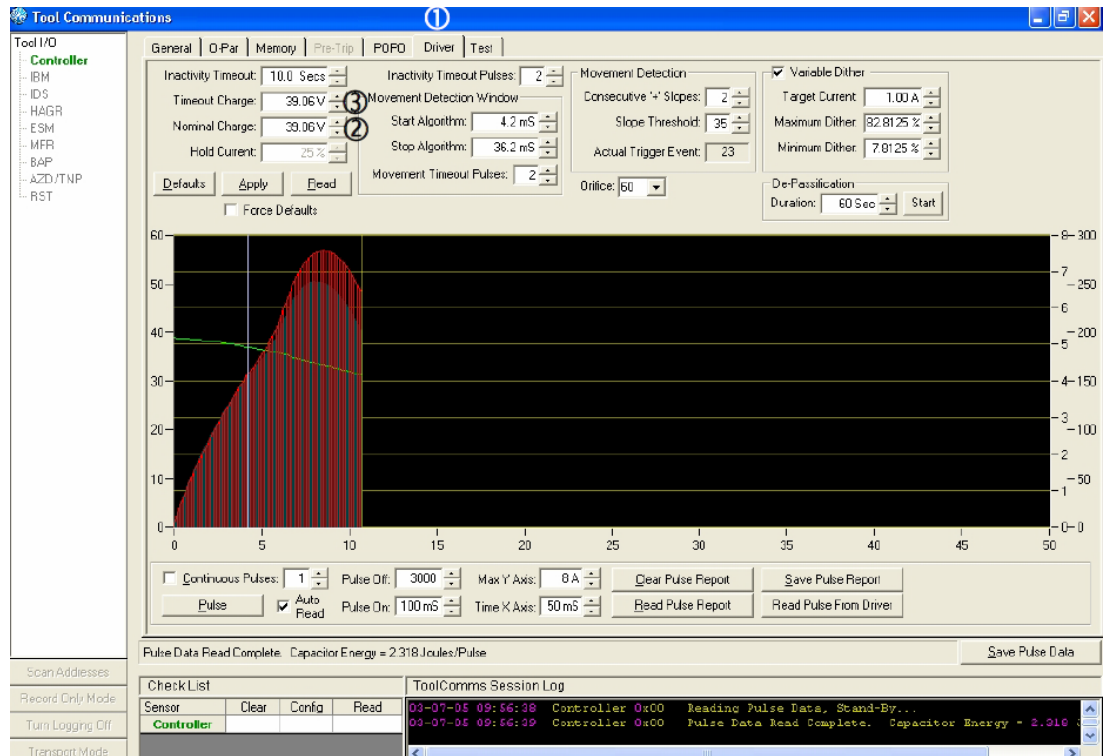


Figura N^o 6.6.3.3.3 d) Ejemplo de pulso.
Elaborado por: La investigadora

En la ventana **“Tool Comms Controller”** (Figura N^o6.6.3.3.3 e), debajo de la pestaña **“Driver”** (ver ①), proceder de la siguiente manera:

Pulsar el botón **“Read Pulse Report”** (ver ②).

Tomar una captura de pantalla y, a continuación pegar la captura de pantalla dentro de un documento de **“Microsoft Word”**.

Nota: Después de que el test esté completado, retornar los ajustes de voltaje para las operaciones normales.

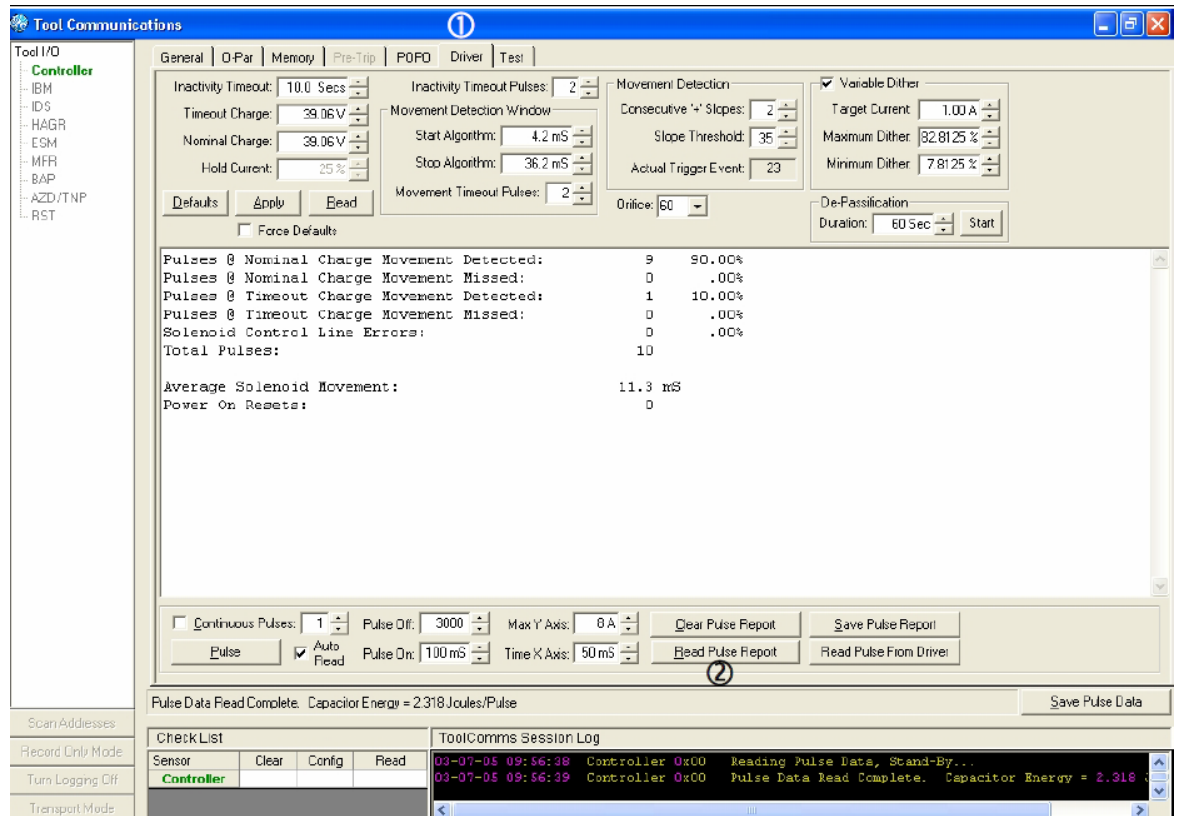


Figura N^a 6.6.3.3 d) Reporte de Pulsos.

Elaborado por: La investigadora

6.6.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

6.6.4.1 SURVEY

Son datos medidos mientras se realizan los trabajos de perforación, están disponibles en tiempo real y en memoria. Estas mediciones proporcionan información del ángulo de inclinación y dirección del pozo en cierto punto del hoyo a una profundidad medida de acuerdo a la trayectoria.

6.6.4.2 PROFUNDIDAD MEDIDA, MEASURED DEPTH (MD)

Es la distancia medida a lo largo de la trayectoria real del pozo, desde el punto de referencia en la superficie, hasta el objetivo geológico. Esta medida se la controla mediante la suma de las longitudes de la tubería que es introducida al hoyo.

6.6.4.3 ÁNGULO DE INCLINACIÓN

Es el ángulo medido en grados, donde el eje del pozo varía con respecto al eje vertical.

6.6.4.4 DIRECCIÓN DE POZO, AZIMUT

Es la dirección del pozo sobre el plano horizontal, medido como un ángulo en sentido de las manecillas del reloj a partir del norte de referencia (magnético, verdadero o grilla).

Todas las herramientas magnéticas proporcionan la lectura del azimut con respecto al norte magnético, pero estas coordenadas calculadas posteriormente pueden ser referidas al norte verdadero o al norte mapa mediante correcciones.

6.6.4.5 CARA Y ORIENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA, TOOLFACE

Es la información dinámica que le comunica al perforador direccional la posición del ajuste del motor de fondo.

La orientación del ajuste a la posición deseada permite controlar la trayectoria que va seguir el pozo.

6.6.4.6 DIRECCIONES DE CUADRANTES

La dirección de cuadrante de un pozo es el ángulo en el plano horizontal medido desde el Norte o Sur hacia el Este u Oeste definiendo la dirección del pozo.

6.6.4.7 LATITUD

Es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el ecuador medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. Esta medida proporciona la localización de un lugar en dirección Norte o Sur desde el ecuador y se expresa en medidas angulares que varían desde los 0° del ecuador, hasta los 90°N del polo Norte (valor positivo) o los 90°S del polo Sur (valor negativo).

La latitud es utilizada para graficar la trayectoria del pozo en una proyección horizontal.

6.6.4.8 LONGITUD

Es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto, esta medida proporciona la localización de un lugar, en dirección Este u Oeste desde el meridiano de referencia 0° , expresándose en medidas angulares comprendidas desde los 0° hasta 180°E y 180°O . Hacia el este es positivo y al oeste es negativo.

6.6.4.9 SISTEMA DE COORDENADAS

Un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que permiten definir la posición de cualquier punto de un espacio vectorial.

La localización geográfica de un punto se puede realizar detallando uno de estos dos parámetros.

- Coordenadas geográficas en formato Latitud – Longitud
- Coordenadas (x,y) UTM. Universal Transversa Mercator.

6.6.4.10 COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Es un sistema de referencia que emplea coordenadas angulares de latitud que son círculos imaginarios alrededor de la línea del ecuador a ambos lados de los

polos norte y sur. Se expresa con ángulos que van desde 0° en el ecuador, hasta 90° en los polos. Las coordenadas de longitud son líneas imaginarias que pasan a través de los polos norte y sur, estas coordenadas suministran la localización del punto al este o al oeste del meridiano en referencia, Se mide en ángulos que van de 0° en el meridiano de Greenwich, hasta 180° en ambos sentidos (este y oeste). En la Figura N°6.8 se muestra el sistema de coordenadas geográficas.

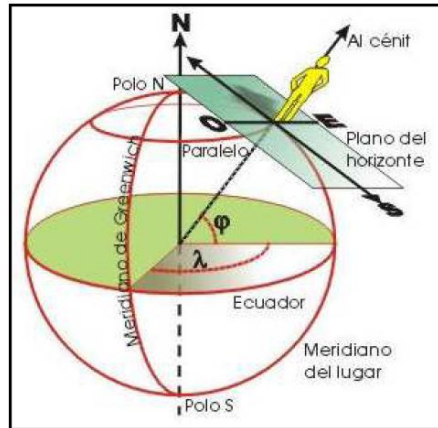


Figura N° 6.8 Sistema de Coordenadas Geográficas..

Elaborado por: FERNANDEZ IGNACIO, Las Coordenadas Geográficas y la Proyección UTM, El Datum

Entre los componentes cartográficos de la tierra se tiene a la latitud con 180 líneas imaginarias paralelas al ecuador, así como a la longitud, 360 líneas transversales que van del Polo Norte al Sur. Cada línea de latitud y longitud representa un grado, cada grado es dividido en 60 minutos y cada minuto es dividido en 60 segundos. Una vez que tenemos establecida una red de meridianos y paralelos, la situación geográfica de un punto viene definida por su longitud y latitud con referencia a la red creada.

6.6.4.11 SISTEMA UTM (UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR)

Emplea un cilindro situado en una determinada posición espacial, para proyectar las situaciones geográficas, en el cual se construye geoméricamente el mapa de manera que los meridianos y paralelos se transformen en una red regular, rectangular y que conserven los ángulos originales. Los meridianos se proyectan

sobre el plano con una separación proporcional, así hay equidistancia entre ellos. Sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Por lo tanto la proyección UTM conserva los ángulos pero distorsiona todas las superficies sobre los objetos originales así como las distancias existentes. Este sistema de proyección UTM toma como base la proyección MERCATOR ya que emplea un cilindro situado de forma tangente al elipsoide en el ecuador.

En la Figura N°6.9 se muestra la Proyección MERCATOR

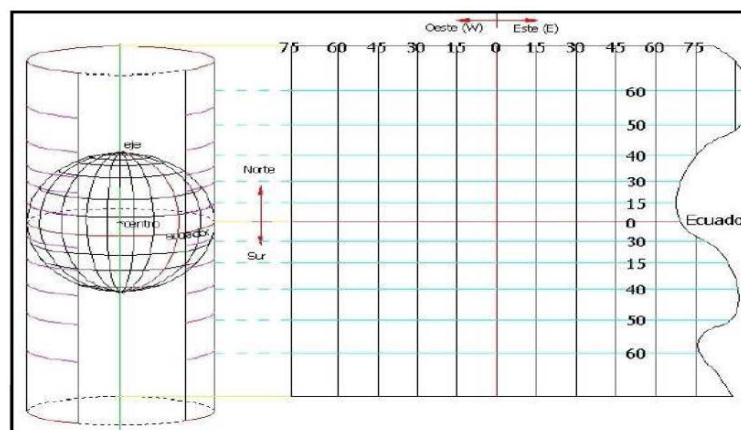


Figura N° 6.9 Proyección Mercator

Elaborado por: FERNANDEZ IGNACIO, Las coordenadas Geográficas y la Proyección UTM, El Datum

Un huso horario es posición geográfica que ocupa todos los puntos comprendidos entre dos meridianos. Cada huso puede contener 3°, 6° u 8°. El sistema UTM emplea husos de 6° de longitud los cuales se generan a partir del meridiano de Greenwich.

6.6.4.12 NORTE GEOGRÁFICO VERDADERO

Es la dirección del polo norte geográfico, el cual yace sobre el eje de rotación de la tierra. El sistema de cuadrículas UTM, no marca el norte geográfico en todas las cuadrículas rectangulares creadas, ya que los meridianos y paralelos aparecen distorsionados con respecto a la cuadrícula.

En el cuadrículado, solamente existe una dirección, coincidente con un meridiano en cada huso, que realmente se encuentra orientada al norte, esta dirección es el meridiano central de cada huso.

Las cuadrículas existentes dentro del huso desvían la dirección real del norte geográfico, esta desviación se la denomina Convergencia de Cuadrícula (T), que se encuentra evaluada en los mapas topográficos.

6.6.4.13 NORTE CUADRICULA O NORTE MAPA

Es la dirección norte sobre el mapa, este norte corresponde al norte verdadero solo en el meridiano central. Todos los otros puntos deben corregirse por convergencia, esto es, por el ángulo entre el norte de mapa y el norte verdadero en cualquier punto.

6.6.4.14 NORTE MAGNÉTICO

Es la dirección de la componente horizontal del campo magnético terrestre en un punto seleccionado sobre la superficie de la tierra. Las mediciones direccionales son dadas por herramientas de tipo magnética por lo cual estos datos son convertidos al Norte Verdadero o al Norte Mapa.

En la Figura N°6.10 se muestra un gráfico de los nortes citados anteriormente.

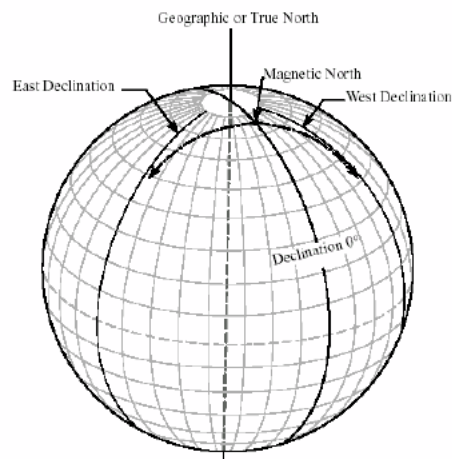


Figura N° 6.10 Norte Verdadero, Magnético y de Grilla o Mapa.

Elaborado por: MWD Essentials I – Directional Drilling Services WFT

6.6.4.15 CONVERGENCIA GRID

Corrige la distorsión causada por la proyección de la superficie curva de la tierra sobre un plano. Esta corrección es más severa cuando se desplaza del ecuador hacia los polos. La convergencia no es mayor a $\pm 3^\circ$.

Al este es positiva y al oeste es negativa en el hemisferio Norte y al este es negativa y al oeste es positiva en el hemisferio Sur.

6.6.4.16 DECLINACIÓN MAGNÉTICA

Es el ángulo entre el norte magnético y el norte verdadero en cualquier punto sobre la tierra. Su valor es variable con el tiempo y con la posición que se desee medir, esto se da debido a movimientos complejos de fluidos (plasma) en el núcleo que provocan que el campo magnético de la tierra cambie lento e impredeciblemente. Este valor es negativo si el norte magnético se inclina hacia el oeste del norte verdadero y es positivo si el norte magnético se inclina hacia el este del norte verdadero. En la Figura N°6.11 se muestra la declinación magnética.

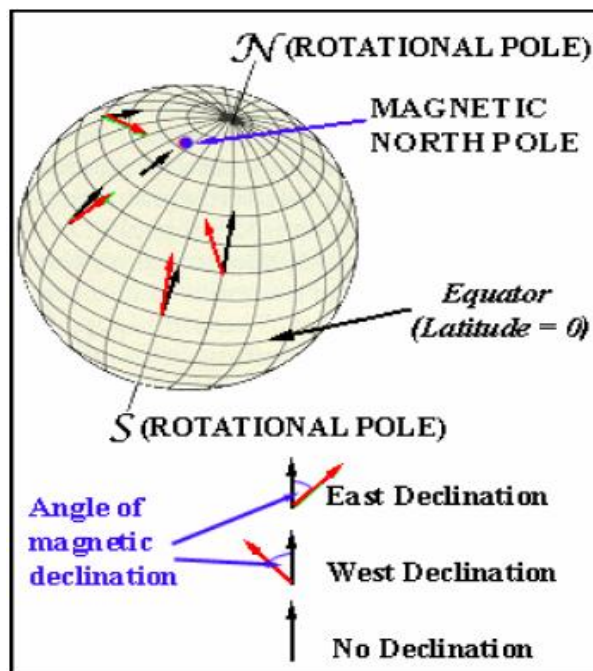


Figura N° 6.11 Declinación Magnética.

Elaborado por: MWD Essentials I – Directional Drilling Services WFT

6.6.4.17 INTERFERENCIA MAGNÉTICA

Son los cambios en el campo magnético de la tierra en las cercanías de la herramienta, causados por la presencia de la tubería de revestimiento u otras tuberías en el pozo o por las propiedades magnéticas de la misma formación.

6.6.4.18 FACTORES QUE AFECTAN LAS MEDIDAS DE LA HERRAMIENTA

Las herramientas que se emplean para obtener la información del hoyo, están fabricadas para resistir una tolerancia específica y obtener valores exactos, pero hay muchos otros factores que afectan severamente el resultado de las mediciones registradas. Al considerar estos diferentes factores se puede evitar la obtención de mediciones pobres, colisiones en plataformas con múltiples pozos, esfuerzos en las herramientas y de esta manera mantener un control del pozo durante las operaciones, una excelente penetración del pozo en el objetivo propuesto y una buena interpretación geológica.

6.6.4.19 ERRORES INSTRUMENTALES

Generalmente para una buena precisión de las herramientas se toman en cuenta los siguientes aspectos:

- La tolerancia de los ángulos de inclinación y azimut están en los rangos de $\pm 0.2^\circ$ y $\pm 1.5^\circ$ respectivamente, estos son los valores más exactos cuando se ignora los efectos de alineación, geometría y localización del pozo.
- El error por desplazamiento lateral es una función de la profundidad medida del pozo, es decir se debe tomar en cuenta un error de 5ft por cada 100ft medidos, sino se toma en cuenta la geometría y localización del pozo.

6.6.4.20 ERRORES EXTERNOS

Uno de los factores que se debe tomar en cuenta es el campo magnético de la Tierra, el cual se encuentra compuesto por una gran variedad de campos magnéticos que presentan diferentes orígenes, cada uno de estos se impone uno del otro y por medio de procesos inductivos interactúan entre ellos.

Los más importantes orígenes geomagnéticos que ocasionan errores en las mediciones registradas son:

Variación secular

La variación secular se refiere a los cambios predecibles lentos del campo magnético de la tierra, que se da en tiempos regulados que van desde años a milenios, por lo que regularmente estos cambios se actualizan mediante la observación de las medidas.

El primer reconocimiento de variación secular fue en 1570 donde las observaciones de declinación realizadas en Londres constituyeron uno de los mejores registros de variación secular. La Figura N°6.12 muestra como la declinación ha cambiado aproximadamente desde 10°E en los años 1600 a 25°W en los años 1900, regresando en estos tiempos a un valor cerca de 3°W.

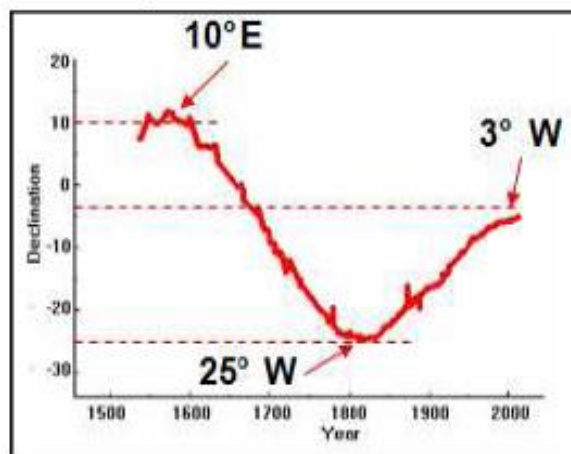


Figura N° 6.12 Variación secular

Elaborado por: Survey Quality Analysis Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2009

Estos datos fueron calculados a partir de un modelo esférico, donde se observa que la fuerza de los polos presenta una variación decreciente alrededor de 6.3 % por cada 100 años pudiendo llegar a un valor de cero en aproximadamente 1600 años o por otra parte este podría iniciar con un incremento durante las siguientes décadas.

Todos los componentes del campo magnético cambian con el tiempo, y estos son:

- Declinación Magnética
- Inclinación Magnética
- Campo Magnético Total

Donde la declinación presenta un fácil procedimiento de cálculo mediante algoritmos matemáticos cuyos parámetros se basan en análisis de observación magnética del planeta.

La variación secular forma parte del campo geomagnético y es determinado por Modelos de Campo Magnéticos, entre ellos están el Internacional Geomagnetic Reference Field (IGRF) y el World Magnetic Model (WMM) que son métodos comunes utilizados para propósitos de navegación y los cuales se los actualiza cada 5 años. El Canadian Geomagnetic Reference Field (CGRF) es un modelo de campo magnético utilizado en la región canadiense que produce pequeñas variaciones especiales en el campo magnético.

Los modelos de campo magnético tal como el IGRF y el CGRF son aproximaciones de los datos observados o verdaderos de la locación, todos estos presentan un rango de exactitud, pero proporcionan datos de mala calidad en el Ártico cerca del Polo Norte Magnético y se utilizan para calcular los elementos del campo magnético por medio de software.

La fuerza y dirección del campo magnético de la Tierra están en constante cambio, ya que las diferentes condiciones remotas que se presentan en las locaciones donde se registran los datos hacen que se presenten cambios entre medidas, como se muestra en la Figura N°6.13

El campo magnético de la tierra está formado por dos polos magnéticos, donde el polo norte está verticalmente inclinado hacia abajo respecto a la superficie de la tierra con una inclinación magnética de 90° que eventualmente es evaluada para predeterminar la localización de los polos.

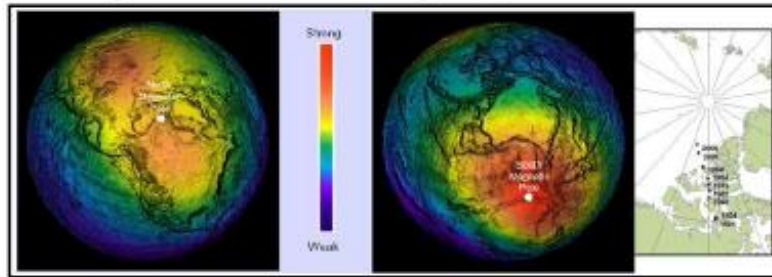


Figura N^o 6.13 Cambios del Campo Magnético de la Tierra

Elaborado por: Survey Quality Analysis Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2009

6.6.4.21 ERRORES AMBIENTALES

Los supuestos errores que se presentan en los datos tomados por el sistema MWD, son también dominados por los efectos ambientales, por lo que la imprecisión atribuida a la herramienta es mínima en comparación a estos.

6.6.4.22 CONDICIONES DEL HOYO

La temperatura del hoyo es uno de los principales factores que afecta a la calidad de las mediciones ya que esta no es homogénea durante la trayectoria, por lo que se ha previsto utilizar sensores que resistan múltiples temperaturas ubicados estratégicamente a lo largo de la herramienta y que cumplan con técnicas de calibración.

La máxima temperatura operacional que puede resistir un sensor es de 240° , en un período no muy extenso.

Lodo Magnético

El lodo que se utiliza durante las operaciones de perforación es contaminado por partículas magnéticas que provienen de la sarta de perforación, de los aditivos con propiedades magnéticas que dan peso al fluido y no son removidos porque no existen conductos magnéticos que puedan eliminarlos. Estas partículas tienden a atenuar el campo magnético medido por los sensores, por lo que los efectos del fluido de perforación en los datos medidos pueden ser verificados mediante software.

Interferencia Magnética

Los efectos de interferencia magnética ocasionados por la presencia de acero en la sarta de perforación en los datos provisto por los instrumentos, es menor a 0.5° y esto se debe al posicionamiento de los sensores dentro de la sarta de perforación como se muestra en la Figura N°6.14

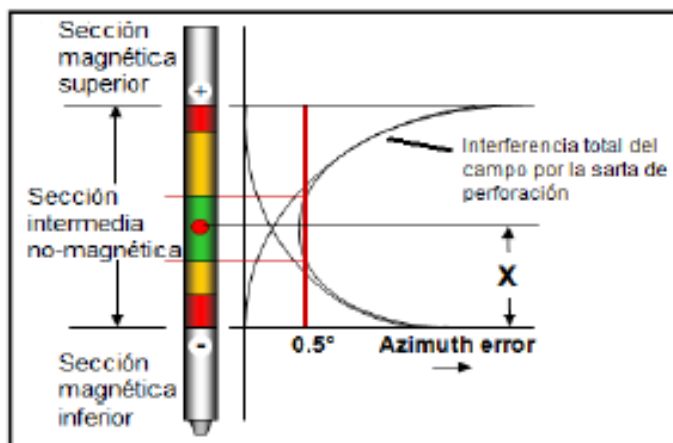


Figura N° 6.14 Interferencia Magnética

Elaborado por: Survey Quality Analysis Fundamentals Halliburton, Sperry Drilling, 2009

6.6.5 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA HYPER PULSE

6.6.5.1 PERFORACIÓN DE POZOS

La perforación es el procedimiento mediante el cual se puede determinar realmente la existencia de petróleo en el sitio donde la investigación geológica propone que se podría localizar un depósito de hidrocarburos. Existen diferentes tipos de perforación, que dependen de la estructura geológica y de la existencia de pozos vecinos, pero específicamente nos vamos a referir a la perforación direccional.

6.6.5.2 PERFORACIÓN DIRECCIONAL

Perforación direccional es el procedimiento que se encarga de desviar un hueco en base a una trayectoria planificada hacia un objetivo determinado, ubicado a cierta profundidad, cuya posición posee dirección e inclinación.

6.6.5.3 APLICACIÓN DE LA PERFORACIÓN DIRECCIONAL

Existen varias razones que hacen que se programen pozos direccionales, estas pueden ser planificadas previamente o por presentarse problemas en las operaciones que ameriten un cambio de programa en la perforación. Algunas de estas razones son:

- **Locaciones inaccesibles:** Son aquellas áreas a perforar donde se encuentra algún tipo de instalación o edificación, o donde el terreno por condiciones naturales hacen difícil su acceso.
- **Sidetrack:** Es la desviación que presenta un pozo con respecto a su trayectoria original y se la realiza con el propósito de evadir herramientas perdidas dentro

del pozo o cuando existen cambios bruscos en la configuración geológica del reservorio.

- **Onshore hacia objetivo offshore:** Este procedimiento se realiza cuando el pozo es iniciado en una locación en tierra (onshore) y la perforación es direccionada por debajo del lecho marino, debido a que el objetivo es offshore.
- **Multilaterales:** El pozo multilateral consta de un hueco principal que puede ser vertical, horizontal o direccional desde donde parten varios laterales.

La Figura N°6.15 ilustra cada una de las aplicaciones de la perforación direccional descrita anteriormente.

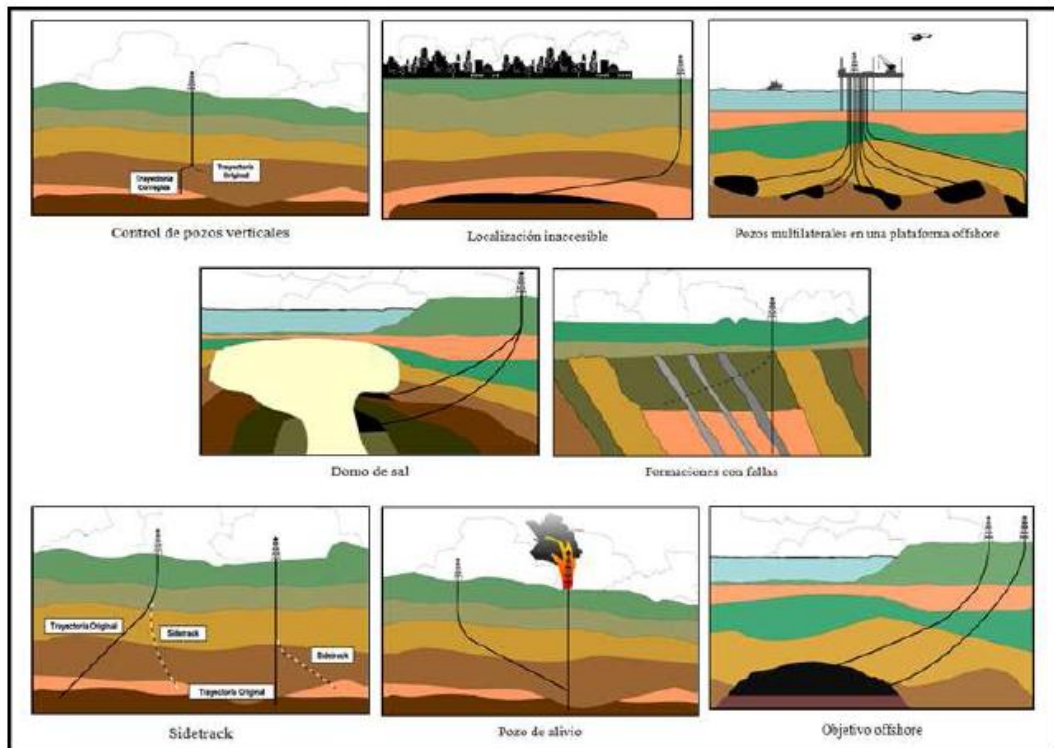


Figura N° 6.15 Aplicaciones de la perforación direccional.

Elaborado por: MSC R. TORRES, Evolución y nuevas tecnologías en la perforación de pozos de petróleo y gas. Abril,2008

Adquisición de Datos

Hay dos métodos de adquisición de datos:

- Datos en Memoria
- Datos en Tiempo Real

Datos en Memoria

Los datos en memoria son obtenidos por los sensores en fondo, los cuales toman muestras de la formación geológica y cada dato de información obtenido es almacenado en una memoria en fondo.

Estos datos son recuperados posteriormente cuando la herramienta se encuentra se encuentra nuevamente en superficie: Cada dato es asociado a un tiempo el cual a su vez es asociado a una profundidad. La sincronización de estos datos con la profundidad es llevada a cabo para obtener un registro final de Datos vs Profundidad.

Las ventajas de datos en memoria son:

- **Alta resolución de datos.** La resolución es tan buena o mucho mejor que la obtenida en tiempo real. Generalmente los datos en tiempo real son reemplazados por los de memoria una vez que estos son extraídos de la herramienta.
- **Independencia de problemas en la transmisión.** Ningún dato se pierde debido a poca detección por problemas de sensores en superficie.
- **Tasa de muestreo rápidas.** Mayor número de datos por intervalo de profundidad. Se pueden almacenar datos mucho más rápido que los que se pueden enviar a superficie.

Desventajas:

- **No se obtiene una realimentación en tiempo real.** Los datos en memoria no son útiles en mecánica de perforación tales como presión y vibración.
- Es impráctico y muy costoso utilizar datos en memoria en perforación direccional y aplicaciones de geosteering.

Datos en Tiempo Real

Los datos en tiempo real son obtenidos por los sensores de fondo que toman muestras de la formación, codifican los datos obtenidos en un formato binario y transmiten los datos obtenidos a través de algún medio hacia la superficie. La transmisión es decodificada en superficie, procesada y transformada a datos confiables, asociada a una profundidad y llevada a un registro en tiempo real.

6.6.5.4 SISTEMA DE TELEMETRÍA

Telemetría es la ciencia y tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información generada en la medición hacia el operador del sistema de telemetría. Es decir, la telemetría consiste en la adquisición, procesamiento, transporte, almacenamiento electrónico de datos y visualización de cualquier evento, proceso o variable medida a distancia.

La palabra telemetría proviene de las palabras griegas tele (lejos) y metron (medida). El envío de la información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza típicamente mediante la comunicación inalámbrica aunque también se puede realizar por otros medios (cable, fibra óptica, etc)

La industria MWD adaptó la telemetría para poder aplicarla en el ambiente de perforación teniendo para este dos tipos de telemetría, una electromagnética y una mediante pulsos de lodo positivo, negativo y continuo como se muestra en la Figura N°6.16.

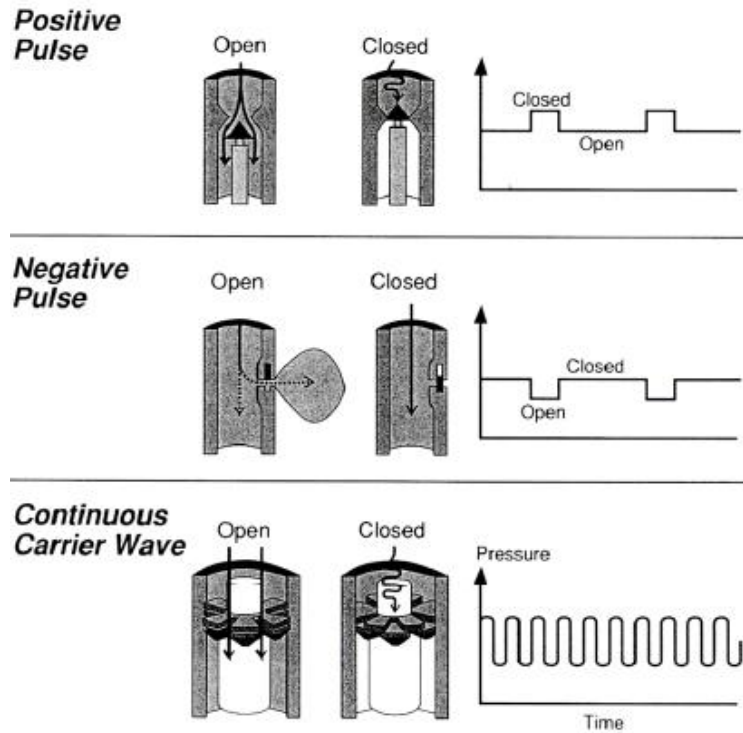


Figura N° 6.16 Tipos de telemetría por pulsos de lodo.

Elaborado por: Telemetría MWD Computalog, 2009

Sin embargo este proyecto se limita a describir solo la telemetría por pulsos de lodo positivo.

6.6.5.4.1 TELEMETRÍA POR PULSOS DE LODO

El sistema de telemetría por pulsos de lodo es el más utilizado actualmente en operaciones de perforación, ya que la configuración de la herramienta es básicamente un collar no magnético, en cuyo interior está situada una sonda electrónica equipada con sensores que miden los diferentes parámetros que son enviados a superficie a través de la columna de lodo mediante una onda continua de pulsos de presión, estos son detectados por los transductores de presión y finalmente decodificados en sistema binario. La Figura N°6.17 muestra una ilustración de la telemetría por pulsos de lodo.

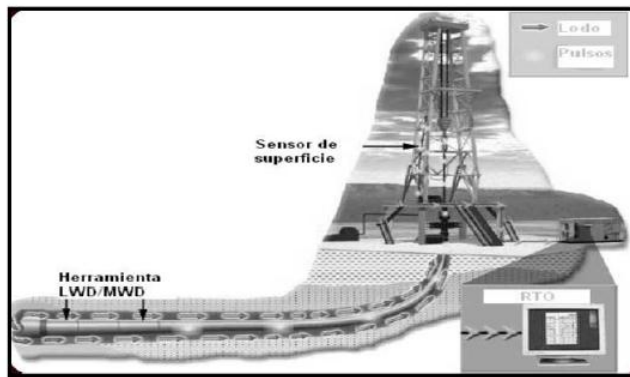


Figura N° 6.17 Telemetría por pulsos de lodo.

Elaborado por: Perforación Direccional Halliburton, Sperry Drilling, 2010

PULSOS DE LODO POSITIVO

El sistema radica en el incremento de presión en la columna de lodo extendido hidráulicamente, un vástago denominado poppet va hacia un orificio, haciendo una restricción momentánea al flujo de lodo, este aumento es transportado por la columna de lodo y se detectan en la superficie por un transductor de presión en la línea de flujo ubicado cerca de la tubería vertical como se muestra en la Figura N° 6.18, luego los datos binarios son descargados a un computador que los convierte en datos digitales.

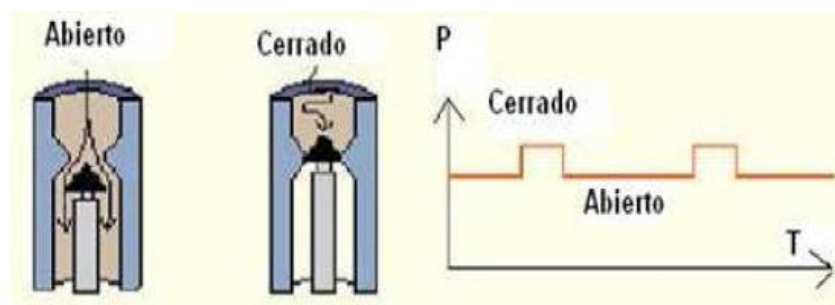


Figura N° 6.18 Telemetría por pulsos de lodo positivo.

Elaborado por: Perforación Direccional Halliburton, Sperry Drilling, 2010

La frecuencia de toma de datos se puede programar desde la superficie para disminuir o aumentar la tasa de transmisión sin necesidad de sacar la herramienta.

6.7 PRESUPUESTO:

En la Tabla 6.7.1 que se muestra a continuación se detalla los equipos, instrumentos y materiales utilizados para la implementación del Laboratorio de Mantenimiento de herramientas del sistema MWD.

Numero de Parte	Item	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
L-AB-006210	Connector Adapter CMS	1	111.18	111.18
L-AB-007042	Connector Extension, EM Pulser	1	556.19	556.19
L-AB-007048	Connector Holder	1	46.33	46.33
L-AB-700AW152	Centralizing Fitting Nut, Battery Top End, G4	2	693.69	1387.38
L-AD-006469	Assembly, Cable Patch Box, EMPP	2	826.22	1652.44
L-AA-005497	Electrical Connector, 11 Pin, Male (Williams Pyro p/n 3100S-1-11P)	1	154.67	154.67
L-AA-006209	Adapter Sleeve CMS	1	131.29	131.29
L-AA-007474	Spring, 11 Pin Connector Adapter	1	16.19	16.19
L-AA-007592	Pin Installation/Removal Tool, Electrical Connector	1	2.35	2.35
L-AA-007864	11-Pin Connector, Alignment Tool, AES Pulser, EM Setup	1	209.28	209.28
L-AA-700AD243	CABLE:MWD TOOL TEST	1	222.85	222.85
C-0000-NET-0006	INSTRUNET PCMCIA INTERFACE CARD (P/N iNET-230)	3	338.9	1016.7
L-AA-005502	Spacer, Spring, CMS	3	13.45	40.35
L-AA-006206	Rubber Grommet	100	0.48	48
L-AB-006924	Pressure Transducer, 1,000 psi, Quick Connect	2	703.19	1406.38
L-AC-006692	Kit, Precision Pulser Surface Communication	1	3618.59	3618.59
L-AA-006564	SERIAL CABLE, NULL MODEM, DB9 F/F, 6 FT	6	23.27	139.62
L-AA-0105389	Cable, Instrunet Power Adapter, version 4	5	70.85	354.25
L-AB-006925	Pressure Transducer, 5,000 psi, Quick Connect	6	697.42	4184.52

C-0000-NET-0006	INSTRUNET PCMCIA INTERFACE CARD (P/N iNET-230)	3	388.09	1164.27
L-AB-010666	InstruNet Card Power Supply	6	87.37	524.22
C-0000-CON-0001	Pipe Cone - 12	7	19.26	134.82
L-AA-006556	SERIAL CABLE, RS-232, DB9, M/F, 10 FT.	5	12.36	61.8
L-AA-006895	Instrunet PCI Interface Card	1	384.46	384.46
L-AA-008895	Cotton Swab, 6"	50	2.04	102
L-AA-010536	Cable, USB 2.0, Standard Type A/B plug, 10 ft.	1	20.03	20.03
L-AA-010537	Instrunet USB Interface Box (iNet-240)	1	201.1	201.1
L-AA-010539	Cable, Instrunet Power Adapter, version 4	1	70.85	70.85
L-AC-700AV389	Battery, MWD G4 100 Deg C (UPB 3 100 Deg)	20	1230.5	24610
700.AV.381	CABLE: DB25M/DB9F.TRANSCEIVER PROG	2	64.2	128.4
L-AA-700AH001	MWD Battery Test Box	2	299.43	598.86
L-AF-700AV135	Assembly, Battery Connector, Triax (MWD669)	2	1258.78	2517.56
L-AC-0005XX	Back-Up Ring For -XX O-Ring, Male Gland	50	4.72	236
L-AA-005497	Electrical Connector, 11 Pin, Male	3	10	30
L-AC-005684	Assembly, Piston Housing, 4-3/4" & 6-3/4" Pulser	1	2088.36	2088.36
C-0000-NET-0006	INSTRUNET PCMCIA INTERFACE CARD (P/N iNET-230)	3	388.09	1164.27
L-AB-010666	InstruNet Card Power Supply	3	87.37	262.11
L-AL-700AV130	Assembly, Battery Presser (MWD732)	8	881.37	7050.96
L-AC-005493	Spear Point With Fishing Neck	4	616.75	2467
L-AC-700AV389	Battery, MWD G4 100 Deg C (UPB 3 100 Deg)	50	1230.5	61525
TOTAL:				120640.63

Tabla N° 6.7.1 Presupuesto.

Elaborado por: La Investigadora

El valor de este presupuesto es totalmente financiado por la empresa Weatherford South América y de manera específica por la línea Drilling Services.

6.8 CONCLUSIONES

- El Laboratorio de Mantenimiento de herramientas MWD está implementado con todos los requerimientos mínimos necesarios para poder realizar un mantenimiento preventivo completo y pruebas de correcto funcionamiento, reduciendo así las posibles fallas en el desempeño en campo, que por ende dan como resultado un mejoramiento en el nivel de calidad del servicio direccional.
- Los procedimientos establecidos en este proyecto de investigación se rigen bajo normas internacionales tanto en el área de mantenimiento, como en cuanto al control de calidad y se encuentran bajo la aceptación de políticas internas de la empresa.
- Las metas propuestas por el proyecto se lograron cumplir, satisfaciendo así los requerimientos de la empresa al aplicar los principios básicos teóricos en los procedimientos y al desarrollar de forma práctica la implementación del laboratorio.
- Con la realización de este proyecto se garantiza una optimización de la operación, pues el proceso de mantenimiento toma menos tiempo, ya que previo a la implementación de este Laboratorio al enviar las herramientas a países cercanos como Venezuela, se requería entre tres semanas a un mes, mientras que el mismo nivel de mantenimiento actualmente al ser realizado en el país lo podemos conseguir en un período de tres días, esto da como resultado un ahorro en tiempo que a la vez da como consecuencia un ahorro económico representativo para la empresa.

6.9 RECOMENDACIONES

- Verificar continuamente las actualizaciones tanto en software como en tecnología para mantener el Laboratorio operativo constantemente.
- Las actualizaciones de normas y estándares de calidad siempre se encuentran bajo revisiones y modificaciones, por eso es muy necesario estar pendiente de algún tipo de cambio que pueda modificar también algún procedimiento de los planteados en este proyecto.
- Es necesario continuar con la adquisición de equipos y la capacitación al personal para que el Laboratorio continúe creciendo en sus servicios, para a futuro contar también con mantenimiento correctivo y calibración de herramientas, ya no solo del sistema MWD sino también del sistema LWD.
- La optimización de tiempos y la eficiencia económica siempre es una prioridad, por lo que se recomienda hacer un análisis costo-beneficio para evaluar la factibilidad de hacer mejoras al laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- MORLEY Jan (1998), *Introduction to Measurement While Drilling (MWD)*, WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L

- TECHNOLOGY SERVICES GROUP (2008), *Measurement While Drilling I – Mud Pulse*, Computalog Drilling Services, 16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060

- TRAINING CURRICULUM (2010), *Logging While Drilling Essentials*, Computalog Drilling Services, 16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060

- FOLLIS Tom, LESHIKAR James, NEUSCHAEFER Russ, PHILLIPS Wayne (1996), *MWD Directional Survey Training Manual*, SCHLUMBERGER – ANADRILL

- TECHNOLOGY SERVICES GROUP (2009), *MWD I Essentials / MWD I EM Operations*, Computalog Drilling Services, 16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060

- TECHNOLOGY SERVICES GROUP (2009), *MWD II Hyper Pulse*, Computalog Drilling Services, 16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060

- Hojas internas técnicas de ensamblaje de cada una de las herramientas proporcionadas por la empresa, desarrolladas y revisadas en Houston por el departamento Advantage bajo la última actualización en marzo 2012

Ensamblaje MD700AV075, “*Sensor Direccional-CDS*”
Ensamblaje MD700AM193, “*Transmisor de fondo BTR (MWD200)*”
Ensamblaje MD005649, “*Control Module Sonde - CMS*”.

Ensamblaje MD001600, "*Control Valve – Pulser*"

Ensamblaje MD005536, "*Main Valve – 4¾'' Pulser*"

Ensamblaje MD005537, "*Main Valve – 6¾'' Pulser*"

Plataforma MD005620, "*Pulser Wet Test*"

Ensamblaje MD006256, "*Main Valve – 8¼'' & 9½'' Pulser*"

Ensamblaje MD006291, "*Main Valve – 4¾'' Precision Pulser*"

Ensamblaje MD006292, "*Main Valve – 6¾'' Precision Pulser*"

Ensamblaje MD006985, "*Main Valve – 8'' & 9½'' Precision Pulser*"

Ensamblaje MD008697, "*Main Valve – 3½'' Precision Pulser*"

LINKOGRAFIA

- GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001, *Gestión de Calidad ISO 9001*, Publicado por The British Standards Institution 2012
(<http://www.bsigroup.es/certificacion-y-auditoria/Sistemas-de-gestion/estandares-esquemas/Gestion-de-Calidad-ISO9001>)
- CONCEPTUALIZACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD, *Control de Calidad*, Publicado el martes 03 de Enero del 2012
(http://es.wikipedia.org/wiki/Control_de_calidad)
- GENERALIDADES DE LAS NORMAS ISO, *Generalidades Normas ISO 9000 – Normas ISO 14000*, Publicado por la Universidad Nacional de Luján, Argentina
(<http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/normasiso.htm>)
- Weatherford & Quality, Health, Safety and the Environment, *Políticas de Calidad Internas*, publicado por Weatherford International Ltd. 2012
- Enterprise Excellence Process, *Políticas de Excelencia Empresarial*, publicado por Weatherford International Ltd. 2012

INDICE DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **Política QHSE de WEATHERFORD**
(www.weatherford.com/AboutWeatherford/CompanyInformation/QHSSE/)
- [2, 3] **Políticas EEP de WEATHERFORD**
(www.weatherford.com/AboutWeatherford/CompanyInformation/EnterpriseExcellence)
- [4] **MWD I ESSENTIALS / MWD I EM OPERATIONS**

*TECHNOLOGY SERVICES GROUP (2009), Computalog Drilling Services
16178 West Hardy Road, Houston, Texas 77060*

- [5] Introduction to Measurement While Drilling (MWD)**
MORLEY Jan (1998), WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L

ANEXOS

ANEXO N° 1 ENCUESTA

ENCUESTA AL PERSONAL TÉCNICO DEL ÁREA DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO MWD DE LA EMPRESA WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. DE R.L. EN LA PROVINCIA DE FRANCISCO DE ORELLANA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

ENCUESTA SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD EN EL MANTENIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS MWD EN LA EMPRESA WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.

Instrucciones: Por favor complete la encuesta cuidadosamente con total sinceridad al leerla por completo y señale sus respuestas con una "X".

Nombre:

Fecha:

1. ¿Las Herramientas del sistema Measurement While Drilling (MWD) tienen algún control de calidad en su mantenimiento?

Sí ()

No ()

2. ¿Cómo califica el control de calidad en el mantenimiento existente en las diferentes herramientas del sistema MWD?

Muy Bueno ()

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

Insuficiente ()

3. ¿Cómo califica al mantenimiento dado en laboratorio a las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y PULSER) del sistema MWD?

Muy Buena ()

Buena ()

Mala ()

Regular ()

Insuficiente ()

4. ¿Recibe el personal capacitaciones para realizar el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas del sistema MWD?

Sí ()

No ()

5. ¿Existen dispositivos de alta tecnología incorporados en las componentes de la herramienta Hyper Pulse del sistema MWD?

Sí ()

No ()

6. ¿Existe algún tipo de proceso que determine los pasos a seguir al realizar mantenimientos preventivos a la herramienta Hyper Pulse y sus respectivas pruebas de funcionamiento?

Sí ()

No ()

7. ¿Existen los equipos necesarios tanto en hardware como en software para realizar pruebas de correcto funcionamiento de las componentes de la herramienta Hyper Pulse (G4, CMS y PULSER) en el laboratorio de Reparación y Mantenimiento MWD de la empresa Weatherford South America S. de R.L.?

Sí ()

No ()

8. ¿Cómo califica los manuales o guías para control de mantenimiento de herramientas MWD existentes en el laboratorio de Reparación y Mantenimiento en la empresa Weatherford South America S. de R.L.?

Muy Buena ()

Buena ()

Mala ()

Regular ()

Insuficiente ()

Le agradezco su tiempo y su gentil atención.

Atentamente,

Soria Amán Ana Jeanneth

UTA – FISEI

ANEXO N° 2 ENTREVISTA

**ENTREVISTA AL GERENTE OPERACIONAL, COORDINADORES
DELAS SUBLÍNEAS MWD Y DIRECCIONAL, Y ALSUPERVISOR DEL
ÁREA DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO EMPRESA
WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS,
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

**ENTREVISTA SOBRE EL CONTROL DE CALIDAD EN EL
MANTENIMIENTO DE LAS HERRAMIENTAS MWD EN LA
EMPRESA WEATHERFORD SOUTH AMERICA S. de R.L.**

Instrucciones: Por favor complete la encuesta cuidadosamente con total sinceridad al leerla por completo, si es necesario señale sus respuestas con una "X".

Nombre:

Fecha:

Función en la Empresa:

- 1. ¿Cuánto tiempo trabaja usted en la Empresa Weatherford South America S. de R.L.?**

.....
.....
.....

2. Usted como Ingeniero Coordinación de operaciones, ¿Cómo califica el desarrollo del control de calidad en el mantenimiento de las herramientas MWD?

.....
.....
.....

3. ¿Cuáles son los procesos a seguir según su perspectiva para la implementación de un correcto Control de Calidad en el mantenimiento del sistema MWD?

.....
.....
.....

4. ¿Cuáles son los beneficios de implementar un control de calidad para el correcto mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las herramientas MWD?

.....
.....
.....

5. ¿Según su punto de vista, que requerimientos son necesarios para la correcta implementación de un Control de Calidad en el mantenimiento de las herramientas MWD?

.....
.....
.....
.....

6. ¿Cuáles son las suficientes condiciones para que a una herramienta MWD se pueda realizar su procedimiento normal de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo?

.....
.....
.....

7. ¿Existen los suficientes materiales y herramientas para implementar una eficiente Mantenimiento de las herramientas MWD y su respectivo control de calidad?

.....
.....
.....

8. ¿Cuáles son las mediciones o registros que entregan las herramientas MWD en tiempo real?

.....
.....
.....

ANEXO N° 3 ESPECIFICACIONES

Especificaciones Generales

Temperatura Máxima de Operación 125°C

Presión de Colapso 15000psi

Diámetro de la probeta direccional 1 11/16"

Sensores Direccionales

3 acelerómetros (Gx, Gy, Gz) y 3 Magnetómetros (Hx, Hy, Hz) para obtener las componentes X, Y, Z y computar datos (INC, AZ, MTF, GTF)

Exactitud inclinación +/- 0.1°

Exactitud en Azimut +/- 0.5°

Exactitud TF +/- 1.5°

Otras Mediciones (Opcionales)

Rayos Gamma (usando probeta GRG4)

Muestreo 16 segs.

Rango 0-5000 cuentas por datos de tiempo real convertidas a AAPI

Resolución 1 count

Memoria 200 K (data sets) arriba de 37 días.

Recuperable

Dependiendo del diámetro interior de los tubulares.

Mantenimiento

BTR CDS 2000 horas de circulación

Gamma 2000 horas de circulación

CMS 2000 horas de circulación

Pulser 250 horas de circulación

ANEXO N° 4 CONFIGURACIONES DE FONDO DEL SISTEMA HYPERPULSE

Typical EMPP BHA

