

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE FIT Y ACCESORIOS DEL SEGMENTO WIRELINE DE SCHLUMBERGER- LAS MOROCHAS

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Agrizonis Y., Nestor L
Para optar al Título
de Ingeniero de Petróleo.

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE FIT Y ACCESORIOS DEL SEGMENTO WIRELINE DE SCHLUMBERGER- LAS MOROCHAS

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Pedro Díaz.

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Anuar Davizon

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Agrizonis Y., Nestor L.
Para optar al Título
de Ingeniero de Petróleo

Caracas, 2012


Caracas, Noviembre de 2012


Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Petróleo, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Nestor L. Agrizonis Y., titulado:

“Optimización del Proceso de Mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios del Segmento Wireline de Schlumberger-Las Morochas”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Petróleo, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. René Rojas
Jurado


Prof. Miguel Castillejo
Jurado


Prof. Pedro Díaz
Tutor Académico



AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecerle, ante todo a DIOS, por haberme llenado de fuerza y de fe durante toda mi vida y ayudado a alcanzar mis metas propuestas. Le agradezco enormemente a la Ilustre Universidad Central de Venezuela por haberme brindado los conocimientos necesarios para llegar a donde hoy estoy, a mi tutor Académico le doy las gracias por haberme apoyado en la realización de este proyecto de grado, ya que sin sus consejos y opiniones no hubiese podido culminarlo. A mi tutor industrial le agradezco también por haberme brindado la oportunidad de desarrollar este proyecto y por haberme guiado durante mi contacto con el mundo real de la industria petrolera. Gracias a mi familia y a mi bella novia por alentarme en cada momento.

Agrizonis, Y. Nestor L.

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO
DE FIT Y ACCESORIOS DEL SEGMENTO WIRELINE DE SCHLUMBERGER-
LAS MOROCHAS**

Tutor Académico: Prof. Pedro Díaz. Tutor Industrial: Ing. Anuar Davizon. Tesis.

Ciudad, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería de Petróleo. 2012, n°

pág. 229

Palabras Claves: mantenimiento, *FIT*, calidad, eficiencia, fallas, proceso de mejoramiento, Schlumberger.

Resumen: El rendimiento del mantenimiento que se ha estado realizando en el Laboratorio de FIT y Accesorios del segmento Wireline de Schlumberger, en Las Morochas, en el período Enero – Julio 2012, ha sido deficiente. En vista de que las fallas operacionales han estado muy ligadas a las actividades realizadas en este laboratorio, se procedió a identificar cada una de las fallas potenciales de la baja eficiencia y eficacia del proceso de mantenimiento, para optimizar el tiempo invertido en la realización de las actividades dentro del proceso, y para reducir las fallas que puedan generar gastos monetarios para la compañía. Se aplicó en términos generales la metodología *Six Sigma* y la técnica de las 5S, reconocidas a nivel mundial como técnicas que ayudan a mejorar procesos y su calidad. La finalidad del proyecto de investigación es mejorar el rendimiento del proceso de mantenimiento optimizando el tiempo, reduciendo las fallas operacionales, y mejorando la calidad de servicio. Durante el estudio del proceso se analizan características variables como el tiempo total del proceso, el número de personal involucrado, la supervisión del proceso, los materiales necesarios y utilizados para realizar el mantenimiento, la secuencia de las actividades, etc. Se identificaron las fallas y se plantearon soluciones que podrían mejorar el rendimiento del proceso de mantenimiento, que finalmente favorece a la eficiencia del proceso de la empresa.

INDICE

INTRODUCCIÓN: SCHLUMBERGER – WIRELINE VENEZUELA OCCIDENTE DESDE UN PUNTO DE VISTA GLOBAL.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
I.2 OBJETIVOS.....	7
I.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
I.3 JUSTIFICACIÓN.....	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	13
II.1 <i>SCHLUMBERGER</i> – UNA VIAJE RÁPIDO POR SU HISTORIA.....	13
II.1.1 PERFIL Y PRINCIPIOS.....	13
II.2 MANTENIMIENTO: DEFINICIÓN.....	14
II.2.1 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.....	15
II.2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	17
II.2.2.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	17
II.2.2.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	17
II.2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	18
II.2.2.4 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	18
II.3 MANTENIMIENTO EN WIRELINE – SCHLUMBERGER.....	19
II.3.1 PROCESOS DEL MANTENIMIENTO.....	20
II.3.1.1 PREPARACIÓN DEL EQUIPO (ASSESS).....	20
II.3.1.2 MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	21

II.3.1.3 CONFIGURACIÓN.....	23
II.3.1.4 CHEQUEO OPERACIONAL.....	23
II.4 ÁREAS DE MANTENIMIENTO DEL SEGMENTO <i>WIRELINE</i> – <i>SCHLUMBERGER</i>	24
II.4.1 AREA DE SOLDADURA – FUNCIONES.....	24
II.4.2 AREA DE PRESIÓN – FUNCIONES.....	25
II.4.3 ÁREA DE EXPLOSIVOS – FUNCIONES.....	25
II.4.4 LABORATORIO DE MECÁNICA – FUNCIONES.....	26
II.4.5 LAVADERO – FUNCIONES.....	26
II.4.6 LABORATORIO DE SONDA – FUNCIONES.....	27
II.4.7 LABORATORIO DE ELECTRÓNICA – FUNCIONES.....	27
II.4.8 LABORATORIO DE FIT Y ACCESORIOS – FUNCIONES.....	28
II.4.8.1 HERRAMIENTAS QUE SON TRABAJADAS EN EL LABORATORIO DE <i>FIT Y ACCESORIOS</i>	29
II.4.8.2 ACCESORIOS QUE SON TRABAJADOS EN EL LABORATORIO DE <i>FIT Y</i> <i>ACCESORIOS</i>	
II.4.8.3 EQUIPO DE <i>RIG UP</i>	37
II.5 PROCESOS.....	42
II.5.1 ELEMENTOS DE UN PROCESO.....	44
II.5.2 FACTORES DE UN PROCESO.....	45
II.5.3 EL TRABAJO COMO UN PROCESO.....	47
II.5.4 SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.....	49
II.6 CALIDAD Y CALIDAD TOTAL: DEFINICIÓN.....	51
II.6.1 PERSPECTIVAS DE LA CALIDAD.....	51
II.6.2 PRINCIPIOS.....	54

II.6.3 GESTIÓN DE CALIDAD.....	57
II.6.4 ENFOQUE DE LA GESTIÓN DE CALIDAD.....	59
II.6.5 COMPETITIVIDAD EN EL MERCADO.....	61
II.7 ALGUNAS TÉCNICAS QUE AYUDAN A MEJORAR LA EFICIENCIA, EFICACIA Y CALIDAD DE SERVICIO.....	62
II.7.1 TÉCNICA DE LAS 5S	
II.7.2 METODOLOGÍA <i>SIX SIGMA</i>	
II.7.2.1 CALIDAD EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO.....	71
II.7.2.2 PROGRAMA DEL NIVEL DE CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN, VENTAS Y SERVICIO DEL PRODUCTO	
II.8 QUÉS ES <i>RITE.NET</i> ?.....	73
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	78
III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	78
III.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	85
III.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y PROCEDIMIENTOS.....	86
III.3.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO.....	88
III.3.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO.....	89
III.3.3 DETERMINACIÓN DE CAUSAS POTENCIALES.....	98
III.3.3.1 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	100
III.3.3.2 ANÁLISIS DE LA MODA DE FALLA Y SUS EFECTOS (FMEA)...	101
III.3.4 MEDICIÓN DE VARIABLES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS CAUSAS.....	102
III.3.4.1 REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS.....	102
III.3.4.2 DISTRIBUCIÓN NORMAL.....	103

III.3.4.3 CÁLCULO DEL SIGMA DEL PROCESO.....	107
III.3.4.4 ÍNDICES DE POTENCIAL Y CAPACIDAD DEL PROCESO.....	109
III.3.5 ANÁLISIS DE VARIABLES MEDIDAS Y PROPUESTAS PARA MEJORAR DEFICIENCIAS.....	110
III.3.6 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DEL PROCESO MODIFICADO.....	113
III.3.7 CONTROL.....	113
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	114
IV.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO.....	114
IV.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS CLIENTES Y LAS CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE LA CALIDAD.....	115
IV.3 DETERMINACIÓN DE CAUSAS POTENCIALES.....	122
IV.3.1 DIAGRAMA CAUSA EFECTO.....	122
IV.3.2 ANÁLISIS FMEA.....	125
IV.4 MEDICIÓN DE VARIABLES Y REPRESENTACIÓN DE LOS DATOS.....	127
IV.5 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.....	149
IV.5.1 IDENTIFICACIÓN DE FALLAS DURANTE EL PROCESO DE MANTENIMIENTO EN EL LABORATORIO.....	149
IV.5.2 IDENTIFICACIÓN DE FALLAS CO EL EQUIPO DE <i>RIG UP</i>	157
IV.5.3 IDENTIFICACIÓN DE FALLAS EN EL ÁREA DE LAVADO.....	158
IV.5.4 OTRAS FALLAS RELACIONADAS.....	159
IV.6 PLAN DE MEJORA DEL PROCESO.....	161
IV.6.1PROPUESTA PARA EL PROCESO DE MANTENIMIENTO DEL LABORATORIO DE FIT Y ACCESORIOS.....	161
IV.6.2 PROPUESTA PARA EL CONTROL DEL EQUIPO DE <i>RIG UP</i>	171
IV.6.3 ROLES Y FUNCIONES.....	176

IV.7 PLAN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE MANTENIMIENTO.....	181
IV.7.1 DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE TRABAJO DEL LABORATORIO DE FIT Y ACCESORIOS.....	181
IV.7.2 PROPUESTA PARA UNA MEJOR DISTRIBUCIÓN DEL ÁREA DEL LABORATORIO.....	184
IV.8 ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DEL PROCESO MODIFICADO Y SU MECANISMO DE CONTROL.....	200
CONCLUSIONES.....	204
RECOMENDACIONES.....	207
BIBLIOGRAFÍA.....	209
ANEXOS.....	211
GLOSARIO.....	226

LISTA DE FIGURAS

I.1 Desempeño del laboratorio de <i>FIT y Accesorios</i> 2012.....	10
II.1 <i>Q-Check</i> a una cabeza de registro.....	25
II.2a: Heptacable.....	30
II.2b: Monocable.....	31
II.3: Cabeza de registro <i>LEH-QT</i>	32
II.4: <i>CMTD</i>	33
II.5: <i>IDW</i>	33
II.6: Colector	34
II.7: <i>CMZ</i>	35
II.8 <i>Gemoco</i>	35
II.9: Adaptador.....	36
II.10: <i>EQF</i> (Pesos).....	37
II.11: <i>Sheave Wheels</i>	37
II.12 Ancla de <i>Rig Up</i>	38
II.13 Eslinga.....	38
II.14: Grilletes/ <i>Clevis</i>	39
II.15: Cadena de vestir.....	39
II.16: Plato de vestir.....	40
II.17: Cuello de ganso.....	40
II.18: Tapas de izamiento.....	41
II.19: Esposas de <i>Rig Up</i>	41
II.20: T pesa.....	42
II.21 Representación <i>IPO</i>	43
II.22: Las 5S.....	64
II.23: Metodología <i>Six Sigma</i>	66

II.24: De un trabajo de menor nivel se sigma ano de mayor sima.....	68
III.1: Proceso General de Mantenimiento en Wireline dentro de las operaciones.....	79
III.2: Área de lavado	81
III.3 Transporte Lavadero-Rack de <i>FIT</i> -Laboratorio <i>FIT</i> -Área de Chequeo.....	82
III.4: Laboratorio de <i>FIT</i> y <i>Accesorios</i>	83
III.5: Racks en el área de chequeo.....	84
III.6: Etapas del marco metodológico.....	87
III.7: Técnica <i>IPO</i>	88
III.8: Procedimiento para definir las CCC.....	90
III.9: Esquema General del proceso de mantenimiento del laboratorio de <i>FIT</i> y <i>Accesorios</i> actual.....	91
III.10: Caja de <i>Rig Up</i>	94
III.11: Cesta de Herramientas.....	94
III.12: Rack en el lavadero.....	95
III.13: Grúa Puente en el lavadero.....	95
III.13a: Montacargas.....	96
III.13b: Rack de <i>FIT</i>	96
III.14a: Carro de transporte.....	96
III.14b: Laboratorio de <i>FIT</i> y <i>Accesorios</i>	96
III.15 Carro de transporte de accesorios.....	97
III.16 Cuarto de accesorios.....	97
III.17: rack amarillo.....	98
III.18 Rack rojo.....	98
III.19 <i>QUEST</i>	99
III.20: Diagrama Causa Efecto.....	101
III.21: Distribución Normal.....	104
III.22: Distribución Normal Tipificada.....	105
III.23: Ejemplo de una distribución Normal.....	106

III.24: RITE.....	112
IV.1: Selección del proyecto (IPO).....	115
IV.2: Proceso de mantenimiento actual en 5 etapas.....	121
IV.3: Diagrama causa-efecto.....	124
IV.4: Frecuencia de los procesos del mantenimiento general.....	131
IV.5: Comparación del comportamiento del proceso con la Campana de Gauss.....	132
IV.6: Frecuencia del tiempo invertido en la búsqueda de materiales en FIT.....	134
IV.7: Frecuencia del tiempo invertido en la búsqueda de materiales en el área de lavado.....	135
IV.8: Frecuencia del tiempo invertido en la búsqueda de materiales luego del mantenimiento.....	136
IV.9: Gráfico de barras del personal involucrado durante el mantenimiento.....	137
IV.10: Gráficos de barras del número de carros de transporte.....	138
IV.11: Supervisión en FIT.....	139
IV.12: Supervisión en el área de lavado.....	140
IV.13: Parte del <i>bulkhead</i>	144
IV.14: <i>Bulkhead</i>	144
IV.15: Aislantes del <i>bulkead de LEH-QT</i> dañados.....	145
IV.16: Aislantes en buen estado de <i>LEH-QT</i>	145
IV.17: Punto débil.....	146
IV.18 Estructura Organizativa del laboratorio de <i>FIT</i> Actual.....	149
IV.19: <i>O-rings</i>	151
IV.20: Cajas de almacenamiento de repuestos.....	151
IV.21a: Estantes sin identificación.....	152
IV.21b: Gavetas sin identificación.....	152
IV.22a: Del <i>rack</i> de laboratorio al carro de transporte.....	154
IV.22b: Grúa Mecánica.....	154

IV.23: Tapas protectoras.....	155
IV.24: Puntos débiles a tensión.....	155
IV.25: Cajas listas.....	156
IV.26 Cuarto de Accesorios.....	157
IV.27: Cajas de <i>Rig Up</i> no aseguradas.....	158
IV.28: <i>Hidrojet</i> del lavadero.....	159
IV.29 Carros de transporte	160
IV.30: Nueva estructura organizativa del laboratorio.....	163
IV.31: Proceso de mantenimiento del laboratorio de <i>FIT</i> y <i>Accesorios</i> modificado (general).....	164
IV.31a Preparación.....	165
IV.31b Mantenimiento.....	166
IV.31c Configuración.....	167
IV.31d Chequeo.....	168
IV.32: Caja de <i>Rig Up</i> (modificación).....	171
IV.33: Proceso de <i>Rig Up</i> propuesto.....	173
IV.33a Preparación y mantenimiento.....	174
IV.33b: Configuración y chequeo.....	175
IV.34: Distribución actual del área de trabajo del laboratorio.....	183
IV.35:Distribución modificada del laboratorio.....	187
IV.35a: Nueva zona de FIT II.....	188
IV.35b: Área de FIT con nuevas distribución de trabajo asignada.....	189
IV.35c: Nuevo carro de mantenimiento.....	190
IV.36: Casillero de centralizadores antes y después de aplicarle 5S.....	191
IV.37 Aros de calibración de AIT antes y después de 5S.....	191
IV.38 Caja de herramientas antes y después de las 5S.....	191
IV.39 Grúa Puente en el área de chequeo.....	194
IV.40 Punto débil marcado.....	196

IV.41: Control de Puntos débiles.....198
IV.42: Tiempo estimado del proceso propuesto.....201

LISTA DE TABLAS

II.1: Niveles de <i>sigma</i> y su rendimiento.....	69
IV.1: Resultados del análisis <i>FMEA</i>	126
IV.2: Tiempos aproximados de las etapas del proceso de mantenimiento actual.....	128
IV.3: Tiempo invertido en la búsqueda de implementos en el proceso.....	129
IV.4: Datos relacionados a la supervisión, carros de transporte y personal.....	130
IV.5: Clases de la muestra del proceso.....	131
IV.6: Datos Probabilísticos de la muestra del proceso.....	132
IV.7: Clases del tiempo invertido en la búsqueda de materiales en <i>FIT</i>	133
IV.8: Datos Probabilísticos para tiempo invertido en la búsqueda de materiales durante <i>FIT</i>	133
IV.9: Clases para el tiempo invertido en la búsqueda de materiales durante lavado.....	134
IV.10: Datos probabilísticos del tiempo invertido en la búsqueda de materiales durante el lavado.....	135
IV.11: Tiempo invertido en la búsqueda de materiales Post-mantenimiento.....	136
IV.12: Variables Estadísticas respecto al tiempo invertido en la búsqueda de materiales durante el lavado.....	136
IV.13: Personal involucrado en el proceso de mantenimiento.....	137
IV.14: Números de carros de transporte involucrados.....	138
IV.15: Datos relacionados a la supervisión en <i>FIT</i>	139
IV.16: Datos relacionados a la supervisión en el área de lavado.....	139

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Pautas para el número de prioridad de riesgo RPN.....	211
Anexo 2: Probabilidad acumulada para Z en una distribución Normal.....	213
Anexo 3: Probabilidad acumulada para Z en una distribución Normal.....	214
Anexo 4: Tabla de conversión a largo plazo de un proceso sigma discreto.....	215
Anexo 5: Tabla de conversión a largo plazo de un proceso sigma discreto.....	216
Anexo 6: Hoja creada para mejorar la organización del mantenimiento en el laboratorio de FIT y Accesorios.....	217
Anexo 7: Herramientas de registro trabajadas frecuentemente en el laboratorio de FIT y Accesorios.....	218

Anexo electrónico 1: Estándar de la Entrega y Servicios de Productos de Wireline-Schlumberger.

Anexo electrónico 2: Estándar de Mantenimiento de Wireline.

Anexo electrónico 3: Diagrama de flujo de funciones cruzadas del proceso de mantenimiento general de Wireline Schlumberger.

Anexo Electrónico 4: Diagrama de flujo de funciones cruzadas del proceso realizado por el personal del laboratorio de FIT y Accesorios actualmente.

Anexo electrónico 5: Matriz RASCI diseñada para el proceso de mantenimiento del laboratorio de FIT y Accesorios.

Anexo electrónico 6: Proceso de Mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios Propuesto (Diagrama de Funciones Cruzadas).

Anexo electrónico 7: Base de datos para Complementar el Control de los Puntos débiles Modulares.

INTRODUCCIÓN

Schlumberger es una empresa francesa de tecnología muy sólida que le brinda servicio a empresas petroleras a nivel mundial y que tiene como intereses principales desarrollar tecnologías avanzadas y cada día más útiles para prestar el mejor servicio, mantener los estándares de calidad, ya que esta última es primordial y asegura la competitividad de la empresa, y finalmente establecer siempre las mejores condiciones de trabajo para sus empleados.

Schlumberger se encuentra en ochenta y cinco (85) países a nivel mundial dentro de los cuales figura la sede de Venezuela. Está dividida en 23 segmentos que actúan generalmente en conjunto para realizar trabajos de sísmica, perforación de pozos, caracterización de la formación, completación, producción e intervención de pozos y además ofrece servicios especiales que se realizan a nivel sub-marino en pozos que se encuentran costa afuera. Este trabajo se enfocará y desarrollará en el segmento WIRELINE de Schlumberger ubicado en Las Morochas (Edo. Zulia)-Venezuela.

Wireline es el segmento que se encarga de realizar operaciones con guaya fina o gruesa que consisten en la corrida de herramientas en un pozo con la finalidad de realizar operaciones de caracterización, completación o producción de pozos.

Generalmente, el segmento utiliza un esquema de funcionamiento detallado que deben seguir todas las operaciones para la efectividad de los procesos en la base y para garantizar que finalmente se puedan satisfacer las necesidades del cliente con un trabajo de la mejor calidad posible.

A gran escala, el funcionamiento de Wireline comienza con el contacto del cliente con la empresa, el cual se hace a través del *Operation Manager* y el Departamento de Ventas del segmento. Este departamento le comunica los contratos obtenidos al *Field Service Manager (FSM)* de la empresa, que luego tiene la responsabilidad de distribuirlos a los ingenieros que tiene bajo su cargo, así como todas las actividades

necesarias implicadas en el asunto a los demás trabajadores. Una vez que el ingeniero adquiere un trabajo determinado, comienza a reunir las herramientas y equipos necesarios que debe llevar para poder ejecutarlo los cuales deben estar en perfectas condiciones. Dependiendo de las herramientas, el ingeniero debe realizar varios chequeos operacionales para conocer si las mismas funcionan en condiciones ideales o en condiciones de pozo (simuladas). Al terminar el chequeo las herramientas seleccionadas se deben colocar en la cesta de transporte respectiva, que será enviada al lugar de trabajo (pozo). Al finalizar el trabajo las herramientas son enviadas nuevamente a la base las cuales serán sometidas a ciertos procesos de mantenimiento para poder, nuevamente, estar al servicio de los ingenieros de campo.

Cuando las herramientas llegan de vuelta a la base son transportadas directamente primero a un área llamada “Lavadero” para ser sometidas a una limpieza externa.

Seguidamente son llevadas al laboratorio de *FIT y Accesorios (First Inspection of Tools)* en donde son chequeadas para obtener un primer diagnóstico de las condiciones de las herramientas. Dependiendo de los resultados obtenidos, se decidirá si el equipo está listo para ser chequeado operacionalmente o si requiere de un mantenimiento más detallado.

Por este laboratorio deben pasar todas y cada una de las herramientas de la base para ser inspeccionadas. Cada una de ellas posee un manual de mantenimiento y de operaciones en donde se especifican cada uno de los procedimientos que se deben cumplir para poder realizar las actividades de manera correcta y completa.

En la empresa se manejan tres tipos de mantenimiento en orden creciente del grado de inspección y chequeo: *FIT*, *TRIM* y *Q-CHECK*. Cada tipo de mantenimiento posee tres (3) fases, por ejemplo, *FIT I*, *FIT II* y *FIT III*, y en cada una de ellas se realizan diferentes actividades para que al final se pueda completar la operación. Uno de los más importantes y proactivo es el *FIT* ya que se emplea como diagnóstico general de la condición funcional de las herramientas y equipos. Con esta noción, el equipo ya

tiene un camino más definido, es decir, ya se sabe a cual laboratorio mandar en caso de que haya ocurrido alguna falla específica o si no necesita mantenimiento adicional.

La empresa siempre ha fomentado la práctica del mantenimiento preventivo y proactivo para que las fallas no sucedan imprevistas, sino que ya se tenga una idea de cuando el equipo posiblemente este propenso a fallar y se pueda evitar. Si el mantenimiento de una herramienta no se realiza de manera correcta, las probabilidades de que el equipo falle comienzan a aumentar.

Estos eventos, que ocurren muchas veces inoportunamente, perjudican a la compañía en varios aspectos. Comenzando porque es muy probable que la falla de alguna herramienta ocasione un tiempo perdido para la empresa a la cual se le está brindando el servicio y para Schlumberger, lo que se traduce en pérdidas monetarias para la compañía. Además de la pérdida de productividad, la calidad de servicio que ofrece Schlumberger a sus clientes se verá afectada.

El rendimiento que ha tenido el Laboratorio de FIT y Accesorios no ha sido muy satisfactorio para la empresa en estos últimos meses del año 2012 porque en comparación a meses anteriores, han ocurrido muchas fallas que centran la atención a ésta área. La finalidad que tiene este proyecto es mejorar el proceso de mantenimiento del laboratorio de FIT y Accesorios con la intención de reducir el tiempo perdido de trabajo y mejorar la calidad de servicio o mantenimiento.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los departamentos de Mantenimiento del Segmento Wireline de Schlumberger Occidente son una pieza fundamental en el correcto funcionamiento de la empresa ya que son los encargados de mantener en las condiciones adecuadas todos los equipos, accesorios, herramientas, unidades de registro, etc., que son utilizados en los trabajos desempeñados por el segmento. Es importante que el mantenimiento de todo el sistema se desempeñe con la mayor eficiencia, calidad y rapidez posible para que el flujo de las operaciones se mueva a un ritmo adecuado y no se vea afectado por alguna falla en el proceso.

Las operaciones que realiza la empresa requieren de una buena planificación ya que existen muchas variantes que se deben manejar simultáneamente, como por ejemplo movilizaciones de equipos a otros sectores del país y del mundo, mantenimientos especiales para las herramientas que han sido utilizadas en trabajos fuera de la zona, importación de equipos especiales, etc. Por ende la distribución del tiempo para realizar cada proceso antes, durante y después de cada operación debe estar determinada.

Desde el mes de Enero hasta Julio del año 2012, se ha notado que el desempeño de las herramientas y accesorios en los trabajos de campo no ha sido satisfactorio para la empresa. El número de fallas registradas en la base de datos de la empresa (QUEST) están bastante relacionadas con el mantenimiento realizado en el *laboratorio de FIT y Accesorios*.

Las actividades de mantenimiento que se realizan en este laboratorio son, en comparación a otros laboratorios, muy general y sencilla. Por eso es un poco difícil entender porque han ocurrido tantas fallas en estos equipos. Lo crítico de este problema es que las consecuencias que pueden ocurrir en campo si alguno de los equipos o accesorios falla pueden ser muy graves si no se toman medidas preventivas.

Las consecuencias más importantes de las ocurrencias de fallas en campo es que el tiempo destinado y programado para realizar el trabajo se extienda más de lo necesario, y seguramente esto puede ocasionar que el cliente reporte inconformidad con el trabajo desempeñado por la empresa. Esta pérdida se traduce en descuentos considerables del costo inicial estipulado con el cliente antes de realizar el trabajo. Generalmente los equipos o accesorios de reemplazo (*back up*) que siempre se llevan permiten la continuidad de las operaciones, pero siempre existe un retraso relacionado con el reemplazo de los equipos que se refleja en el tiempo total de la operación, a menos que el de *back up* también falle.

En el año 2011 se registraron un total de 13 fallas relacionadas al laboratorio, de las cuales 3 le pertenecen a las cabezas de registro, 10 a accesorios y 1 a una herramienta de registro; mientras que desde Enero del año 2012 hasta Julio se han registrado alrededor de 28 fallas dentro de las cuales 8 pertenecen a las cabezas de registro, unas pocas a accesorios y el resto están relacionadas a fallas en los procesos y calidad que han generado desperdicios para la empresa y el cliente, todas relacionadas a las actividades del laboratorio. Además de esto, existen numerosas quejas que los clientes internos han expresado sobre el proceso de mantenimiento que se ejecuta en el laboratorio de *FIT y Accesorios*, y no sólo eso, sino también en el área del Lavadero. Ciertamente, los objetivos establecidos en los departamentos de mantenimiento, específicamente en el laboratorio no han sido cumplidos a cabalidad. En varios indicadores *KPI (Key Performance Indicator)*

establecidos en esta área, el rendimiento de FIT se ha mantenido cerca del objetivo pero por debajo de lo necesario.

Debido a la baja eficiencia y eficacia de los servicios desempeñados hasta el mes de Julio, es necesario realizar una evaluación de las actividades desempeñadas en esta área y sus relacionadas para conocer cuáles son las fallas principales del servicio, sus causas y de qué manera se pueden solucionar

Todas las actividades que intervienen en el proceso de mantenimiento del laboratorio no dependen solamente del personal del Laboratorio, sino también de otras como el Lavadero y el departamento de Operaciones de la base (ingenieros de campo). El equipo de Rig Up es considerado también como parte de esta idea que se está planteando porque realmente estos equipos, que son fundamentales para el segmento, no tienen un área fija de trabajo o un taller específico asignado, además que en estos meses se han evidenciado muchos extravíos de estos equipos. Por eso se considerará como parte de este proceso de mantenimiento.

Una de las posibilidades que puede estar originando el problema es que el personal de mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios no está siguiendo los procedimientos adecuados y establecidos por la empresa para inspeccionar y hacerle mantenimiento a estas herramientas, o no se están utilizando los materiales adecuados para el trabajo. También se debe identificar si existe alguna influencia de factores externos que pueden estar afectando el desempeño del mantenimiento, como proceso de transporte de herramientas, la manipulación de las mismas por otras personas como operadores e ingenieros, etc. La intención con este proyecto consiste también en identificar las fallas principales en el proceso para que no sigan ocurriendo y de esta manera, la eficiencia de las herramientas mejore y las pérdidas en tiempo-dinero disminuyan.

I.2 OBJETIVOS

I.2.1 Objetivo General

Optimizar el proceso de mantenimiento del laboratorio de FIT y Accesorios del Segmento Wireline de Schlumberger Occidente – Venezuela, con la finalidad de aumentar la eficacia del funcionamiento de las herramientas en los trabajos de campo, para reducir fallas y tiempo no productivo, y mejorar la calidad de servicio.

I.2.2 Objetivos Específicos

Dentro del Objetivo Principal se encuentran los siguientes objetivos específicos que se buscan alcanzar durante la realización de este trabajo especial de grado:

- Comprender y explicar el diagrama de funcionamiento del laboratorio de FIT.
- Reconocer fallas presentes en las actividades realizadas en el laboratorio de FIT y Accesorios.
- Realizar una revisión de las fallas de las herramientas que actualmente se han estado evidenciando durante los trabajos realizados en los pozos.
- Comparar y asociar las fallas operacionales con las fallas prácticas identificadas en el laboratorio.
- Normalizar un proceso de mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios más eficiente y que permita mejorar la calidad del servicio.
- Plantear técnicas o ideas que puedan solucionar las fallas.
- Incorporar un punto de vista económico en el proyecto para realizar estimaciones en cuanto a las pérdidas que evidenció la empresa antes de la implementación del proyecto.
- Estimar la reducción del tiempo de trabajo del proceso de mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios
- Definir y estandarizar un proceso de mantenimiento que permita mejorar el funcionamiento y desempeño de las herramientas utilizadas en la base.

I.3 JUSTIFICACIÓN

Schlumberger es una empresa que fue fundada cuidando los conceptos referidos a la calidad, seguridad, bienestar personal y social, lo que la ha catalogado como una empresa que enfoca sus objetivos en las necesidades y expectativas del cliente.

El mantenimiento es prácticamente el fuerte en las operaciones de Wireline. El objetivo de esta área es que las herramientas y equipos necesarios estén en buenas condiciones funcionales para que su desempeño operacional sea óptimo.

La calidad de servicio es uno de los principios de la empresa que se busca mantener día a día, la cual es evaluada por el cliente antes, durante y al final de la ejecución de un trabajo. Este parámetro es el que permite establecer la preferencia del cliente por la empresa, por delante de la competencia, para realizar un determinado servicio.

Desde Enero del año 2012 hasta Julio del año en cuestión, se han registrado alrededor de 489 reportes relacionados a la falta de conformidad de procesos, trabajos y actividades en donde ha participado la empresa y el cliente externo, dentro de las cuales 28 están relacionados a fallas por el mantenimiento que se lleva a cabo en el Laboratorio de *FIT* y *Accesorios*. Muchas de las fallas generalmente son reportadas por los ingenieros de campo que, en teoría son los que se encargan de chequear operacionalmente las herramientas de registros y accesorios que salen de los laboratorios. De manera práctica, pueden llamarse también “los reporteros del mantenimiento”, encargados de informarle al personal de mantenimiento cual fue el desempeño de las herramientas que fueron manipuladas. Al igual que el personal de mantenimiento, que también hace ver cuáles son las cosas merecen una mejora en el proceso.

Basado en el equipo más representativo que presentó fallas operacionales luego de su mantenimiento en el Laboratorio de *FIT* y *Accesorios*, está la cabeza de registro. Las cabezas de registros son herramientas fundamentales en las operaciones de Wireline ya que se encargan de conectar las herramientas que se van a correr en el

pozo. Una falla en este equipo de conducción o aislamiento eléctrico causaría que la sarta de herramientas no funcione. La empresa ha evidenciado en lo ha transcurrido de año una pérdida económica significativa aproximada de 222 millones de bolívares fuertes debido a las fallas ocasionadas en el proceso (esta suma de dinero es estimada tomando en cuenta todo el *red money* o dinero que es descontado por el cliente, según los puntos establecidos en el contrato, también por la empresa en caso de que haya tenido que realizar alguna movilización de personal o equipo, y también por jornadas laborales extra que el personal del Laboratorio de *FIT y Accesorios* ha tenido que trabajar para poder remediar lo ocurrido con los equipos luego de que fallan). La estimación se realizó asumiendo que el tiempo que el personal invierte remediando las fallas es un tiempo que pudo haber invertido realizando el mantenimiento a otra herramienta distinta que se requiera en los próximos trabajos y también asumiendo que solamente desempeña el trabajo el responsable de realizarle el mantenimiento al equipo, no todo el personal de laboratorio de *FIT & Accesorios* ni personal de gerencia que también debe responder en caso de la ocurrencia de una falla. En teoría, estas acciones retrasan las actividades que ya se tienen estipuladas para una jornada laboral, obligando a la compañía a cubrir unas horas extras mal justificadas.

Cada laboratorio de mantenimiento tiene asignado varios objetivos por parte de sus supervisores. En este caso, el supervisor de mantenimiento del segmento *Wireline* le establece mensualmente o cuatrimestralmente las metas que cada laboratorio debe cumplir para mejorar el desempeño de la empresa y para alcanzar los objetivos que a su vez son establecidos por el Gerente de mantenimiento, es decir, el representante del mantenimiento en todo el *Geomarket* que en este caso es *VTT* (Venezuela y Trinidad y Tobago). Esta figura establece unos objetivos principales para cada locación y luego cada Supervisor de mantenimiento está encargado de crear los objetivos específicos para alcanzar lo propuesto.

En el caso de *Wireline*, Las Morochas, los objetivos relacionados a la parte de productividad y de calidad no han sido cumplidos en su totalidad, como lo muestra la fig. I.1. Los niveles del mantenimiento *Q-CHECK* han debido estar por encima del 88%, el nivel de equipos no operativos deben estar por debajo del 4.8% y el porcentaje de las modificaciones realizadas en los equipos debe estar alrededor del 98 %. En estos meses los resultados del Laboratorio de *FIT* y *Accesorios* ha estado alrededor del 81% en los niveles de Q-check, , 98% en las modificaciones mandatorias realizadas y un 2% en índice de herramientas no operativas (herramientas *down*).

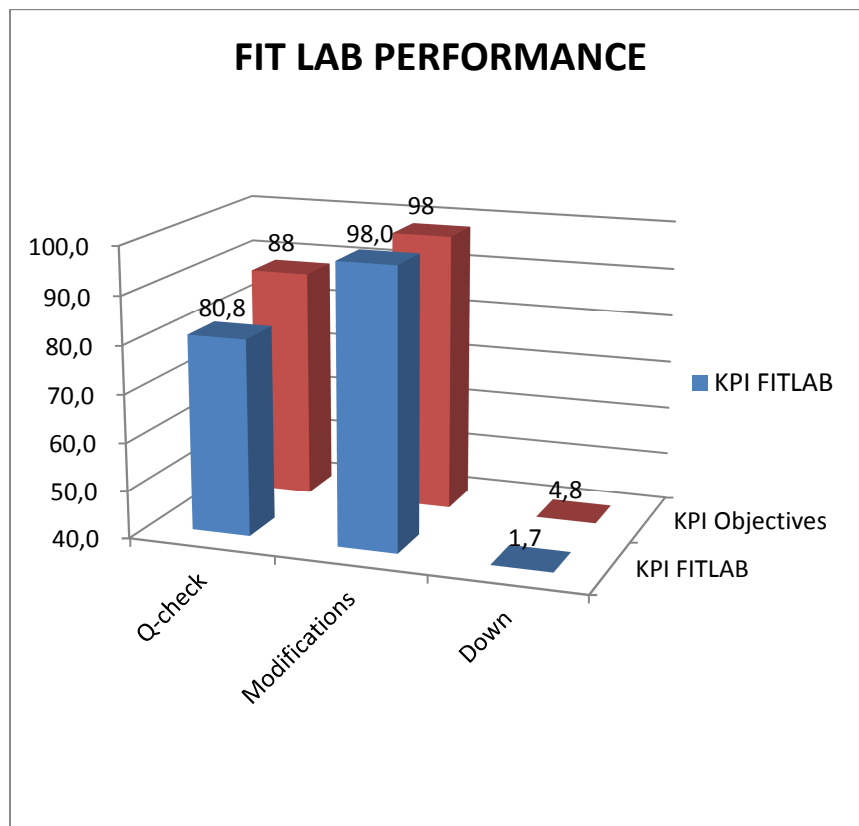


Fig. I.1: Desempeño del laboratorio de FIT y Accesorios 2012

De todos estos parámetros, es importante enfocar un poco más la intención en los índices de Q-check porque es un mantenimiento bastante avanzado y preventivo que necesitan las herramientas cada cierto tiempo, en donde se realizan chequeos que no se hacen en mantenimientos generales. El nivel de *Q-Check* no ha estado en

el rango que se ha establecido como objetivo por la gerencia de mantenimiento. Hay muchos factores que entran en juego en todos estos parámetros y uno principal consiste en la definición de un proceso fijo o estándar de mantenimiento del Laboratorio de *FIT y Accesorios* que permita concentrar sus actividades en las cosas que realmente le corresponde. Cuando un proceso sufre desviaciones durante su ejecución es muy probable que se invierta un tiempo no necesario para las actividades que realmente se deben hacer, lo que ocasiona que las etapas del proceso sean ineficientes e ineficaces.

Los procedimientos que se deben seguir para desempeñar el mantenimiento estipulado en el Laboratorio de *FIT y Accesorios* para cada equipo, así como en los demás laboratorios del segmento, se encuentran registrados en los manuales de operaciones y de mantenimiento que han sido publicados en la base de datos de la empresa. Estas publicaciones han sido creadas con la finalidad de que las actividades tanto de mantenimiento como operacionales sean realizados de la manera correcta, siguiendo los procedimientos adecuados para evitar malos procedimientos y tiempo perdido. Pero a pesar de que cada paso se encuentra definido, no es así cuando hablamos del proceso de mantenimiento que se debe seguir en el Laboratorio, como parte de un proceso general de mantenimiento del segmento *Wireline*. Según el Estándar de Mantenimiento de *Wireline* (2011) de *Schlumberger, WL-QHSE-S08-RITE*, cada locación debe tener un flujo de trabajo lógico y eficiente establecido en donde cada departamento tenga identificado qué función debe desempeñar en el proceso. Para poder cumplir esto, es necesario que cada personal de mantenimiento también tenga conocimiento de cuales son sus funciones a desempeñar dentro de su departamento, para que el proceso total pueda fluir sin ningún problema. Sin la existencia de un proceso estándar, reconocido por cada miembro del equipo de mantenimiento es probable que surjan variantes o desviaciones que retarden el proceso de mantenimiento en el Laboratorio de *FIT & Accesorios*.

Considerando también lo establecido en el estándar número 8 de mantenimiento de Wireline, WL QHSE-S08-RITE 2011, cada laboratorio o departamento de mantenimiento tiene que poseer los equipos y herramientas necesarias para desempeñar el mantenimiento sin ningún problema sin poner en riesgo la integridad física del personal.

Considerando las fallas que han ocurrido en los pozos en estos últimos meses, el desempeño del laboratorio no ha sido el mejor. Si bien es cierto, el personal trata de seguir cada paso del mantenimiento tal y como se especifican en los manuales de la empresa, pero por una u otra razón los procedimientos son alterados durante su ejecución.

Estos inconvenientes de funcionamiento en las operaciones de campo son producto de una cantidad de variables importantes que actúan en conjunto y que afectan el desenvolvimiento y resultado de un buen proceso de mantenimiento. En vista de esto, se realizó un trabajo de auditoría con la intención de identificar cada una de las debilidades del proceso y de definir el problema principal que se está presentando en el laboratorio y fuera de él.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 SCHLUMBERGER

II.1.1 Perfil y Principios

Las actividades de *Schlumberger* se basan en el conocimiento, innovación técnica y trabajo en equipo con la intención de mejorar siempre la satisfacción del cliente. Más de 140 nacionalidades están laborando en la empresa alrededor de 85 países y en 25 centros de servicios distintos.

Los tres valores en los cuales la empresa ha estado enfocando son: La gente, la tecnología y los beneficios económicos. Su gente siempre intenta sobresalir en cualquier ambiente y su dedicación para captar la atención del cliente es el lazo más fuerte de la empresa. El compromiso con la tecnología y la calidad son la base de la competitividad, y siempre hay que buscar la manera de incrementar las ganancias.

El comportamiento y el trabajo del personal de *Schlumberger* se rigen por el Código de Ética y fue creado con la intención de que toda situación extraña o fuera de lo correcto dentro de la empresa, debe realizarse siguiendo estos lineamientos.

Schlumberger le exige a sus empleados un compromiso y apoyo activo en la mejora continua de la calidad de los productos y servicios, protegiendo al mismo tiempo tanto a las personas como al medio ambiente, haciendo hincapié en la preservación de la salud humana, la seguridad operacional, la mejora de la calidad y el bien de la comunidad. Los líderes de la empresa han de guiar las labores de comunicación y aplicación de las normas y políticas de *QHSE (Quality, Health, Security and Enviroment)*, así como garantizar su cumplimiento. Algunos puntos importantes que la empresa intenta llevar de la mano son:

Proteger y hacer un esfuerzo para mejorar la salud y la seguridad de la gente perteneciente a la empresa.

Eliminar la falta de cumplimiento de las normas de calidad y los pilares *QHSE*.

Cumplir con los requisitos de los clientes y garantizar un nivel de satisfacción constante. Establecer objetivos de desempeño, medir resultados, evaluar y mejorar de forma continua los procesos, servicios y calidad de los productos a través del uso de un sistema de gestión eficaz.

II.2 MANTENIMIENTO

Hoy en día se cuenta con numerosas definiciones de mantenimiento las cuales están enfocadas a diferentes puntos de vistas. La idea base que representa este término, según Gómez (1998) es la que explica que el mantenimiento es mantener el estado funcional de los equipos e instalaciones con la realización de acciones técnicas y administrativas. Pero se conoce que el concepto real de este término va mucho más allá de esta idea. Cuando hablamos de mantener el estado funcional de equipos e instalaciones nos estamos refiriendo también e indirectamente a crear un ambiente laboral adecuado para que los representantes del mantenimiento realicen sus actividades de la mejor manera posible y segura; también nos referimos a la realización de las actividades necesarias para mantener la productividad de una empresa asegurando la garantía de la continuidad de sus operaciones lo que indica que el mantenimiento también involucra un aspecto económico.

Anteriormente el proceso de mantenimiento no era una actividad que tenía mucha relevancia en Venezuela debido a que no se contaba con la especialización necesaria para operar máquinas utilizadas que generalmente eran importadas, o también porque no se justificaba el mantenimiento como una actividad que genere ganancias para una empresa. Actualmente la percepción que se tiene del mantenimiento es un

poco más compleja. Es un poco difícil que esta actividad se mantenga desligada de una empresa que intente mantener la productividad al mayor índice posible.

El mantenimiento va de la mano con la tecnología, ya que cada día el mantenimiento puede resultar más fácil si se cuenta con equipos, artefactos o herramientas mejor desarrolladas y mejoradas, con la capacidad de brindar un mejor soporte para el trabajo del personal de mantenimiento de la empresa. Schlumberger, reconocida como empresa de tecnología intenta mantener una aptitud proactiva en este aspecto para incentivar que los procesos de trabajo mejoren cada día.

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se le pueden realizar a un equipo, herramienta o accesorio, dependiendo su uso y también del tiempo que ha pasado luego del último mantenimiento del mismo. Lo importante es realizar periódicamente una inspección del equipo para ir realizando un seguimiento de su estado de funcionamiento, para comprender un poco más acerca del funcionamiento y fallas más frecuentes del equipo y para evitar fallas más críticas por falta de mantenimiento.

II.2.1 Funciones del Mantenimiento

Gómez (1998) resume el mantenimiento como la realización de todas las actividades necesarias para que el equipo en cuestión pueda desempeñar las actividades normales de trabajo. Dependiendo del equipo y de la empresa en donde es utilizado el mantenimiento puede desempeñarse de diferentes maneras cumpliendo con las normativas y reglamentos estipulados en cada caso.

Según Gómez (1998), la ingeniería de mantenimiento incluye dentro de las funciones del mantenimiento los siguientes puntos:

Mantener equipos e instalaciones en condiciones óptimas.

Efectuar un control del estado del equipo así como de su disponibilidad.

Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.

En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.

Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.

Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos e instalaciones.

Instalación de nuevo equipo.

Asesorar a los mandos de producción.

Velar por el correcto suministro y distribución de energía.

Realizar el seguimiento de los costes de mantenimiento.

Preservación de locales, incluyendo la preservación contra incendios.

Gestión de almacenes.

Tareas de vigilancia.

Gestión de residuos y desechos.

Establecimiento y administración del servicio de limpieza.

Proveer el adecuado equipamiento al personal.

Las funciones anteriores son ideas generales de lo que representa el mantenimiento de un equipo de una empresa de producción, que no son mandatorias, pero si es importante que cada empresa tenga estos parámetros bien definidos para que el desempeño, tanto del personal de mantenimiento como de las autoridades responsables del proceso, realicen el trabajo de una manera fluida y organizada.

De manera general, existen diferentes clasificaciones de mantenimientos dependiendo de diferentes puntos de vista del estado actual de funcionamiento de un equipo o instalación y también de la profundidad de mantenimiento que se le quiera aplicar. La intención de clasificarlos es realizar una especie de planificación preventiva del mantenimiento en los equipos durante toda su vida útil.

II.2.2 Tipos de Mantenimiento

II.2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Es un mantenimiento muy poco proactivo que se ejecuta cuando ya la falla ha ocurrido. También llamado, como lo especifica Gómez (1998) “mantenimiento a rotura” o por sus siglas en ingles, “breakdown maintenance”. Este mantenimiento es el menos atractivo entre todos los tipos debido a que una falla durante una operación puede representar una situación riesgosa desde el punto de vista de seguridad o económico, aunque, dependiendo de la falla en cuestión, es posible que el tiempo de mantenimiento sea corto y no cause peores consecuencias.

II.2.2.2 Mantenimiento Preventivo

Este tipo de mantenimiento es el más atractivo entre todos los mantenimientos porque permite detectar condiciones no favorables para la funcionalidad de un equipo, instalación o herramienta antes de que ocurra una determinada falla. Es un mantenimiento que requiere de mayor planificación y observación crítica.

Básicamente consiste en una inspección rutinaria de un equipo para determinar cómo está desempeñando su función y reemplazar las partes necesarias para reducir las probabilidades de falla bien sea debido a desgaste o daños físicos. Este mantenimiento siembra una actitud más proactiva en el proceso ya que se está realizando un seguimiento continuo del estado de un equipo, lo cual es un aspecto clave para garantizar la continuidad de la producción de una empresa.

Es importante establecer la periodicidad de los chequeos que se le hará a un equipo o instalación para no hacerlos tan cortos que favorezca la pérdida de tiempo o trabajo innecesario, y mucho menos tan largos que favorezca a la ocurrencia de fallas imprevistas que causen tiempo improductivo o una discontinuidad en el proceso de producción.

II.2.2.3 Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento fue creado con la finalidad de reducir el tiempo de paradas improductivas, y mucho más tiempos largos para los chequeos periódicos, que ocasionen averías imprevistas. Se basa principalmente en reconocer las señales o síntomas que sufre el equipo cuando esta o no funcionando, es decir, detectar los puntos de posibles fallas que pueda tener un equipo para luego programar una parada necesaria en donde se pueda reemplazar o reparar lo que sea necesario.

Para poder desarrollar un mantenimiento predictivo correcto es necesario llevar un historial o registro de todos los mantenimientos, fallas, chequeos o inspecciones de un equipo para luego conocer cuáles son las fallas que generalmente ocurren, con qué frecuencia, y cuáles son las señales que generalmente presenta el equipo momentos antes de fallar, para luego establecer un mantenimiento mucho más planificado que solo facilite conocer cuando se debe hacer el mantenimiento y que se debe realizar.

Entre las limitaciones más importantes de este tipo de mantenimiento se encuentra el hecho de detectar cuales son específicamente los puntos clave para realizar un buen diagnóstico de fallas en un equipo y para esto se necesita de una inspección continua de todas las secciones del equipo. Muchas veces es complicado para determinados equipos si se mantienen en funcionamiento constante porque requiere de mucha experticia para poder reconocer defectos en la apariencia o funcionamiento de los equipos ya que esta técnica puede conllevar al diagnóstico erróneo de muchas fallas.

II.2.2.4 Mantenimiento Productivo Total

Este concepto de mantenimiento es un poco más complejo ya que maneja muchos factores que los anteriores mantenimientos no manejan. Aquí se manejan aspectos económicos relacionados a la producción y a la calidad del servicio o producto, recopila también el estudio de las mejores técnicas para desempeñar un proceso de

mantenimiento y también considera parámetros estadísticos relacionados a la funcionalidad de los equipos como lo son la fiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad.

Es una técnica que ha permitido ver el mantenimiento más allá de una actividad no productiva. Esta busca principalmente reducir costos, mejorar la productividad y obtener cero defectos en los procesos, mejorar la comunicación de la directiva de una empresa con sus empleados con la finalidad de señalar lo que está mal y lo que se debe mejorar, etc. Está muy relacionado con *LEAN* y *Six Sigmas* (más adelante se tratarán estos puntos).

II.3 El mantenimiento en Schlumberger-Wireline

La organización de mantenimiento del segmento *Wireline* y sus procesos dentro de la locación de trabajo deben estar bien definidos, y junto con un equipo de trabajo bien entrenado se debe asegurar que se realice un buen mantenimiento de los equipos para que puedan operar de manera segura, precisa, eficiente y sin fallas. La empresa utiliza una metodología de trabajo basada en una aplicación llamada *RITE* que permite mantener un control del mantenimiento respectivo que se deben realizar a los distintos equipos. El personal de mantenimiento es responsable de realizar las reparaciones y mantenimiento de acuerdo a los manuales estandarizados para cada equipo, registrando cada uno de los detalles comprendidos en cada actividad para poder mantener un control de las operaciones y poder reconocer las deficiencias del proceso.

La base debe contener todas las facilidades y funcionalidades que encajan y se requieren para sus respectivos trabajos. Las áreas de mantenimiento, según el estándar *WL-QHSE-S08-RITE*, deben tener un flujo de trabajo eficiente en sus operaciones. Todas las facilidades de mantenimiento donde los equipos están expuestos a altas humedades relativas, deben contener equipos que permitan

regular la humedad entre 40% y 60% porque se sabe que la electrónica es muy sensible a estas condiciones.

El flujo de trabajo de mantenimiento genérico del segmento debe incluir un procedimiento específico para cada mantenimiento desde el momento en que el equipo llega a la base hasta el momento en que es etiquetado de color rojo o verde, para que se le realice un mantenimiento más profundo o listo para desempeñar otro trabajo (respectivamente). El flujo de trabajo general se divide en cuatro etapas: Preparación para el mantenimiento, Mantenimiento, Configuración y Chequeo.

II.3.1 Procesos del Mantenimiento.

El proceso de mantenimiento de la empresa engloba desde el momento en que el equipo entra a la base hasta el momento en que es chequeado para cumplir un determinado trabajo. Se encuentra dividido en cuatro fases: Preparación, Mantenimiento, Configuración y Chequeo

II.3.1.1 Preparación

Es la primera parte del proceso y comienza una vez que el equipo es transferido a la base. En esta fase se debe revisar el historial de mantenimientos y movimientos del equipo que viene en camino. Aquí se puede chequear que tipos de mantenimiento le faltan al equipo, que tipo de trabajo ha desempeñado, etc. Una vez que llega el equipo a la base se debe chequear físicamente y actualizar su ubicación en la base de datos del mantenimiento y movimiento de las herramientas (*RITE*). Si la herramienta viene con una falla (con etiqueta roja) se debe reproducir primero la falla para tener una idea del por qué falló y cuál tipo de mantenimiento necesita. Luego de esto, o en caso de que no viene con falla alguna, se crea una orden de trabajo que va a ser asignada a cualquiera de los tres laboratorios del segmento, dependiendo del tipo de mantenimiento a desempeñar.

II.3.1.2 Mantenimiento

En esta fase se ejecuta el mantenimiento requerido y comienza con la recepción en el laboratorio del equipo o material que se va a chequear, luego se pone en ejecución el mantenimiento respectivo y finalmente se cierra la orden de trabajo que se creó inicialmente. Esta clausura de la orden de trabajo tiene que ser verificada luego por el supervisor de mantenimiento de la base.

Entre el material teórico que suministra la empresa, se tienen unos manuales de mantenimiento y operaciones que explica brevemente los procedimientos que hay que cumplir para realizar una actividad de mantenimiento, como por ejemplo, cómo se ensambla, se desarma y se ejecuta su chequeo operacional. Entre los tipos de mantenimiento definidos por la empresa en todos los procesos de mantenimiento se encuentran *FIT*, *TRIM* y *Q-CHECK*.

FIT (Fast Inspection of Tool)

En este tipo de mantenimiento, que es el más sencillo, solamente se va a realizar una inspección rápida, así como lo indican sus siglas en inglés, del equipo en cuestión. Es el mantenimiento menos profundo y solo se emplea para reemplazar partes del equipo que están dañadas o desgastadas, como por ejemplo *O-Rings*, tornillos, etc., para realizar configuraciones en caso de que sea necesario, y para mantener el equipo en buenas condiciones. Se realiza cada vez que se hace un trabajo y cada 3 meses sin uso.

Este mantenimiento es más que todo preventivo, para mantener el equipo o accesorio en buen estado hasta que llegue el momento de realizarle un mantenimiento más profundo a la herramienta.

TRIM (Tool Review and Inspection Monthly).

Este tipo de mantenimiento está programado para hacerse mensualmente y su función consiste básicamente inspeccionar la parte electrónica de los equipos o

herramientas, si es que dicho equipo la contiene, y la sustitución de las partes dañadas o desgastadas. Este mantenimiento contiene *FIT*, ya que este es un poco más técnico y avanzado. Este mantenimiento es preventivo y a la vez predictivo.

Q-check (Quality Check)

El *Q-Check* (fig. II.1) es un mantenimiento más profundo que comprende los mantenimientos *FIT* y *TRIM*. En este mantenimiento se requiere un poco de más dedicación ya que se debe realizar un chequeo mecánico y eléctrico de los equipos. La diferencia con los anteriores es que se añade el chequeo operacional individual (sólo la herramienta).

Los mantenimientos *FIT* y *TRIM* poseen tres niveles de mantenimiento (I, II y III) los cuales van incrementando progresivamente el nivel de chequeo. Los procedimientos que se deben seguir y cumplir en cada uno de ellos, y sus niveles, ya están preestablecidos en los manuales y material didáctico creado por la empresa cuya finalidad no es más que capacitar al personal de Schlumberger para que el mantenimiento y su eficiencia sea cada día mejor.



Fig. II.1: Q-Check a una cabeza de registro.

II.3.1.3 Configuración

Esta fase del proceso consiste en realizar las modificaciones necesarias a un determinado equipo para poder desempeñar un trabajo específico solicitado por el cliente. El supervisor de mantenimiento debe recibir las necesidades y características del trabajo a realizar en el pozo para poder transmitir la información a los líderes de los laboratorios. Luego de configurar el equipo, debe ser chequeado.

II.3.1.4 Chequeo Operacional

En esta fase del proyecto se procede a realizar el chequeo operacional por parte de los ingenieros de campo (generalmente) para determinar las condiciones funcionales del equipo o herramienta. El chequeo generalmente se realiza por parte los técnicos cuando se trata de herramientas simples y debe ser por parte de los

ingenieros cuando se trata de un conjunto de herramientas (en combo). Luego de chequeadas son preparadas para ser llevadas a otro trabajo.

II.4 ÁREAS DE MANTENIMIENTO DEL SEGMENTO *WIRELINE* – *SCHLUMBERGER*

Como parte de un sistema productivo de una empresa, como lo es el caso de Schlumberger Occidente en Venezuela, específicamente en el segmento Wireline, se encuentra el departamento de Mantenimiento el cual se encarga de velar por el funcionamiento de todos los equipos y herramientas que se encuentran en la base como por ejemplo: herramientas de registros, accesorios, camiones de registros, unidades costa afuera, BOP, equipo para vestir el pozo, cables, cañones, etc. Para poder dividir las diferentes actividades se crearon varios departamentos de mantenimiento dentro del segmento que son: Laboratorio de Sonda, Laboratorio de Electrónica, Área de presión, Área de explosivos, taller de mecánica, Área de Rig Up, El Lavadero, Área de cables, Área de soldadura, etc. A continuación se explicarán brevemente cuáles son las funciones de cada área para tener una idea breve de cómo se realiza el proceso.

II.4.1 Área de Soldadura - Función

En este taller de mantenimiento se realizan todas las actividades correspondientes con soldadura, trabajos con materiales metálicos como la creación y reparación de cajas y cestas de transporte de herramientas, explosivos y equipos de *Rig Up*, creación de carros de transporte, estructuras metálicas, etc. También se cortan y preparan los distintos materiales, mediante el uso de soldadura de oxicorte, cortadora sensitiva, amoladora de mano con disco de corte, sierra manual, cizalla y/o tijera de corte. Generalmente se trabaja con soldadura fuerte debido a que comúnmente los equipos están sometidos a esfuerzos y temperaturas considerablemente altas.

II.4.2 Taller de Presión - Función

En este taller se le hace mantenimiento a todas las secciones del equipo de presión del segmento Wireline. Igualmente con los tres mantenimiento FIT, TRIM y Q-Check se chequean el equipo de inyección de grasa, el Line Wiper, el Stuffing Box (2da barrera de presión), la válvula Check junto con el Tool Catcher, los lubricadores, el Tool Trap, la válvula de la guaya y el flange. Las partes del equipo de presión de Wireline se puede observar en la figura x.

Junto con el mantenimiento se realizan también las pruebas de presiones de los equipos para conocer si realmente la presión del pozo va a poder ser controlada. Una vez realizadas las pruebas y el mantenimiento, el equipo está operativo para el pozo que cumpla con las especificaciones de presión y tipo de fluido.

II.4.3 Área de Explosivos - Función

En esta área de la base se recibe todo lo relacionado con explosivos, valga la redundancia, de la base *Wireline*. Una vez que se definen las especificaciones del trabajo de cañoneo que se vaya a realizar en un pozo, los cañones son armados con los explosivos requeridos (bien sean de alta o de baja penetración), junto con su cordón o detonador secundaria que va unido a cada carga, y seguidamente son preparados para ser montados en la cesta de transporte. Aquí solo se preparan cañones *HSD, High Shot Density Gun Systems*, (de alta densidad) los cuales permiten alcanzar mayor número de tiros por pie, se adapta mejor a la fase que se requiera en el pozo y permite utilizar cargas grandes de alto rendimiento para completaciones a hoyo desnudo, para estimulaciones y completación con empaque con grava. Los carriers utilizados no se pueden volver a utilizar. Una vez usados en el pozo, se recuperan y luego son desechados.

II.4.4 Taller de Mecánica – Función.

El taller de mecánica, ubicado cerca del área del lavadero, es el lugar destinado para el mantenimiento mecánico de las unidades de adquisición en general. Entre las unidades de adquisición se encuentran los camiones de registro (OSLC-EC, ULTRAC) que están diseñados para realizar trabajos en tierra firme, las unidades de adquisición costa afuera (OSU-ME), los camiones diseñados para realizar operaciones de terminación y cañoneo (SWPT-GBB), además de todos los componentes ectrícomecánico que forman parte de las unidades. El taller tiene la función de preparar las unidades antes y después de realizar un trabajo para prevenir fallas en los trabajos y para garantizarle un vehículo seguro y confiable en el caso de los camiones.

II.4.5 Lavadero – Función.

Esta área de mantenimiento es la encargada de recibir todas las cestas y cajas con herramientas y equipos que llegan al segmento proveniente de cualquier trabajo. En esta área se chequea lo que contienen y se distribuyen dependiendo del sitio en donde deban estar. Por ejemplo, si llega una caja con equipos utilizados para vestir el pozo (por sus siglas en ingles, equipo de Rig Up) se deben limpiar cada una de los equipos y caja, y luego ser llevados a el área en donde deben estar esas cajas. Igualmente, si llegan cestas con herramientas de registros, en donde también se encuentran accesorios como burritos, carretes con electrodos, centralizadores, equipos medidores de tensión y profundidad (*CMTD e IDW*), etc., se deben limpiar con agua y solventes hasta quedar bien limpios, y luego se dirigen al laboratorio de *FIT* en donde van a ser chequeados y distribuidos al cuarto de accesorios o al *Rack* Amarillo, que es donde se colocan las herramientas que esperan por chequeo operacional o *FIT III*.

En el lavadero se emplea un *hidrojet*, conectado a una toma de agua, para limpiar las herramientas de manera más rápida y eficiente ya que, por sus características, es un

poco difícil limpiarlas con agua con salida a poca presión y un cepillo, porque siempre quedan orificios que contienen ripios del hoyo. Luego de ser utilizadas en un trabajo, los ripios y el lodo atrapado en los orificios de las herramientas se solidifican y se vuelven más resistentes a ser removidos.

II.4.6 Laboratorio de Sonda – Función.

El laboratorio de Sonda es un área especializada para realizarle el mantenimiento completo a herramientas de registro que presenten un sistema hidráulico y mecánico, que reciben el nombre de sondas. Una sonda, en términos generales, es la parte de la herramienta que realiza las mediciones bien sea en el hoyo desnudo o en el hoyo revestido, en donde se encuentran los sensores encargados de percibir la señal de interés y el sistema hidráulico que tiene como función contrarrestar la presión que se encuentra en el pozo para evitar que la herramienta colapse y sufra daños externos e internos. Para lograr esto, se le suministra un aceite especial, con una viscosidad específica, en un pistón que responderá según sea la presión del hoyo, y su sistema interno es lubricado completamente con aceite para que no se corra ni se oxide. Esto permite mantener en buenas condiciones la parte interna de la herramienta.

Aquí se realiza el mantenimiento Q-CHECK a todas las sondas de la base Wireline de las morochas y también de otras bases como las de Barinas y Maturín. El mantenimiento en este laboratorio requiere de mucha planificación porque se deben reemplazar muchas partes de las herramientas que a veces tardan tiempo en llegar, y siempre necesitar de monitoreo para tener idea de cuál herramienta necesita Q-Check y en qué tiempo.

II.4.7 Laboratorio de Electrónica - Función

Este laboratorio, como su nombre lo indica se encarga de mantener en buenas condiciones funcionales todas las partes electrónicas de las herramientas de registro

del segmento. Cuando hablamos de secciones electrónicas nos referimos a los cartuchos de telemetría, cartuchos con la electrónica de las herramientas de registro, a las unidades de adquisición de datos provenientes del pozo denominado WAFE, a las computadoras MCMP, las impresoras especiales para registros petrofísicos (TGRP y CLIP), entre otras actividades. Aquí se realiza mantenimiento TRIM y Q-check en donde se le realiza una inspección a las tarjetas, cableado, puntos de soldadura e integridad física de la electrónica de las herramientas. Este laboratorio es uno de los más interesantes y completos del segmento .

II.4.8 Laboratorio de FIT y Accesorios - Funciones

Este laboratorio es el encargado de recibir casi todas las herramientas y equipos accesorios que salen del lavadero para ser inspeccionadas. El mantenimiento que se realiza en este laboratorio es muy general cuando se trata de herramientas de registros, así también con los accesorios.

Un conjunto de herramientas de perfilaje de pozo está formado por varias herramientas conectadas unas con otras siguiendo un orden específico, dependiendo del tipo de herramienta y de las condiciones del pozo en donde serán corridas. Por esto, cada herramienta debe poseer una conexión hembra y una macho (Box y Pin) en donde se enroscan unas con otras.

Básicamente en el Laboratorio de *FIT* se les hace mantenimiento a las conexiones de las herramientas, a los brazos de los calipers y también se le bombea aceite a las sondas en caso de requerirlo (*FIT I*). Luego se le chequean eléctricamente las líneas para determinar la continuidad y el aislamiento de la herramienta al someterse a un flujo de corriente y voltaje (*FIT II*), lo cual es realizado utilizando un dispositivo llamado *ATTB-B*, y luego las herramientas son trasladadas del laboratorio a los *racks* que se encuentran en el área de chequeo del segmento.

También se deben atender accesorios como lo son los dispositivos utilizados para determinar la tensión del cable (*CMTD*), dispositivos utilizados para determinar la

profundidad o longitud del cable (*IDW*), centralizadores, electrodos, cabezas, entre otros, en donde el mantenimiento es un poco diferente. A éstos se les hace mantenimiento *FIT* y *TRIM*.

El laboratorio también comparte un cuarto de accesorios ubicado a unos pocos metros en el cual se almacenan, como su nombre lo dice, accesorios utilizados en las operaciones de campo, así como flejes, centralizadores, tapas protectoras de herramientas, pescados, *CPST* (*Centralizador de empacaduras*), equipos de sísmica, cajas preparadas para herramientas especiales, etc.

II.4.8.2 Herramientas de Registro Trabajadas en el Laboratorio Frecuentemente.

Por el laboratorio de FIT y Accesorios pasan todas las herramientas de registro que se encuentran en la base Wireline, tanto para pozo revestido como para pozos entubados. Entre ellas se encuentran herramientas convencionales de resistividad como HRMS, AIT, HRLT, etc. Herramientas detectoras de rayos Gamma como el HGNS, que a su vez es utilizada la porosidad de la formación. Herramientas que permiten detectar la adherencia del cemento con la formación y el revestidor como el USIT, DSLT, etc. Más información relacionada con estas herramientas puede ser encontrada en el Anexo 7.

Herramientas Accesorias de uso Frecuente

Guaya o Cable eléctrico.

La guaya eléctrica es, justamente, un cable especial por medio el cual se puede conectar mecánica y eléctricamente las herramientas que se van a bajar al pozo. A través del cable toda la data y señales son transmitidas desde superficie hasta las herramientas y viceversa, así como también nos permite llevar el control de la profundidad cuando es empleado en conjunto con el IDW (*Integrated Depth Wheel*). Hay diferentes tipos de cables dependiendo de su diámetro, número de conductores y tipo de materiales del cual está formado. La guaya eléctrica se encuentra enrollada

en una bobina en superficie. En la II.2a y II.2b se pueden observar dos cortes transversales de dos tipos de cable en donde se identifican sus partes:

Armadura: es la parte externa de la guaya la cual está formado por una interna y otra externa. Ambas se encuentran entorchadas en forma helicoidal pero en sentidos opuestos entre ellas para lograr una mayor fuerza y consistencia de la guaya.

Camisa: es una cobertura aislante que se encuentra después de la armadura interna, que va a mantener a los conductores bien protegidos de la corrosión y los va a mantener aislados. Generalmente es de Neopreno, Tefzel, etc.

Teflón: es un material aislante y fino utilizado para recubrir cada uno de los conductores de la guaya.

Conductor: Son las líneas conductivas del cable que se encuentran en la parte más interna de la guaya eléctrica y están hecho de cobre que es un excelente aislante.

Con la guaya eléctrica se realizan las calibraciones de los IDW en el laboratorio de FIT y también se emplean para preparar las cabezas para cable fino denominadas MH (*Monocable Head*).

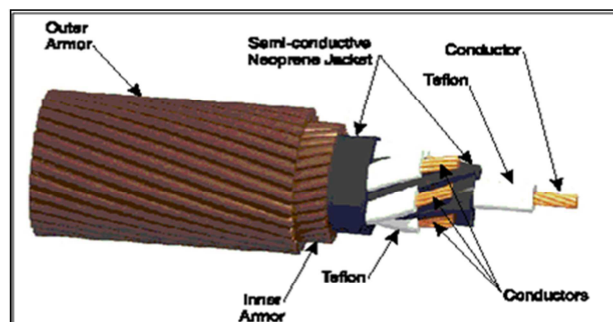


Fig. II.2a: Heptacable – siete conductores (tomado del TOP Operator Manual de Schlumberge)

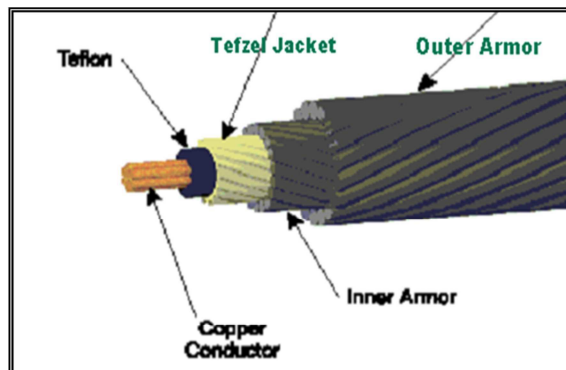


Fig. II.2b: Monocable (tomado del TOP Operator Manual de Schlumberger)

CPST (Casing Packer Center Tool)

Esta herramienta permite de manera fácil asentar un tapón o empacadura en la tubería. Esta herramienta se puede utilizar siempre y cuando se utilice una cabeza de registro de cable fino, necesita también de un localizador de revestidor de tipo CAL-B, un adaptador y el tapón o empacadura.

Cabeza de registro.

La cabeza de registro es un dispositivo que se coloca en la parte más superior del set de herramientas que permite conectar el cable eléctrico con la herramienta que se quiere correr en el pozo para hacer el registro, fig. II.3. La cabeza es muy importante porque además contiene un punto débil a tensión o eléctrico que permite liberar el cable en caso de que la herramienta se quede atascada en el pozo. Una vez roto, se debe realizar una operación de pesca de la herramienta. Hay diferentes tipos de cabezas, para monocable (cable fino) o para heptacable (cable grueso). Ejemplos de éstas son las *LEH (Logging Equipment Head)*, *MH (Monocable Head)*, *PEH (Perforating Equipment Head)*, etc.



Fig. II.3: cabeza de registro LEH-QT

CMTD (Cable Mounted Tension Device).

Es un dispositivo que tiene como función medir la tensión del cable con el cual se están bajando las herramientas en el pozo (fig. II.4). Este dispositivo contiene cinco ruedas acanaladas cuyo diámetro del canal debe coincidir con el diámetro del cable que se está utilizando en la operación. Posee una rueda principal que se encuentra atravesada por un sensor, que se encarga de sentir la tensión que se le está ejerciendo al cable. Esta señal que viaja a través de la guaya va ser recibida y traducida por el sistema de adquisición denominado *WAFE* (Unidad de Adquisición de *Wireline*) y seguidamente visualizada a través de un computador denominado *WFDD* (*Wafe Depht Display*). Existen diferentes tipos de *CMTD* con diferentes tipos de ruedas que se emplean según el tipo de cable a utilizar. La calibración o chequeo operacional de este dispositivo debe ser realizada cada mes por lo ingenieros de campo.

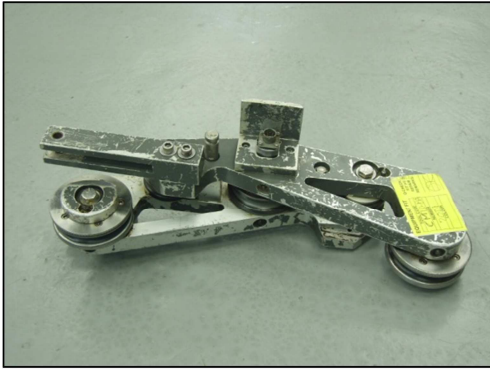


Fig. II.4: CMTD

IDW (Integrated Depth Tension).

El IDW es un dispositivo que tiene como función medir la longitud del cable a través del movimiento de dos ruedas que se encuentran en contacto con el cable (fig. II.5). Cada rueda se encuentra acoplada con un dispositivo electrónico que tiene como función transformar en señales el movimiento de las ruedas tomando en cuenta el número de vueltas que realiza y el perímetro. Esta señal es procesada por el *WAFE* y visualizada a través del *WFDD*.

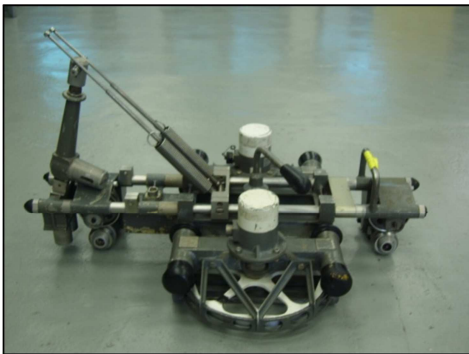


Fig. II.5: IDW

Colector

El colector (fig. II.6) es un dispositivo que tiene como función establecer una buena conexión segura entre el suministro de energía y el cable de registro. A medida que se está realizando una operación de registro el cable se está enrollando y desenrollando de la bobina, por ende, el cable va a estar girando sobre su mismo

eje. El colector tiene una parte giratoria que impide que los conductores del cable se retuerzan y permite también establecer un puente entre las señales enviadas por las herramientas de registro y el procesador para su interpretación. El colector se acopla por un lado de la bobina y través de él va a pasar uno de los extremos del cable de registro (el que no va dirigido a la herramienta), donde cada conductor va a estar conectado a un conector.



Fig. II.6: Colector

Centralizadores

Shoes: son llamados también zapatos, y su función es adaptarse al housing de una herramienta, generalmente que emplee carga radioactiva, para sostener el los ejes que la ayudan a mantener un lado de la herramienta pegada a la pared del hoyo. El eje es un arco metálico muy flexible que se le adapta al lado opuesto de la herramienta que posee la carga radioactiva, sensores de neutrones o rayos gamma, con la finalidad de que justo esta parte se mantenga rozando con la formación para poder detectar mejor las señales que son reflejadas. Son muy utilizados en varias herramientas.

Standoff: son unos centralizadores con aristas de goma que se adaptan al diámetro de la herramienta, y pueden ser utilizados tanto en hoyo abierto como en hoyo revestido. Son utilizados frecuentemente en herramientas como *HRLA*, *AIT*, *DSL* y *DSI*.

CMZ: son centralizadores (fig.II.7) un poco más grandes y flexibles, utilizados para alcanzar diámetros más anchos. Se emplean comúnmente en herramientas como *HRLA, AIT, DSLT y DSI*.

GEMOCO: son centralizadores metálicos (II.8) y más rígidos, fijos para un diámetro de herramienta y hoyo y/o tubería definida, que son utilizados en herramientas de hoyo revestido como *DSLIT, USIT*.

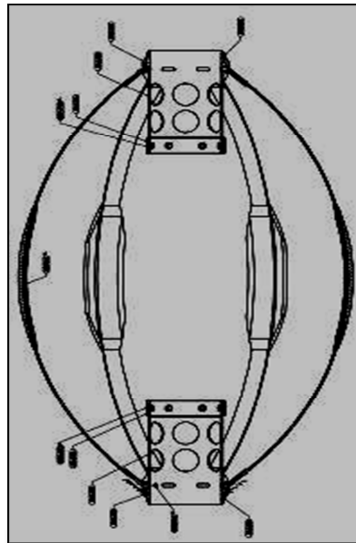


Fig. II.7: CMZ (tomado del TOP Operator Manual de SLB)



Fig. II.8: GEMOCO

ADAPTADORES

Los adaptadores son simplemente herramientas accesorios que contienen líneas pasantes y permiten cambiar de un tipo de conexión a otra, bien sea por la cantidad de pines, incompatibilidad de roscas, etc. Existen muchos adaptadores y algunos de ellos se encuentran en la fig. II.9.



Fig. II.9: Adaptadores (tomado del Top Operator Manual de SLB)

PESOS Y EXTENSIONES

Son herramientas tanto para hoyo abierto como para hoyo revestido y su función es incrementar el peso de la sarta de herramientas cuando ésta es muy corta y su peso no es suficientemente alto como para vencer fácilmente el factor de flotabilidad del lodo en el pozo. Generalmente están hechos de acero o de tungsteno. Algunos de ellos son los EQF, del 29 al 56, ILE-F, etc.

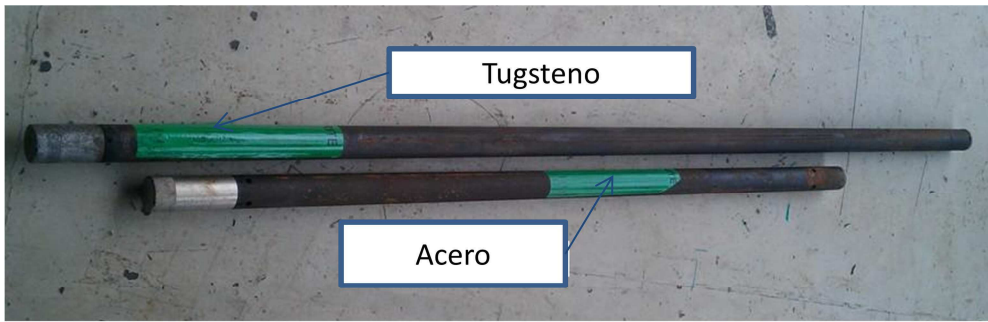


Fig. II.10: EQF (pesos). Tomado del TOP Operator Manual de SLB.

II.4.8.3 EQUIPO DE RIG UP

El equipo de *Rig Up* o equipo para “vestir el pozo”, es el utilizado para preparar el taladro en el pozo cuando se va a realizar una operación de perfilaje. Los equipos de *Rig Up* utilizados son:

Poleas - Sheave Wheels

Son unas poleas especiales (fig. II.11) utilizadas para conducir el cable hasta la boca del pozo. Generalmente se utilizan dos o tres poleas en los trabajos desempeñados en el Lago de Maracaibo. Existen poleas para diferentes tipos de cables, de diferentes diámetros y material. A nivel de seguridad, existen dos tipos de poleas: la polea inferior y la superior. La diferencia entre estas dos poleas es que la inferior posee una cubierta a ambos lados para evitar que los operadores de equipo sufran accidentes durante el trabajo.

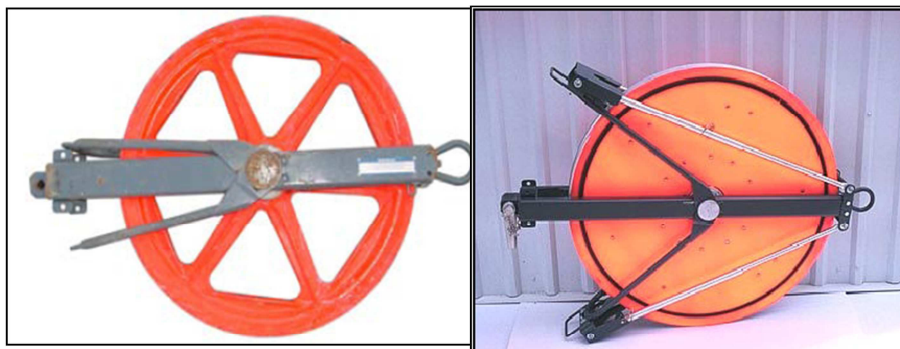


Fig. II.11: *Sheave Wheels* (superior e inferior –de izquierda a derecha). Tomado del TOP Operator Manual de SLB

Ancla - Sheave Hanger

Es un equipo que se utiliza para sostener la polea superior al elevador del taladro (fig. II.12). Se encuentra asegurada al elevador con una eslinga de 4 pies y un grillete, y sostiene a la polea superior por medio de otro clevis.

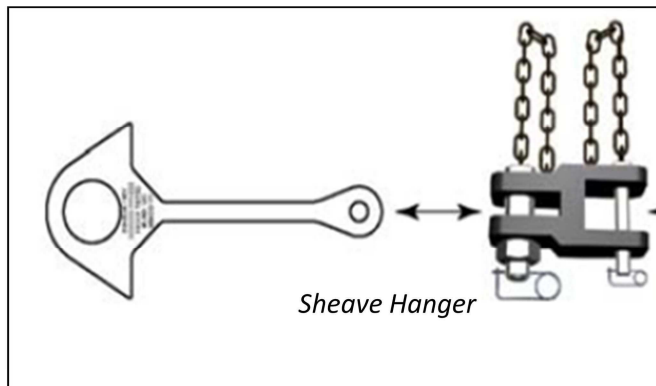


Fig. II.12: Ancla (tomada del *Top Operator Manual de SLB*)

Eslinga

Es una eslinga sintética que puede ser de 4 pies o de 12 pies. La de 4 pie es utilizada para asegurar la patecla superior al elevador del taladro y la de 12 pies es una eslinga utilizada en las operaciones de pesca (fig. II.13).



Sling

Fig. II.13: Eslinga (tomada del *Top Operator Manua de SLBI*).

Grilletes

Los grilletes (*clevis*) (fig. II.14), con unos seguros que se colocan para mantener atada la eslinga que sostiene al ancla y para sostener la polea superior con el ancla. También para sostener la polea inferior de la cadena que se amarra del piso del taladro.



Fig. II.14: Grillete (tomado del TOP Operator Manual de SLB)

Cadena

La cadena se emplea para mantener atada a la polea inferior del piso del taladro en conjunto con un grillete (fig. II.15). La cadena puede ser de 10 pies, 15 pies o 25 pies y por el otro extremo se ata al hoyo de ratón. La cadena puede soportar una carga máxima segura de 15.000 libras fuerzas y su tiempo de vida útil es de 2 años.



Fig. II.15: Cadena de 15 pies. (tomada del TOP Operator Manual)

Plato para Vestir el Pozo

Es un plato (fig. II.16) que se utiliza para acuñar las herramientas en la boca del pozo durante el izamiento del set de herramientas que se van a utilizar en la operación. Posee diferentes medidas de diámetros para poder ajustarse a cualquier herramienta.

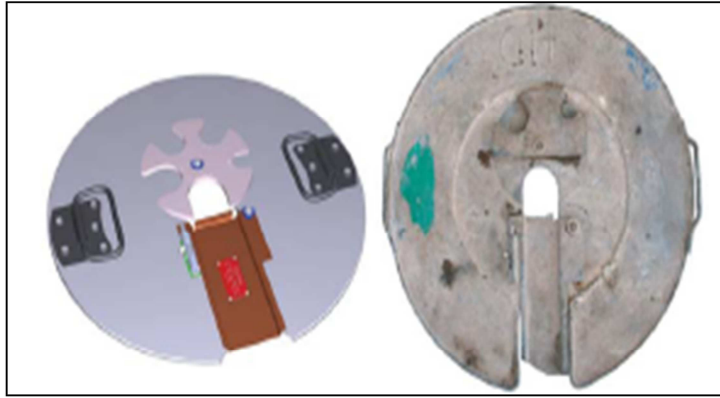


Fig. II.16: Plato para Vestir (tomado del TOP Operator Manual)

Cuello de Ganso

El cuello de ganso (gooseneck) es empleado para izar las herramientas y evitar que la conexión cable-cabeza sufra maltratos físicos. La función es mantener la integridad mecánica y eléctrica del cable de registro (fig. II.17).



Fig. II.17: Goose Neck (tomado del TOP Operator Manual de SLB)

Tapas de Izamientos

Son tapas protectoras de las roscas (box y pin) de las herramientas y que, debido a su mayor capacidad de carga segura, son utilizadas para izarlas durante una operación de registro en el pozo (fig. II.18).

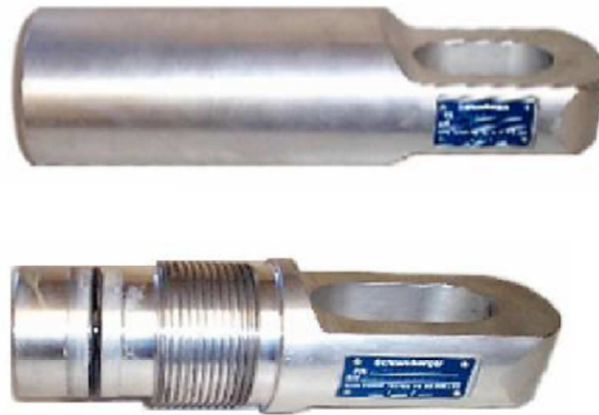


Fig. II.18: Tapas de izamiento. (tomado del *TOP Operator Manual de SLB*)

Esposas

Es una cadena corta que posee dos ganchos (uno en cada extremo) y que se utiliza para izar las herramientas más rápido engancho una tapa de izamiento macho con una hembra (fig. II.19).



Fig. II.19: Esposas (tomado del *TOP Operator Manual*).

T de Pesca

Es un equipo con forma de “T” que permite sostener o acunar el cable grueso o de siete conductores durante una operación de pesca (fig.II.20).

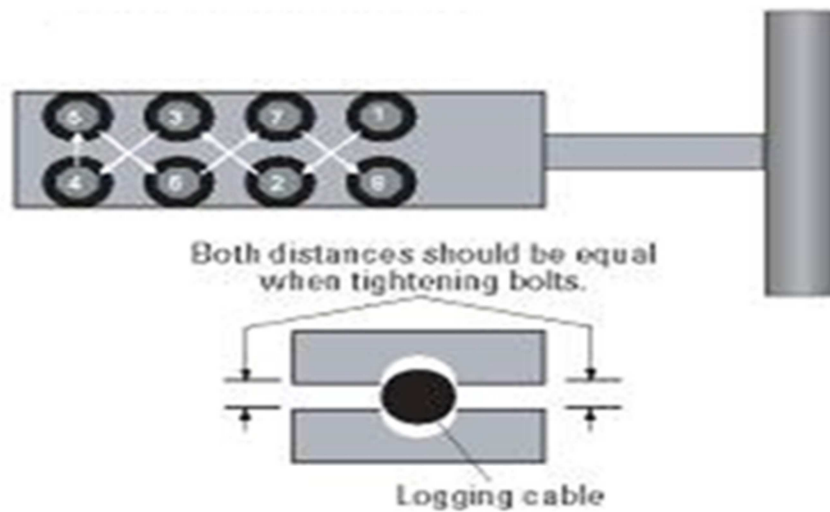


Fig. II.20: T-de pesca (tomado del TOP Operator Manual).

II.5 PROCESOS

Para que se pueda entender realmente como se deben realizar las actividades dentro de un proceso en una empresa, es necesario definir primero que nada lo que significa la palabra “proceso” y el enfoque que se le debe dar para enmarcar lo que será el proceso de mantenimiento que se intenta optimizar. La palabra proceso, según Pérez, (2010), es una secuencia (ordenada) de actividades (repetitivas) cuyo producto tiene valor intrínseco para el usuario o cliente; y según la norma ISO 9000 “es cualquier actividad o conjunto de actividades, que utiliza recursos para transformar elementos de entrada en resultados”. Cuando se habla de algún valor intrínseco se refiere a todos los atributos, características, etc., que hayan captado el interés o afecto por parte del cliente o consumidor.

Las actividades comprendidas dentro de un proceso deben estar previamente establecidas y con una secuencia determinada con la finalidad de que el proceso presente un flujo de trabajo continuo, entiéndase por actividades el conjunto de tareas que son necesarias para realizar un determinado proceso. Cuando se habla de cliente, se refiere a la persona que utiliza el producto o servicio que se está

generando, y éste es quien le da el valor que más interesa cubrir durante la realización de un proceso. En base a esto, cada producto debe presentar una evaluación respectiva como mecanismo de verificación para reconocer si el producto realmente cumple las expectativas.

Desde un punto de vista más general, se tiene que los procesos forman parte de un sistema, y se denomina sistema a un conjunto de procesos con la finalidad de realizar un objetivo. Existen diferentes tipos de procesos dependiendo del nivel y el ambiente en el que se está ejecutando. Existen procesos a nivel de gerencia (de alta dirección), de dirección y mando intermedio, y procesos a nivel de personal de base. Por ejemplo, un proceso de mantenimiento de equipos, es simplemente uno de los procesos que forma parte dentro de una empresa como Wireline, en donde hay otros procesos como generar productos para el cliente, armar explosivos para cañonear un pozo, preparación de un trabajo de registro, etc. Para ilustrar un poco estos conceptos observe la fig. II.21 en donde se agrupan dentro de un proceso identificando otros detalles que son necesarios dentro de un proceso.

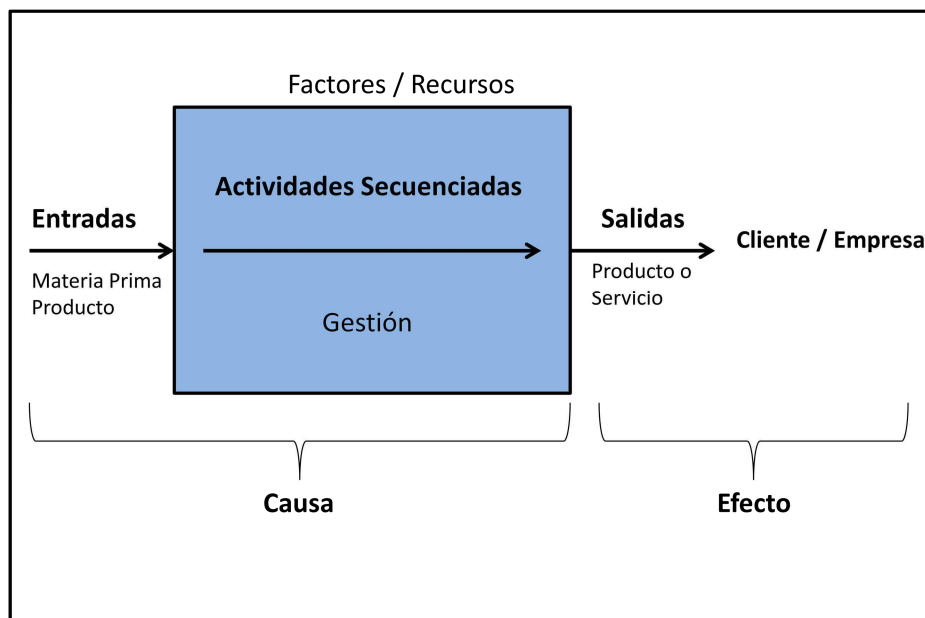


Fig. II.21: Representación de IPO (Gráfico tomado y modificado del libro "Gestión por Procesos" de Pérez, J. (2010), pág. 53.

II.5.1 Elementos de un proceso

Existen tres elementos principales que son los siguientes:

Input o entrada: es simplemente el producto que es necesitado en el proceso con los atributos, características y especificaciones necesarias para poder ejecutar el proceso. La entrada en un proceso puede ser la salida de otro proceso, dentro de una misma empresa o entre varias empresas donde se pueden evidenciar proveedores, clientes internos y externos, todo depende de la cadena de valor.

Secuencia de Actividades: consiste en un conjunto de tareas con un orden determinado y establecido con la finalidad de ejecutar el proceso correctamente y sin errores. Dentro de estas actividades se debe manejar un sistema de control para que exista un mecanismo de verificación del proceso, es decir, debe haber una supervisión continua o monitores de todas las actividades para evitar la desviación de los procedimientos y objetivos. En estas actividades es muy probable que exista una entrada de otros implementos o recursos necesarios en el proceso para poder obtener el producto o servicio deseado, pero son cosas pequeñas que no desestabilizan en gran magnitud las actividades. En esta etapa se deben especificar los indicadores que realmente determinan el buen funcionamiento o eficacia del producto.

Output o Salida: es el producto o servicio que finalmente se le ofrece a un cliente interno o externo, el cual debe cumplir con las especificaciones o atributos esperadas para ese proceso, y que también debe satisfacer las expectativas del cliente para lograr ofrecer un producto de calidad. Como se explicó anteriormente, es probable que el producto de un proceso se convierta en la entrada de otro proceso o del mismo proceso en el caso de un mantenimiento. Según Pérez (2010) existen dos tipos de salidas:

Existe la salida de un producto tangible que posteriormente será sometido a un control de calidad o seguimiento para determinar la eficacia del proceso o la calidad del producto.

Y la salida finalista, es decir, la referida al producto final en donde se mide simplemente es la satisfacción o valor que significa para el cliente. Es posible que exista una actividad que comuniquen estos dos tipos de salidas, porque generalmente la segunda es una consecuencia que ocurre si la primera es realizada. Por ejemplo, durante un proceso de formación se puede obtener como primera salida una persona con una cantidad de cursos recibidos, y seguidamente, luego de que se le evalúen los conocimientos, se puede saber de qué manera aplicar sus conocimientos en un área de trabajo determinada.

Todos estos elementos del proceso son los que finalmente definen las limitantes que se pueden presentar para poder ejecutarlo. Hay que definir cuáles son los elementos, factores y recursos que intervienen en un proceso para poder analizar de qué manera se gestionan para poder hacer un acoplamiento entre ellos y una buena administración de todas las variables.

II.5.2 Factores de un Proceso

Materiales: se refiere a toda la materia prima o semielaborado que está comprendida dentro de la gestión de los proveedores, y generalmente viene acompañada de una determinada información que especifica las condiciones de su uso.

Recursos Físicos: consiste en todas las instalaciones, maquinarias, utillajes, *hardware*, *software*, etc., necesarios para desarrollar las actividades en buenas condiciones. Aquí entra en juego la gestión de mantenimiento de toda la infraestructura.

Medio Ambiente: es simplemente el entorno en donde se desarrolla el proceso. El entorno generalmente condiciona el papel de los demás factores que intervienen, ya que es más factible desarrollar un proceso en una zona donde esté garantizado la presencia de los factores necesarios en el proceso.

Personas: son los responsables de la realización del proceso, dotados de conocimiento y prácticas calificadas para la realización de las actividades y este factor es cubierto por la gestión de personal, encargado de realizar los procesos de contratación, integración, etc.

Métodos y Planificación del proceso: este factor consiste en el establecimiento de un método de trabajo, de procedimientos, de instrucción técnica, instrucción de trabajo, etc. Según Pérez,(2010), “consiste en la descripción de quién hace qué, cuándo y muy ocasionalmente el cómo. En este factor se deben establecer los mecanismos para medir el funcionamiento del proceso, las características del producto y la satisfacción del cliente.

Es importante mantener siempre un monitoreo de las actividades que se realicen en el proceso para determinar las fallas que se están presentando y tener control de los resultados que se esperan obtener en la salida. Mientras todo el proceso de mantenga bajo control, se puede llamar estable, y con una buena técnica de monitoreo se pueden realizar efectivas gestiones de calidad para poder mejorar continuamente el producto.

En los diferentes procesos que se puedan realizar en una empresa existen interacciones definidas entre ellos, porque ocurre que los productos o salidas de un proceso son utilizados en otro, en donde se realizarán distintas actividades para poder obtener una salida totalmente distinta. La eficacia va a estar condicionada, en parte, de las características de esa entrada o input. Entonces es importante definir esas características para que el objetivo final de la empresa sea logrado, porque si se realiza un enfoque local y no global, es posible que el proceso no sea eficaz. No solamente consiste en ser eficiente, si no también ser eficaz para la empresa y para los clientes internos.

II.5.3 El Trabajo como un Proceso

En una empresa existen varios departamentos y personas que desarrollan diferentes actividades, unos con diferentes objetivos locales y otros con objetivos en común, para que al final se alcance un objetivo global. Muchas veces las actividades en un proceso no se realizan de la manera más adecuada y correcta debido a la falta de interés por parte del personal que la ejecuta, porque realmente no se siente parte importante de la empresa o no siente que su trabajo es valorable para el proceso. Por esto, un enfoque que se puede adoptar consiste en que cada persona se sienta dueña o responsable de su propio proceso, que en esencia es su trabajo. Por lo contrario, existen personas que se sienten comprometidas con el producto y su calidad, y por lo tanto aceptan responsabilidades y obligaciones compartidas con la finalidad de trabajar de manera más eficaz y eficiente.

Ahora, como cada salida de cada proceso tiene un valor intrínseco que se lo da el usuario o la persona que utiliza el producto, a ésta se le puede llamar “cliente interno”. Para que cada persona vea su trabajo como un proceso es necesario que:

Se comprenda el funcionamiento del proceso y de su alrededor, para que de esta manera se pueda ubicar en el aporte que cada persona puede dar en el desarrollo de las actividades, y de esta manera crear un carácter especial.

El personal puede predecir las consecuencias de sus acciones en el proceso y su entorno, puede decidir de qué manera se pueden realizar mejor las cosas, informando siempre a sus supervisores para que siempre exista una supervisión de proceso.

Se deben entender la lógica de las acciones, cuáles e pueden hacer y cuáles no, las restricciones, criterios, etc.

Siempre se debe tomar en cuenta el *feedback* del proceso con los clientes internos, que orienten durante su desempeño para mejorar continuamente la dirección del proceso.

Para que este modelo funcione realmente, según Pérez, J (2010) el cliente interno y el responsable o proveedor interno debe:

Comunicar de forma efectiva sus necesidades al proveedor interno. En este punto se debe establecer un acuerdo para poder ofrecer el mejor servicio.

Mediante la comunicación y el acuerdo mutuo se pueden resolver los inconvenientes.

Ofrecerle un *feedback* al proveedor para poder permitirle la mejora del producto o servicio ofrecido.

Debe ser exigente con su proveedor interno y a la vez riguroso con la satisfacción de su cliente interno.

Así también se busca que el proveedor interno:

Identifique y conozca perfectamente a su cliente interno. Tiene que saber qué es lo que busca realmente.

Conocer las necesidades de su cliente.

Colaborar con el cliente para determinar cuáles son las fallas de un producto o servicio y cómo se puede mejorar.

Crear un sistema para medir la calidad y la satisfacción del cliente, que sea amigable y concreto.

Ser responsable del proceso que desarrolla y ejecuta. Debe colaborar con su diseño, control y mejora continua.

Tener conciencia del producto y del costo de cumplir o no con lo comprometido.

La práctica de esta forma de relación interna de procesos permite:

Que cada persona tenga una visión general del proceso formada por su proveedor y su cliente interno. El trabajo puede ser más compenetrado en la empresa y puede vencer la barrera de la exhaustiva formalidad.

Implantar criterios de eficiencia y eficacia.

Aumentar la cohesión interna.

Descarga la estructura de mando, aplanar la estructura organizativa.

Que el personal despliegue su creatividad y su capacidad de innovación.

Aumentar la polivalencia y fomentar el aprendizaje, al compartir objetivos y la información.

Hacer más fluida la comunicación interna, base para la participación en la mejora.

Enfatizar en las relaciones laterales y en el compromiso del equipo en el producto: calidad, servicio y costo.

II.5.4 Satisfacción del Cliente

El objetivo fundamental que se intenta lograr luego de la realización de un proceso es poder satisfacer las necesidades del cliente y cumplir con sus expectativas. Esto permite que el cliente prefiera un producto en comparación a otro y también recomiende a terceros su compra.

Las necesidades del cliente suelen ser fácilmente definidas y objetivas. Tienen que ver generalmente con el precio del producto, sus características funcionales, su fecha de entrega y su calidad intrínseca. Cuando se habla de calidad intrínseca o elementos implícitos se refiere a las necesidades que el cliente espera ver satisfechas pero que no las expresa debido a que son evidentes. Éstas son las llamadas “reglas del arte” en cualquier sector. Es importante cumplir con estas condiciones

Existen diferentes niveles de necesidades del cliente en donde cada una de ellas tiene un peso establecido por cada cliente. La satisfacción de las necesidades más importantes para el cliente va a generar mayor fidelidad en la relación proveedor – cliente. En cuanto a las expectativas, son más cambiantes que las necesidades del cliente y son generalmente implícitas. Son las que realmente califican la satisfacción del cliente y por este motivo, cada cliente es diferente a otro. Muy frecuentemente las expectativas de un cliente a otro son muy distintas, aunque no así las necesidades.

La percepción de la satisfacción del cliente tiene una doble dimensión:

Una global de una determinada interacción, transacción o de sus relaciones con el proveedor. Ésta solo refleja su fidelidad y es de poca utilidad para la toma de decisiones.

Una relacionada con la dimensiones del producto, ya que por su concreción proporciona información valiosa para el diseño o mejora de un determinado servicio o producto.

El cliente siempre va a juzgar acerca de los elementos o atributos del producto, aunque a veces no lo expresará públicamente, además de formarse una percepción global del servicio recibido. Los atributos de la calidad son las dimensiones del producto o servicio recibido que el cliente valora de forma especial y puede percibir y puede percibir con claridad. Entre los atributos más frecuentes están el precio, la disponibilidad y la calidad intrínseca del producto, etc. Por supuesto que no todos los atributos tienen igual importancia para el cliente, esto ya está relacionado con sus expectativas.

Los atributos de la calidad se pueden diferenciar en cuatro áreas que dependen de siempre del tipo de salida de un proceso. Entre ellos están:

Facetas dependientes de las características personales y cualificaciones técnicas del personal: fiabilidad, seguridad transmitida al usuario, responsabilidad, adaptabilidad, capacidad de sintonía personal y técnica. Esto depende de la persona que presta el servicio.

Aspectos relacionados con el producto tales como precio, calidad intrínseca, casos de referencia que se manejen del producto, etc.

Aspectos externos visibles para el cliente que en ocasiones le permiten hacer tangible el servicio. Presencia del personal, estado de la infraestructura, limpieza, etc.

Accesibilidad del cliente al proveedor, facilidad de contacto, tiempo de respuesta, flexibilidad, etc.

Los atributos de calidad varían con el tiempo, dependiendo de las situaciones actuales. Hay momentos en donde son más exigentes, como hay otras que son un poco más suaves. Existen también atributos higiénicos que muy poco es nombrado por el cliente pero siempre se considera a la hora de crear un concepto del servicio o producto ofrecido. Los atributos son generados por el cliente de manera genérica y en la forma en la que él lo percibe, es decir, generaliza el concepto para todos los productos o servicios de una empresa. Pero realmente los atributos de calidad varían mucho dependiendo del entorno en donde se estudie.

II.6 CALIDAD

La calidad no es un concepto fácil de definir ni de explicar debido a que tiene diferentes enfoques dentro de la cadena de valor en empresas de comercialización y producción. Según Evans, J. y Lindsay, W. (2008), se hizo un estudio en donde participaron 86 empresas de Norteamérica y tenían como objetivo definir la palabra “calidad”:

Perfección.

Consistencia.

Eliminación de desperdicios.

Proveer un producto bueno y útil.

Complacer y satisfacer al cliente.

Velocidad de entrega.

Etc.

II.6.1 Perspectivas de la Calidad

Perspectiva con base al producto:

Este tipo de calidad es bastante medible ya que consiste principalmente en determinar la desviación que tiene un producto de las características y atributos que debe tener el modelo que se desea obtener. Se basa en la idea de que mientras más

parecido sean los atributos de un producto al producto deseado o perfecto, mayor será la calidad.

Perspectiva con base en el usuario

Consiste principalmente en cubrir las expectativas que el cliente tiene acerca de un servicio o producto específico. Generalmente las necesidades del cliente son las ideas generadoras de los atributos que debe tener un producto o servicio, y de esta manera es que se estima si el producto es de calidad o no lo es. Por eso es importante siempre obtener el *feedback* del cliente para que siempre exista una mejoría continua ya que las necesidades del cliente siempre están variando.

Perspectiva en el valor

Esta perspectiva tiene un enfoque más relacionado al costo del producto en conjunto con sus atributos, es decir, la calidad consiste en obtener un producto con los atributos y características que satisfagan al cliente y al mismo tiempo, que el costo sea menor si lo comparamos con los otros productos o servicios del mercado. Según James, E. y Lindsay W. (2008) el Instituto Americano de Estándares (ANSI) y la Sociedad Americana para la Calidad (ASQ) estandarizaron en 1978 las definiciones relacionadas con la calidad y fue definida como “la totalidad de los rasgos y características de un producto en que se sustenta su capacidad para satisfacer determinadas necesidades”, pero ya a partir de 1980 se comenzó a utilizar una definición más sencilla que explicaba que la calidad simplemente consiste en satisfacer o exceder las necesidades del cliente.

Para explicar un poco esta definición se puede decir que existen diferentes tipos de clientes para una empresa dependiendo del punto de referencia de donde se esté estudiando. Los clientes finales en una cadena de valor son los llamados “consumidores”, porque realmente son los que adquieren el producto final. En cambio, dentro de los procesos que llevan a cabo dentro de una cadena de procesamiento existen empresas que son considerados clientes externos o

diferentes departamentos que son considerados clientes internos. Por ejemplo, dentro de la empresa Wireline, existen diferentes departamentos o áreas de trabajo que trabajan en conjunto para que finalmente se le pueda ofrecer un servicio de calidad al cliente final o consumidor que es, en este caso, PDVSA. Entonces, se puede decir también que el personal de operaciones (ingenieros y especialistas de campo) son clientes internos del personal o departamento de operaciones, porque ciertamente todas las herramientas que son trabajadas en los laboratorios y talleres son empleadas por los ingenieros especialistas de campo, y son ellos quienes califican el trabajo desempeñado por el personal de mantenimiento.

En estudios realizados en 1970 en una empresa llamada General Electric, relacionado a las percepciones de los consumidores con los diferentes productos de esta empresa, se obtuvo que para poder estudiar la calidad hay que abarcar muchas variables y aspectos como lo son el diseño, la mercadotecnia, manufactura, administración de recursos humanos, relaciones con los proveedores y administración financiera. La calidad no es solamente factor técnico, sino también un factor administrativo. Teniendo en cuenta estos resultados surge un nuevo concepto denominado Calidad Total (TQ-Total Quality). Según James, E., los directores de alrededor de 9 corporaciones estadounidenses se reunieron en 1992, junto con profesores universitarios de ingeniería de muchas universidades, con la intención de definir este amplio concepto. Brevemente, esta definición refleja que la Calidad Total es un enfoque de un sistema total y parte de una estrategia de alto nivel que comprende a todos los trabajadores de una empresa, así como también los proveedores y contratistas, la cual consiste en un sistema administrativo que intenta incrementar continuamente la satisfacción del cliente a un costo real cada vez más bajo. La Calidad Total emplea sistemas, métodos y herramientas en donde la filosofía generalmente permanece igual. En otras palabras busca establecer una mejora firme y continua en toda una organización.

Para 1950, Feigenbaum, A., modifica un poco el concepto de TQ estableciendo que el concepto de Calidad Total está afectada directamente por nueve factores muy importantes que son el mercado, el dinero, la administración, hombres y mujeres, motivación, materiales, máquinas y mecanización, métodos de información modernos y requisitos de montaje de los productos. Este enfoque es un poco más ingenieril.

II.6.2 Principios de la Calidad Total

En diferentes partes del mundo, según Lindsay, W. (2008), los principios de la Calidad Total se maneja con tres enfoques bien establecidos:

Un enfoque en los clientes y accionistas: el cliente es el juez principal de la calidad. Las empresas deben entender por completo todos los atributos de sus servicios y productos, que contribuyen al valor del cliente y originan satisfacción y lealtad.

Un enfoque en el trabajo en equipo de todos en la organización: en cualquier organización la persona que mejor entiende el trabajo, que conoce cómo mejorar el producto y el proceso es quien lo realiza.

Un enfoque de proceso apoyado por el mejoramiento y el aprendizaje continuo: un proceso es una secuencia de actividades que tiene como objetivo alcanzar un resultado.

Con estos tres enfoques se busca identificar las necesidades y expectativas de los clientes, incorporar la calidad en los procesos laborales utilizando de modo eficaz el conocimiento y la experiencia de su fuerza laboral y mejorar continuamente todas las facetas de la organización.

Para que exista calidad debe existir un mejoramiento continuo por parte del producto o servicio, de manera incremental, es decir, innovaciones graduales y rápidas. El mejoramiento continuo, según James, E. y Lindsay, W. (2008) puede alcanzarse se varias formas como por ejemplo aumentar el valor para el cliente a

través de productos o servicios nuevos o mejorados, reducir los errores o defectos y sus costos relacionados, aumentar la productividad y mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, mejorar la capacidad de respuesta y el desempeño del tiempo del ciclo para procesos.

La mejora de un proceso es dependiente del aprendizaje, que implica el porqué los cambios tienen éxito, que se puede conseguir a través de la retroalimentación entre prácticas y resultados, y esto a la vez origina nuevas estrategias y resultados. Para lograr un correcto aprendizaje primero se debe planificar que se quiere realizar, que proceso se quiere implementar. Una vez planificado debe ser implementado, en donde se va a evaluar paso a paso la evolución del proceso. Una vez hecha la evaluación, se deben rediseñar el proceso en la planificación para alcanzar lo deseado.

De manera general, para poder alcanzar la calidad total o máxima calidad debe haber un marco de soporte en donde puedan funcionar los principios explicados anteriormente. Cuando hablamos de soporte nos referimos a una infraestructura organizacional integrada, acompañada de ciertas prácticas administrativas, herramientas y técnicas que deben funcionar en conjunto. Cuando se habla de infraestructura se refiere a los sistemas administrativos básicos necesarios para operar de manera eficiente y poner en práctica los principios de la calidad. En esta infraestructura se necesitan manejar las relaciones con los clientes, liderazgo y planeación estratégica, administración de los recursos humanos, manejo de los procesos y administración de la información y conocimientos. Cuando se habla de práctica se refiere a todas las actividades que se hacen dentro de cada elemento de la infraestructura, como por ejemplo, la coordinación y diseño de un determinado proyecto. Y finalmente las herramientas son todos los métodos gráficos y estadísticos utilizados para poder recopilar información, analizar comportamientos, determinar desviaciones y solucionar problemas.

El manejo de la relación con los clientes no es una tarea sencilla. Entender las necesidades de los clientes, tanto actuales como futuras y mantener el paso de los mercados cambiantes requiere de estrategias eficaces para aprender y escuchar de los clientes, medir su satisfacción y establecer relaciones. Las necesidades de los clientes se deben combinar con la planificación estratégica de una organización, el diseño de los productos, el mejoramiento de los procesos y la capacitación de la masa laboral. El estudio de la satisfacción del cliente es importante para poder establecer las mejoras necesarias que se desean, y manteniendo a los clientes satisfechos se establece un negocio leal y repetitivo.

La conformación de líderes como el personal de los departamentos administrativos y directores ejecutivos dentro de una organización es muy importante a la hora de guiar un proyecto bien planificado con la finalidad de obtener un resultado de calidad. La principal función de los líderes es crear valores y expectativas altas para alcanzar una excelencia en el desempeño y lograr la integración dentro de la compañía. La planificación estratégica de negocios debe ser la fuerza impulsora para la excelencia en la calidad en toda la organización y necesita anticiparse a muchos cambios, como las expectativas de los clientes, nuevas oportunidades de negocios, etc., porque justamente es el planteamiento de las acciones que se harán durante el proceso y debe tener un mecanismo de respuesta ante cualquier eventualidad, la cual debe estar previamente planificada.

En la búsqueda de la calidad total se necesita tener un cuerpo de personal bien comprometido con los objetivos y metas que una organización ha planificado. Para esto se deben manejar y diseñar sistemas de trabajos apropiados, mantener una cultura de reconocimiento o premiación ante el mayor esfuerzo, entender el comportamiento y satisfacción del trabajador, crear un ambiente de trabajo ideal para desarrollar el trabajo de la mejor manera, etc.

Es importante también el manejo de la información y conocimiento de los procesos dentro de una organización porque a través de esto se puede conocer como ha sido

el desempeño de un proceso durante su ejecución y después de ejecutarlo, considerando siempre las variables que mayor representación o peso tienen en el estudio de la calidad. La utilidad de esta información es mejorar el proceso de toma de decisiones ante cualquier situación.

II.6.3 Gestión de Calidad – Principios

La norma venezolana ISO 9000, que se ha establecido por un conjunto de empresas a nivel internacional, con la finalidad de asistir a las organizaciones de todo tipo y tamaño en la implementación de sistemas eficaces de Gestión de Calidad. Según estas normas, existen ocho principios de la Gestión de calidad con la finalidad de conducir a las organizaciones hacia la mejora de su desempeño:

Enfoque al cliente: es simplemente conocer al cliente, satisfacer sus necesidades y exceder sus expectativas presentes y a futuro.

Liderazgo: con el liderazgo se debe orientar el proceso y establecer un propósito. Los líderes deben crear un ambiente interno cómodo en donde cada trabajador se sienta parte de la organización y se sienta involucrado con los objetivos.

Participación del personal: el personal es prácticamente la base de una empresa u organización, y su participación es fundamental para el uso de sus habilidades y aporte de ideas.

Enfoque basado en Procesos: dentro de la organización, cada trabajo debe ser tratado como un proceso para que su desenvolvimiento sea más efectivo y eficaz.

Enfoque de sistema para la gestión: es básicamente identificar, entender y gestionar todos los procesos dentro de una empresa para que todo funcione como un sistema, y se pueda lograr el objetivo general eficiente y eficazmente.

Mejora Continua: es necesario mantener un plan de diagnóstico permanente en la organización para poder obtener un proceso de gestión de calidad efectivo a través del tiempo, ya que las condiciones o situaciones van variando.

Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor: las relaciones cliente/proveedor deber ser interdependiente para que las expectativas del cliente sean alcanzadas de manera más rápida. Esta manera es más efectiva para crear valor al producto o servicio.

Los sistemas de Gestión de calidad están enfocados, como ya se comentó anteriormente, en aumentar la satisfacción del cliente, pues son ellos los que determinan la aceptación de un determinado producto o servicio. Los requisitos del cliente pueden determinare por el mismo cliente de forma contractual o por la organización. Las expectativas del cliente son variables debido a la presión competitiva y a los avances tecnológicos, y por esto un sistema de gestión de calidad puede servir como marco de referencia para la mejora continua con la finalidad de incrementar las probabilidades de satisfacción del cliente y de otras partes interesadas.

La mejora continua puede alcanzarse, según Martínez, O. (2009) por las siguientes etapas o acciones:

Análisis y evaluación del proceso para la identificación de zonas que requieren mejorar.

Establecer objetivos de la mejora.

Plantear posibles soluciones.

Evaluación y selección de soluciones.

Implementación de la solución mejorada.

Medición, verificación, análisis y evaluación de los resultados de la implementación para determinar si los objetivos fueron alcanzados. Con este estudio se puede determinar si aún es necesario realizar cambios para obtener mejores resultados.

Formalización o estandarización de los cambios.

II.6.4 Enfoque de Sistemas de Gestión de Calidad

Así como lo establece las normas de la familia ISO-9000, un sistema de gestión de calidad debe cumplir con las siguientes etapas:

Determinar las necesidades y expectativas de los clientes y de otras partes interesadas.

Establecer la política y objetivos de la calidad de la organización.

Determinar los procesos y responsabilidades necesarias para el logro de los objetivos de la calidad.

Determinar y proporcionar los recursos necesarios para el logro de los objetivos de la calidad.

Establecer los métodos para medir la eficacia y eficiencia de cada proceso.

Aplicar estas medidas para determinar la eficacia y la eficiencia en cada proceso.

Determinar los medios para medir no conformidades y eliminar sus causas.

Establecer y aplicar un proceso de mejora continua del sistema de gestión de calidad.

Con este enfoque también se puede modificar un sistema de gestión de calidad ya existente. Con el cumplimiento de estos puntos se puede garantizar la completa satisfacción de los clientes y otras partes interesadas, así como el éxito de la organización, además que formaliza un proceso LEAN o proceso de mejora continua en una organización. Esta concepción se ha estado practicando en la empresa Schlumberger hace poco tiempo.

En cualquier organización, en donde se practican sistemas de gestión de calidad, deben existir políticas de calidad que puedan crear un marco de referencia para los subprocesos dentro del sistema, y siguiendo estos puntos establecidos cada uno de los objetivos de los subprocesos van a ser correctamente realizados para poder alcanzar las metas generales de la empresa, que deben ser coherentes con las

políticas de calidad y el resultado debe poder medirse, para luego poder practica la mejora continua.

Según el profesor Garvin, D., de la Universidad de Harvard de la Escuela de Negocios (*Harvard Business School*), en su búsqueda por definir cuáles son los parámetros que realmente el cliente quiere saber sobre un producto o servicio son los siguientes:

Desempeño: consiste en conocer el rendimiento del producto o el desempeño del servicio que realiza una organización con base a las especificaciones cuantificables y comparables con los otros productos del mercado.

Características: consiste en conocer las cosas del servicio o producto resaltan más y marcan la diferencia al frente de los demás productos y salidas del mercado, como por ejemplo, una bebida de preferencia durante un vuelo o mientras se compra un equipo, etc.

Confiabilidad: es la posibilidad a desarrollar una falla no deseada durante un período determinado.

Satisfacción: que se base realmente en determinar si realmente el producto o servicio cumple con las especificaciones y estándares establecidos en el mercado.

Durabilidad: se refiere a los costos implícitos que entran en juego una vez que el producto o servicio sufre alguna falla, es decir, si necesita ser reemplazado o puede ser reparado, etc.

Servicio: es conocer si el servicio o producto es fácil de mantener durante su uso, si necesita de un tratamiento especial o no es muy complicado.

Estética: Es una evaluación un poco subjetiva por parte del cliente pero se refiere al aspecto externo del producto o servicio, si es novedoso algo clásico, si llama la atención, etc.

Calidad Percibida: es la información que el cliente maneja antes de entrar en contacto con la organización y con el producto, que generalmente depende de la publicidad, de casos referenciales, de consejos, etc.

El control de la calidad está muy presente desde hace mucho tiempo en el segmento *Wireline de Schlumberger*, en donde se realizan secciones de repetición del perfilaje de un pozo, que son más cortas que el perfil principal, y también agregándole al registro final las calibraciones pertenecientes a las herramientas utilizadas durante una operación. Entonces, cualquier error que se haya presentado en la calibración de las herramientas invalida completamente el registro que se le entrega al cliente. Esto funciona como un soporte que indica que realmente las herramientas estaban aptas para desempeñar la operación.

También en operaciones realizadas con *Coiled Tubing*, que es un equipo utilizado para realizar workovers en los pozos, para correr herramientas de registro en pozos horizontales, para perforar hoyos muy pequeños, etc. Estas actividades contribuyen enormemente a la fatiga de la tubería, ya que sufre muchos esfuerzos de torsión, tensión y compresión que aumenta las probabilidades de que la tubería colapse. Por este motivo, se creó un software que estima el desgaste que la tubería ha sufrido durante su uso e impide que este equipo sea utilizado luego de alcanzar un límite máximo de fatiga.

II.6.5 Competitividad en el Mercado

La competitividad en el mercado se refiere básicamente a la superioridad que presenta una empresa para alcanzar la superioridad en el mercado. Según Wheelwright, S., algunas características que se pueden notar en una fuerte ventaja competitiva son las siguientes:

Es impulsada por los deseos y las necesidades del cliente. Una empresa le provee valor a sus clientes que sus competidores no ofrecen, simplemente cubriéndole las expectativas.

Contribuye en forma significativa al éxito del negocio.

Combina los recursos únicos de la organización con las oportunidades del medio ambiente. Ningún par de empresas tienen los mismos recursos, y una buena estrategia maneja los recursos existentes de la manera más eficaz posible.

Es duradera y difícil de copiar para los competidores.

Proporciona la base de una mejora segura.

Proporciona dirección y motivación a toda la empresa.

La calidad es uno de los factores que proporciona rentabilidad en un negocio y es un apoyo fundamental en la competitividad en el mercado. Diversos estudios de investigación demuestran que las empresas que se enfocan en la calidad logran mejor participación y relaciones con los empleados, mejora en la calidad de productos y servicios, productividad más alta, mayor satisfacción del cliente, mayor participación en el mercado y una rentabilidad más alta.

II.7 TÉCNICAS Y METODOS QUE AYUDAN A MEJORAR PROCESOS y CALIDAD DE SERVICIO.

Las empresas a nivel mundial, sean del sector productivo, no productivo o público, manejan procesos muy complejos que necesitan una estructura muy bien definida, de manera muy organizada, donde cada persona que forma parte de esa estructura organizativa debe tener un rol y una responsabilidad específica la cual debe cumplir con eficiencia para que el proceso general pueda funcionar en conjunto y correctamente.

Siempre es necesario que las funciones que se desempeñan en cualquiera de los eslabones de la estructura de una empresa se realicen en el tiempo requerido y cuidando ciertos parámetros como la calidad del trabajo, la seguridad y condiciones adecuadas en el ambiente laboral.

En pro de mejorar la eficiencia y eficacia en un proceso es necesario el uso de técnicas o metodologías que faciliten la identificación de fallas para poder definir el problema que está ocurriendo, reconocer las variables que están en juego y que hay

que manejar para poder mejorar o crear un nuevo proceso que permita alcanzar los objetivos propuestos.

Entre estas técnicas de apoyo teóricas o prácticas se encuentran la técnica de cinco "S" y el "6 σ " (*Six Sigma*).

II.7.1 Técnica de las Cinco S

Como explica Monulding, E. (2010) en su libro "*A visual Control System of the Workplace*", las 5 S es una técnica que está enfocada en la mejora de la productividad, eficiencia y seguridad basada en la organización, limpieza y organización para reducir el desperdicio de todo tipo (material, tiempo, etc.).

Generalmente las personas que no están familiarizadas con esta técnica piensan que solamente tiene que ver con la limpieza de las cosas o ambiente de trabajo, pero no es cierto. Va mucho más allá de cambiar una cosa de sitio o de limpiar un equipo porque está sucio, más bien permite crear un ambiente de trabajo mucho más amigable con el personal de trabajo de una empresa con la finalidad de ayudar a mejorar un proceso.

La filosofía de las 5 S (Fig.II.22) fue desarrollada en Japón por Hiroyuki Hirano y se refieren a clasificar (*Seiri*, en japonés), organizar (*Seiton*), limpiar (*Seisou*), estandarizar (*Seiketsu*) y mantener (*Shitsuke*). En principio, esta técnica se aplica cuando un ambiente de trabajo o un proceso de trabajo no están funcionando correctamente o aunque funcione correctamente puede mejorar.

Cada una de estas 5 palabras se refieren a:

Clasificar: básicamente consiste en separar las cosas que se utilizan en un trabajo dependiendo de su importancia, por ejemplo, las cosas muy útiles, las que no se utilizan con mucha frecuencia o las que no sirven. La intención es reconocer de una vez el desperdicio o basura que debe ser eliminado para que no ocupe un puesto necesario en un lugar.

Organizar: se refiere a destinar un lugar específico para cada grupo de cosas, dependiendo de su peso y tamaño, en el mejor lugar respetando los la distribución del espacio y cuidando las condiciones de seguridad.

Limpiar: se necesita este paso para que el ambiente en donde se necesitan ubicar todos lo equipos este en buenas condiciones para que pueda ser atractivo y mantenga las cosas en buen estado.

Estandarizar: consiste en crear una norma que reconozca que el trabajo o esfuerzo realizado fue necesario y se tomara en cuenta dentro del área de trabajo.

Mantener: no se puede realizar este paso sin estandarizar el trabajo realizado anteriormente. Consiste en promover estas ideas en el comportamiento del personal de trabajo para que practiquen también esta técnica y para que apoyen el trabajo realizado y ayuden a mantenerlo.

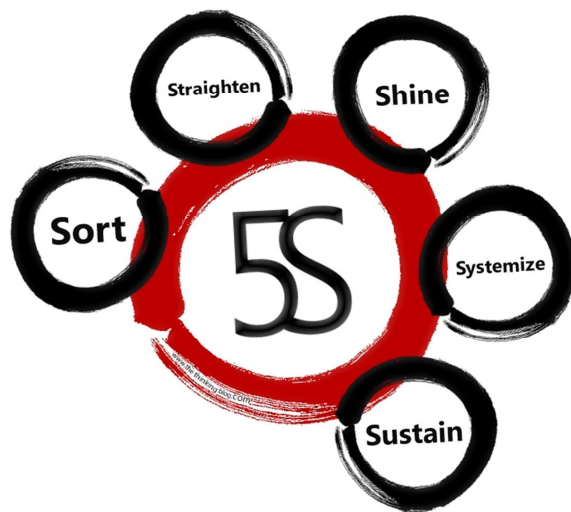


Fig. II.22: Las 5S

Esta técnica no solamente debe ser practicada por el empleado que se encuentre en el último eslabón de la estructura organizativa, sino también por la gerencia de la

empresa en cuestión, porque la falta de comunicación va a afectar en el desenvolvimiento y mantenimiento de las 5 S.

Entre los beneficios de esta técnica se encuentran:

Permite la participación del personal de la empresa y el aporte de buenas ideas.

Considera la satisfacción del personal y del cliente.

Reduce los defectos o fallas y mejora la calidad.

Reduce el desperdicio y comprende bajos costos.

Disminuye el tiempo perdido.

Promueve la disponibilidad de un equipo reduciendo fallas.

Incrementa la confianza y lealtad del cliente.

Permite mantener un espíritu proactivo en el personal de la empresa para mejorar la calidad del trabajo.

II.7.2 METODOLOGIA “SIX SIGMA”

Como lo define Eckes, G. (1954), la metodología *six sigmas* es una “filosofía gerencial” que va de la mano con dos conceptos muy importantes que son la eficacia y la eficiencia, los cuales pretende llevar a su máxima expresión. Como bien define Eckes, “la eficacia es el grado en el cual una organización cumple y supera las necesidades y requisitos de sus clientes, en cambio la eficiencia, se refiere a los recursos que se consumen para poder lograr la eficacia. Por lo general la eficiencia tiene que ver con el proceso realizado, los costos de los recursos, la mano de obra o el valor que se utiliza para que haya eficacia. En otras palabras, según Martínez, (2009), “la eficacia se preocupa más por seleccionar y cumplir los objetivos o metas apropiadas y satisfacer las necesidades del cliente, mientras que la eficiencia centra mucha la atención en la relación entre “el tiempo y los costos” invertidos para poder ser eficaces.

Esta metodología se inicio en la compañía Motorola por Bill Smith en la década de los 90. Trudell, B. (2006) la define como un enfoque disciplinado e integrado

utilizado para mejorar el desempeño de un negocio, utilizando datos y enfocado en la mejora de procesos para el estudio y control de las variables que influyen la productividad.

La lógica original de esta metodología es la solución de problemas a través de cinco fases representadas por sus siglas en inglés “DMAIC” que quiere decir, traducido al español: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analizar (*Analyze*), Mejorar (*Improve*) y Controlar (*Control*) (fig. II.23). Dentro del desarrollo de este método se utilizan varias herramientas para reducir las variaciones en un proceso y mejorar la calidad del resultado, como la técnica de las “5 S”, el análisis ANOVA (Análisis of Variance), Diseño de experimentos, etc.



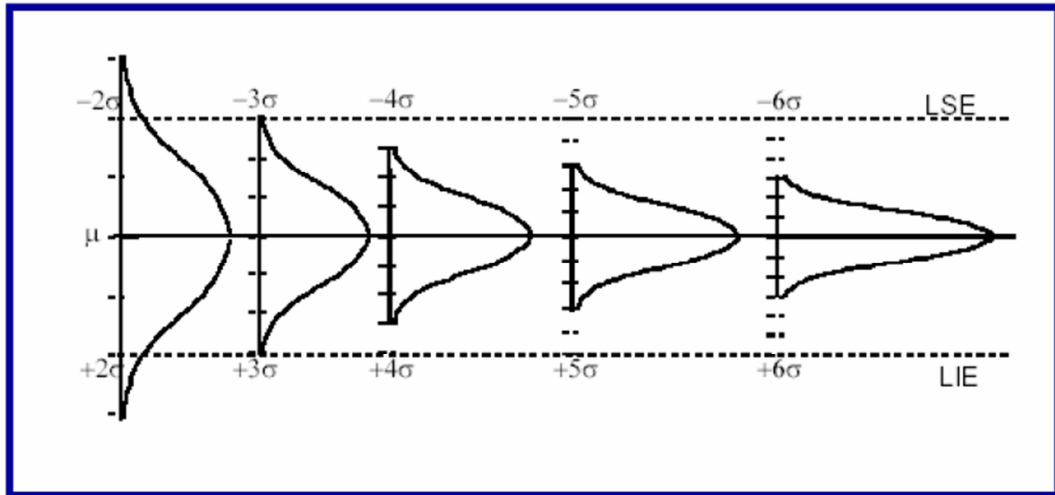
Fig. II.23: Metodología Six Sigmas

Sigma representa la desviación estándar en estadística matemática y se representa por la letra griega σ . En las distribuciones probabilísticas, como por ejemplo la distribución normal, conocida también como gaussiana, existen dos parámetros muy importantes como la media (μ) y la desviación estándar (σ). Estos valores de distribución pueden estimarse a partir de muestras de datos. La desviación estándar es una estadística que representa la cantidad de variabilidad o la existencia no uniforme en un proceso (manufacturero o de servicios). Generalmente se recopilan

datos y se calcula su valor de *sigma*. Si ese valor es grande con relación a la media, indica que hay una considerable variación en las salidas del proceso, pero si es pequeño hay menos variación y por consiguiente la salida del proceso es más uniforme.

Six sigmas, en términos estadísticos, se utiliza como una meta de calidad y significa poner el producto muy cerca de cero defectos, errores o equivocaciones. Los parámetros de medición se representan generalmente en términos de partes defectuosas por millón. De manera práctica y a raíz de las aplicaciones de este método en la empresa Motorola, six sigmas se considera como 3.4 defectos por millón de oportunidades. Antes del concepto de *Motorola, six sigmas* fue entendido por las personas y las instituciones como más o menos 3σ dentro de los límites de las especificaciones. Gracias a la práctica y a la aplicación de la estadística, se estipuló que los límites de especificación del producto o servicio deberían tener unas desviaciones estándar de más o menos 6σ . Los límites de especificación del producto se conocen como la especificación del diseño que tiene un límite superior (*USL*) y uno inferior (*LSL*). Ambos límites determinan una tolerancia en el diseño.

Por tanto, en ese nuevo enfoque, para tomar un producto particular y medir la característica de interés y estimar su sigma, este valor debería ser tan que unas características en cuanto a las especificaciones de 12 *sigmas* deberían encajar dentro de esos límites (fig. II.24). La especificación del producto no es más que las necesidades del cliente que deben satisfacerse a tiempo.



LSE: Límite superior de especificación

LIE: Límite inferior de especificación

Fig. II.24: De un sistema de bajo nivel de sigma a uno de mayor nivel de sigma.
(Tomada de *Método Seis Sigma*, Lahitte, M.)

Los procesos no técnicos son más difíciles de visualizar. Éstos se identifican como administrativos, de servicios y transaccionales. Algunas entradas, salidas y transacciones pueden ser intangibles., no obstante son procesos. Tratarlos como sistemas permite entenderlos mejor y, finalmente, caracterizarlos, volverlos óptimos y controlarlos, y de ese modo eliminar la posibilidad de equivocaciones y errores. *Six Sigmas* es un proceso altamente disciplinado que ayuda a que el negocio se concentre en desarrollar productos o servicios casi perfectos. La idea central tras esta metodología es que el número de “defectos” en un proceso puede ser medido, y que es posible calcular sistemáticamente cómo eliminarlos para estar lo más cerca posible de cero defectos. Cuanto más alto sea el número de valores de sigma dentro de las especificaciones del bien o servicio, mejor será el nivel de calidad (tabla II.1).

Tabla II.1: Niveles de sigma y su rendimiento.

Interpretación six sigmas de la calidad del bien o servicio		
Rangos de sigmas aceptables para el bien o servicio	Rendimiento (%)	DPMO*
1 σ	31	690000
2 σ	69.2	308000
3 σ	93.3	66800
4 σ	99.4	6210
5 σ	99.97	230
6 σ	99.99966	3.4

*DPMO, defectuoso por 1 millón de oportunidades

Tabla tomada del libro Six Sigmas Las Mejores Prácticas (2009), pág. 27

Debido a la competencia global, six sigmas tiene también un enfoque basado en el cliente, dándose cuenta de que los defectos, errores, equivocaciones son costosos y producen bajos ingresos y bajo margen de utilidades. Pocos defectos significan bajos costos y mejoran la satisfacción y la lealtad del cliente. Por tanto el costo más bajo y el valor más alto para el productor redundan en el más competitivo proveedor de bienes y servicios. Con esta metodología se puede comprender la ciencia del proceso en estudio, se pueden revelar las variables que afectan y no afectan de manera significativa el proceso. Una vez identificadas, pueden manipularse de manera controlada en pro de su mejoramiento. Cuando las variables que verdaderamente influyen en el proceso son conocidas con un alto nivel de confianza, es posible optimizar el proceso a través de las entradas que deben controlarse para mantener las salidas en un desempeño óptimo.

Ya que la filosofía six sigmas se esfuerza por producir un cambio significativo en el proceso o producto, uno de los mayores obstáculos a la calidad six sigmas son los asuntos de comportamiento y no los técnicos. Las reglas fundamentales para cualquier cambio significativo incluyen:

Individuos comprometidos en la planeación e implementación de las mejoras.

Tiempo suficiente a los empleados para cambiar.

Mejorías restringidas sólo a los cambios esenciales para extirpar la raíz de la causa identificada.

Respeto hacia las percepciones individuales, escuchando y respondiendo sus preocupaciones.

Participación asegurada del liderazgo en el programa.

Retroalimentación oportuna a los individuos afectados.

Esta metodología, al igual que la técnica de las 5S necesita del apoyo de la gerencia, así como de todos los empleados para que el desarrollo y la implementación del proyecto sean exitosos. Son los empleados los que viven y están en contacto con el proceso, en cambio la gerencia es la encargada de escuchar y moldear las ideas que puedan solucionar los problemas.

Six Sigmas, según Kumar, D. (2009), se puede dividir en dos fases:

II.7.2.1 Calidad en el diseño del Producto

Este proceso es también conocido como Diseño Six Sigmas, y se identifica con las siglas DMADV que significan:

Definir: consiste en definir las metas del proyecto y de los clientes.

Medir: consiste en medir y determinar las necesidades de los clientes y sus especificaciones.

Analizar: es estudiar las opciones del proceso para satisfacer las necesidades del cliente.

Diseñar: Diseñar el proceso detallado para alcanzar la satisfacción del cliente.

Verificar: Verificar el desempeño del diseño y la habilidad para mantener contento al cliente.

Este tipo de enfoque del método Six Sigma es viable cuando un producto o proceso no existe en un negocio y al menos uno debe desarrollarse, o cuando un producto o proceso no satisface el nivel de las necesidades del cliente. Este tipo de enfoque es bastante proactivo.

II.7.2.2 Programa del nivel de Calidad en la Producción, Ventas y Servicio del Producto

Las etapas de este proceso es definido con las siglas DMAMC en donde:

Definir

En esta etapa se definen las metas del proyecto y de los clientes, que son los factores más importantes así como las expectativas del proyecto, la programación y el alcance.

Principalmente, se deben definir los clientes que están relacionados con el producto o servicio que se está tratando, recordando que existen diferentes tipos de clientes (internos, externos, accionistas). Con ellos se deben establecer las Características Críticas (CCC), que son específicamente todas las características y atributos del producto o servicio que pueden lograr la satisfacción del cliente, y estas características deben ser traducidas en el lenguaje del cliente, es decir, en palabras claras que representen una medida para mejorar las fallas. Es un proceso que básicamente comprende tres etapas representadas por la identificación del cliente, la investigación de información acerca de todas sus necesidades y expectativas y finalmente su traducción a un lenguaje práctico y concreto. En la investigación de los datos es importante priorizar la información que para el proceso y para el cliente se considera de fundamental importancia.

Antes de comenzar la etapa de medición del proceso se debe representar clara y correctamente el proceso que actualmente se está realizando para poder visualizar

en cada procedimiento dónde se encuentran los cuellos de botellas, las áreas que representan mayor desperdicio para el proceso. Se debe buscar la manera de detectar todas aquellas actividades que generen una pérdida de tiempo y dinero para la compañía para poder mejorar el proceso.

Medir

Consiste en determinar el actual desempeño del proceso que se está estudiando. No se trata solamente en recolectar datos extrapolarlos a algunos valores extremos, sino también en determinar su desempeño medio y algún estimado de la dispersión o la variación. En esta etapa se determina el estado real del proceso en estudio. Se definen cuáles son las variables que entran en juego en las actividades (variables independientes) que finalmente afectan al desempeño de otra variable que se está evaluando (variable dependiente). Es importante definir los tipos de datos que se han recolectado, su distribución y organización en el estudio, etc. En el desarrollo de esta etapa se puede hacer uso de varias técnicas de medición entre la cuáles están el Diagrama de Causa-Efecto, el análisis de moda de falla y sus efectos (FMEA), el análisis FMECA), etc. Con estas técnicas se pueden identificar efectos inaceptables que impiden que un requisito sea exitoso para la empresa, se puede evaluar la seguridad de los componentes de un sistema y además es más fácil visualizar cuáles puede ser la acciones correctivas para modificar los efectos de una falla en el sistema.

Además de estas técnicas de medición, se deben utilizar técnicas de recolección de datos para poder recolectar la información más precisa y exacta posible para que el estudio esté más acercado de la realidad. Datos que verdaderamente no respondan a las necesidades del estudio pueden ocasionar que el estudio realizado no tenga mucha coherencia con los problemas que en realidad necesitan atención en un proceso. Una vez recolectado los datos y representados con histogramas, gráficos de barras o círculos, cuadros de control, etc., es importante obtener la distribución

probabilística que más se ajusta con el comportamiento de los datos para poder hacer estudios más profundos en caso de ser necesario. Finalmente se debe conocer el sigma que experimenta el proceso, para determinar si realmente es necesario aplicar el método de Six Sigmas.

Analizar

Consiste en estudiar el comportamiento de los datos y determinar la raíz de sus defectos, con la finalidad de encontrar oportunidades reales de mejorar el proceso. En este paso se puede utilizar herramientas estadísticas, para validar las raíces de los problemas. El objetivo en esta etapa es entender el proceso a un nivel suficiente que facilite la formulación de opciones de mejoría.

Mejorar

Consiste en la eliminación de los defectos, implementando las mejores ideas y soluciones. Es difícil que las soluciones implementadas generen el éxito inmediato del proceso, y por esto se necesita determinar las causas de las fallas. Estas pruebas son necesarias para encontrar una solución más acertada.

Controlar

Consiste en controlar el proceso implementado para el desempeño futuro. Es importante establecer los mecanismos de medida del desempeño del proceso para poder evaluar el rendimiento del proyecto implementado.

II.8 QUE ES RITE.NET?

RITE es una aplicación creada por Schlumberger que funciona como una base de datos a nivel mundial muy utilizada para administrar, monitorear el mantenimiento de los equipos de la compañía. El uso de RITE surge porque las personas que se encuentran en campo muchas veces tienen la necesidad de conocer el estado de los equipos de la empresa y, a nivel de gerencia, permite realizar estudios estadísticos

para conocer el comportamiento del mantenimiento durante un período específico y decidir cuál es la decisión más viable a la hora de invertir dinero en equipos nuevos. El uso de RITE es fundamental para cada empleado en la empresa porque de esta manera se asegura que el proceso realmente funcione.

La ventana principal de RITE.net se puede observar en la figura xx. Es necesario definir varios conceptos relacionados con RITE para conocer un poco como se utiliza el programa.

Herramientas y equipos (*Assets*): son los equipos de la empresa que están registrados en el RITE. Por norma de la compañía, todos los equipos de Schlumberger que utilice la empresa deben estar registrados con su número de serial. Pueden ser, por ejemplo, un vehículo, una herramienta, etc.

Grupos de herramientas (*tool assets*): es un grupo de *assets* que están registrados bajo una característica común, deben estar siempre juntas y recibir el mismo mantenimiento. Estos *assets* están etiquetados por un código de herramienta y están designados a una celda de búsqueda.

Reporte de servicio: son los reportes del servicio que los *assets* han desempeñado en cada trabajo. Se pueden encontrar datos como la temperatura del pozo, la presión a la que estuvo expuesto, el tiempo de uso y otro dato importante para el historial de uso de la herramienta.

Órdenes de Trabajo: es uno de los principales registros de esta aplicación. Las órdenes de trabajo son todos los servicios que se le pueden hacer a una herramienta como mantenimiento *FIT*, *TRIM* o *Q-CHECK*, alguna modificación, calibraciones o certificaciones.

Movimientos: son todos los movimientos que se le realizan a un *asset* y es muy útil para mantener una organización en el proceso.

Fallas: son los reportes de fallas que se le realizan a un *asset* por malas condiciones físicas o electrónicas que presente y le impida desempeñar su función normal.

Estado de Modificación: son las modificaciones necesarias que se reportan desde el Centro de Producción de Schlumberger para informarle al personal de mantenimiento que hay una modificación que puede mejorar el funcionamiento del *asset*.

Reportes: es una opción que tiene RITE que permite buscar todos los reportes que se necesiten de un *asset* ó *tool asset* mediante la aplicación de filtros y ofrece la opción de generar archivos *.pdf* de todos ellos.

Localización: es una opción que permite conocer el sitio específico en donde se encuentra el equipo de interés dentro de una locación.

En la figura II.33 se pueden diferenciar varias secciones importantes de la aplicación. En la parte superior se encuentra la barra de títulos, que es en donde la ventana presenta el nombre de la aplicación, la versión, etc. Inmediatamente por debajo La zona inferior se denomina Panel de Equipos, en donde aparecen todos los equipos relacionados a los datos de búsquedas definidos en el buscador de herramientas, que es la sección del medio en donde se definen los parámetros como códigos, seriales, mantenimientos, etc., que tienen que ver con el equipo de interés.

Esta aplicación es muy amigable con otras aplicaciones de Schlumberger como lo son el *QUEST* ó *FTL*. *QUEST* es una base de datos on-line en donde se registra información relacionada a reportes de seguridad, calidad y ambiente que tienen que ver con *Schlumberger*, como reportes de fallas que hayan generado un gasto para la empresa y/o el cliente, inconformidades del personal de la empresa por situaciones que merecen atención para ser mejoradas, llamados de atención que se necesitan saber para evitar accidentes catastróficos, en palabras resumidas, todo lo relacionado a calidad, salud, seguridad y ambiente (*QHSE*). La aplicación *FTL* (*Field Ticket Light*) es muy utilizada por los ingenieros de campo para crear el la factura por el servicio que se realiza en el pozo, es decir, se reportan todas las actividades que realizan en los trabajos, con su respectivo tiempo. En caso de que ocurra alguna

falla, bien sea ligera, mediana, seria, severa o catastrófica, debe ser reportada en FTL, y automáticamente el sistema te dirige al *RITE* y al *QUEST*.

RITE es utilizado todos los días y a cada hora por el personal de mantenimiento y de operaciones en la base Wireline de Las Morochas. Es necesario que cada uno de ellos sepa manejar bien este programa porque la gerencia a nivel de VTT, que es el mercado al cual pertenece Venezuela a nivel mundial, evalúa el desempeño del personal de mantenimiento de *Wireline* a través de todo lo reportado en *RITE*, y por eso es importante que todos los reportes se hagan de la manera correcta.

Los indicadores de rendimiento (*KPI*) para el área de mantenimiento del segmento Wireline son el índice de *Q-Check*, la cantidad de assets operacionales en la base, la cantidad de assets no operacionales porque se espera reparación o porque la pieza dañada no se tiene, por las modificaciones hechas y por el *Cross-Check*. Todos estos se consideran *KPI* (Indicadores Claves de Desempeño) porque, para la empresa, son la clave para lograr los objetivos. Es una manera de cuantificar los objetivos cumplidos y fallados. Todos estos parámetros pueden ser calculados mediante la utilización de *RITE*.

RITE - Windows Internet Explorer

Welcome Jorge Perez

Net v 6.1(PROD)

Org Node: VELM Segment Node: WL10 Active-All Sys Perf User Profile | Login As Another User

Quest | InTouch | Feedback | Help | The Hub

Your Role: Location User

Equipment Tool Sets Service Work Order History R. History

Creates Work Order ALS WO

ALS Movements Failures

M/T Status

Fishing Assign Tools to Jobs

Inventory Export

Reports

Reference Tables

Admin Tools

Favorites

Exit Rite

Status

Print Barcode

Failure Notification

Loadout Archive

Map

Work Order Movement

Barcode

Service Report

Default AU

Selection List

Equipment Code / Tool Set Search

Equipment Code

AU Desc

Cell

Cert Status

Service Status

Source

Serial No

Phys AU Desc

Color

Mod Status

Mvt Status

Part No

I-District Job ID

Include Junk-Pool

Scanned Barcode

1D

2D

Single

All(in ToolSet)

All(Barcode)

Search

Equipment

Tool Set

i-District Job

Advanced Search

Reset

Tool Sets

Tool Code

Phys AU Desc

Cell

Active

Count

Color

Tec Stat

Remarks

Page 0 of 0

<< First < Previous Next > Last >>

Equipment Code	Serial No	Tool Code	AU Desc	PAU Desc	Located	Cell	Color	Mvt Stat	Tech Stat	Cert Stat	Rep Stat	Serv Stat	Mod Stat	Remarks	Act Stat
2-232T	F208186	JUNK	VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP	JUNK	JUNK	S	O	O	O	O	O	SOLD ...	A
2-232T	F208233		VELM-WL10	VELM-WL10				L	S	O	O	O	O	SOLD ...	A
2-232T	F211377		VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	Sold ...	A
2-232T	F211386		VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	Sold ...	A
2-232T	F211449		VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	Sold ...	A
2-232T	F211498		VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	Sold ...	A
2-232THC	5104		CAN3-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	(EXPO...	A
7-32ASXS	6129		VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP			L	S	O	O	O	O	JUNK ...	A
7-46ZVXS	7099	JUNK	VELM-WL10	VELM-WL10	SHOP	JUNK	JUNK	I	O	O	O	O	O	Cable...	A
7-46ZVXS	F712008		VELM-WL10	VELM-WL10				L	S	O	O	O	O	Sold	A

Page 1 of 45

<< First < Previous 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ... Next > Last >>

2011 Schlumberger Limited. | Terms of Service

Fig. II.25: Aplicación RITE.net

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

III.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación desempeñada fue básicamente deductiva porque se partió de los efectos que han sido ocasionados por las deficiencias en el proceso de mantenimiento del segmento. Con la idea de mejorar estos resultados se propuso la realización de este trabajo de investigación que utilizó como técnica fundamental la observación de los procesos de trabajo y mantenimiento realizados en la empresa, para poder estudiarlos, analizarlos y comprender cuál es su importancia en las actividades. Existen muchas variantes que se deben comprender y manejar en estos procesos antes de emprender este tipo de estudio.

Para comenzar fueron revisados los estándares establecidos por el departamento de *QHSE (Quality, Health, Security and Enviroment)* de la empresa en donde se explican cada una de las partes, secciones y funciones que deben cumplir y tener los segmentos *Wireline* en todas las locaciones del mundo. De los 14 estándares vigentes se consideraron los relacionados con el mantenimiento y entrega de productos y servicios, que son el estándar *WL-QHSE-S08-RITE (Wireline Maintenance Standard)* y el *WL-QHSE-S01-SD (Product and Services Delivery Standard)*, así como otros relacionados para complementar el entendimiento del proceso. Estos manuales se pueden revisar en los anexos electrónicos 1 y 2 respectivamente. También se estudió con detalle el flujo del proceso establecido en toda la base (mantenimiento), que debe cumplirse para que desde la preparación del equipo hasta la entrega del producto o servicio al cliente, haya fluidez y eficiencia, y de esta manera se pueda obtener un proceso eficaz. El flujograma original de mantenimiento establecido para todas las locaciones *Wireline* se puede observar en

el anexo electrónico 3. Pero para poder representar mejor el proceso se creó un flujograma más didáctico (fig. III.1) para entender de manera práctica cómo se realiza el proceso de mantenimiento general en las operaciones de la empresa.

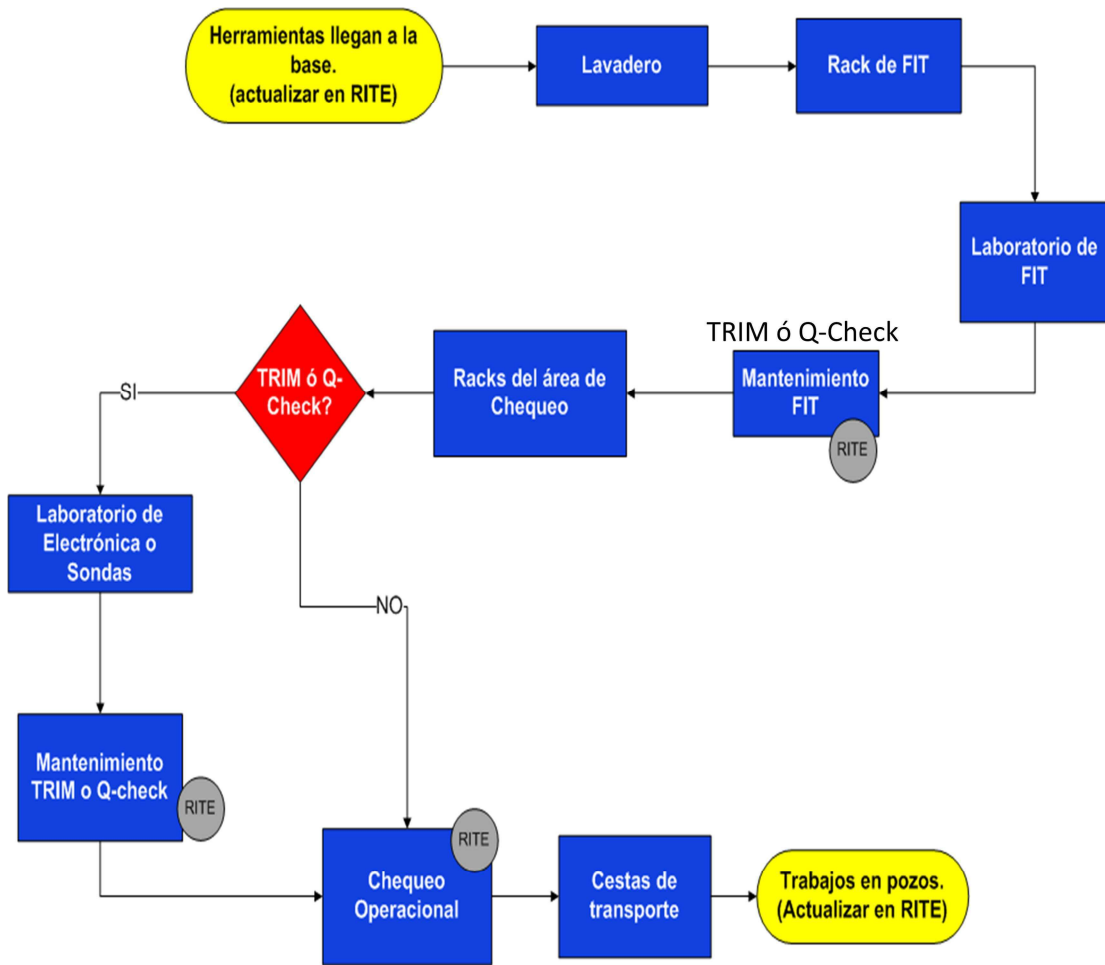


Fig. III.1: Proceso General de Mantenimiento en WL dentro de las operaciones

Primeramente se parte de la idea de que las herramientas se encuentran en un determinado pozo desempeñando un trabajo de registro. Al finalizar la operación, las herramientas son colocadas en una cesta de transporte especial y movilizadas a la base de operaciones Wireline. Al llegar a la base, deben ser ubicadas en el área de Lavado, donde las herramientas son desmontadas de las cestas y colocadas en el

rack del área para su lavado. La fig. III.2 representa gráficamente el área de lavado. Luego de ser lavadas, son transportadas con el montacargas al rack del laboratorio de FIT & Accesorios (fig. III.3). Luego, el equipo del laboratorio de FIT moviliza las herramientas al laboratorio para realizarle el mantenimiento FIT. Cuando ingresan herramientas de registro como sondas o cartuchos electrónicos, solamente se les hace mantenimiento FIT en este laboratorio, pero a las herramientas accesorias se les puede hacer adicionalmente TRIM ó Q-Check.

Para entrar un poco en detalle, en la fig. III.4 se puede observar la dirección del proceso de mantenimiento que sigue la herramienta dentro de este laboratorio (1, 2 y 3). En el capítulo IV se explicará este flujo con más detalle.

Luego de realizarle el mantenimiento FIT, las herramientas son transportadas a los racks que se encuentran en el área de chequeo (fig. III.5). Es posible que las herramientas necesiten un mantenimiento más profundo que el FIT (TRIM ó Q-Check), y si es así, esas herramientas deben ser transportadas a los laboratorios de Electrónica o Sondas (dependiendo del tipo de herramienta) para realizarle el mantenimiento respectivo. En caso de no necesitar mantenimiento adicional, las herramientas son chequeadas operacionalmente para garantizar su operabilidad y luego son colocadas en una nueva cesta de transporte para realizar otro trabajo de registro, y así el ciclo se repite continuamente.

Cada actividad de mantenimiento que se le realice a las herramientas debe ser registrada en la aplicación RITE y en QUEST en caso de cualquier eventualidad (falla, defecto, etc.), así como también la actualización de su ubicación en la base, ya que esta aplicación es utilizada para determinar el lugar en donde se encuentran las herramientas (en un taladro, en la base, en otra locación, etc.).

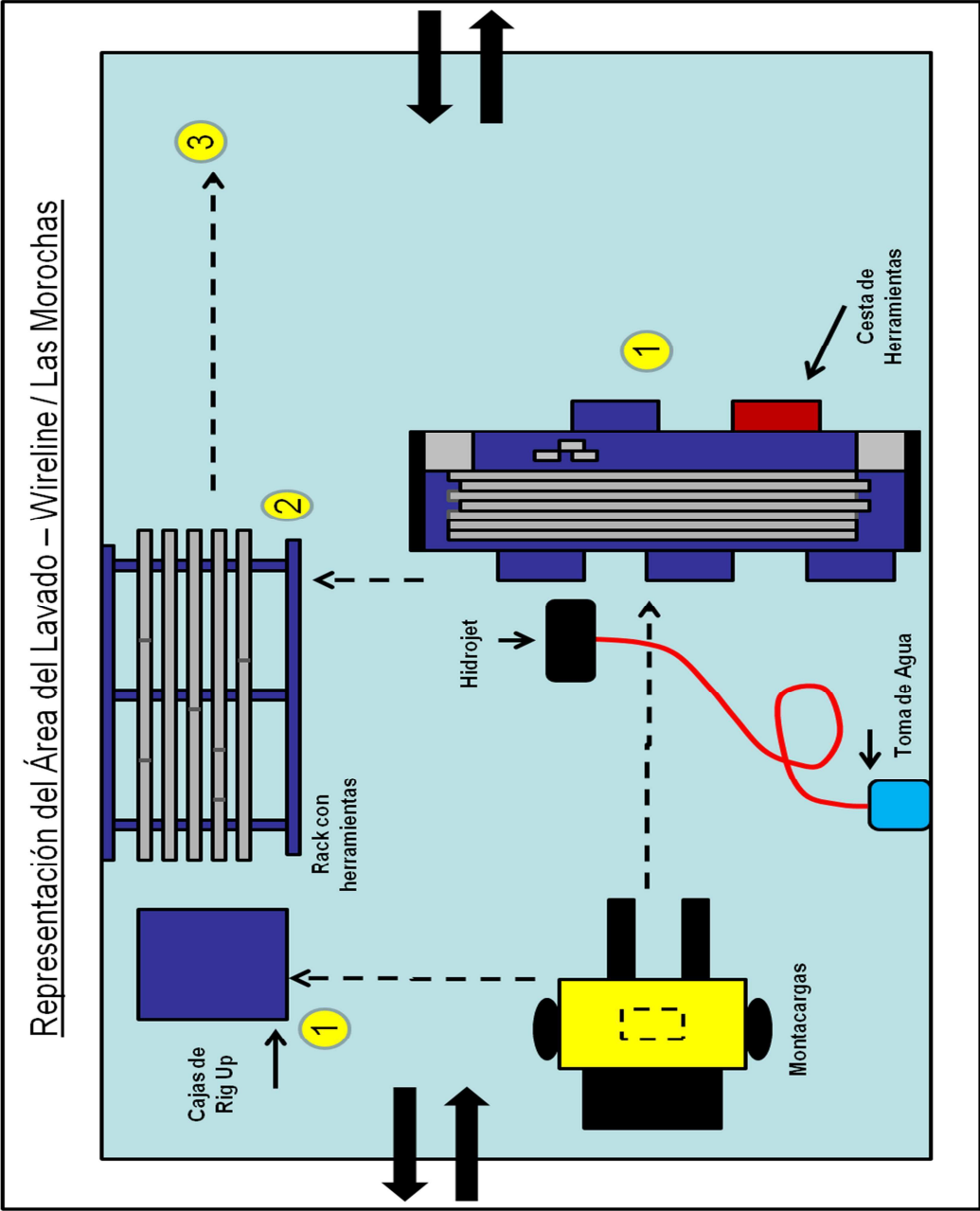


Fig. III.2: Área de Lavado

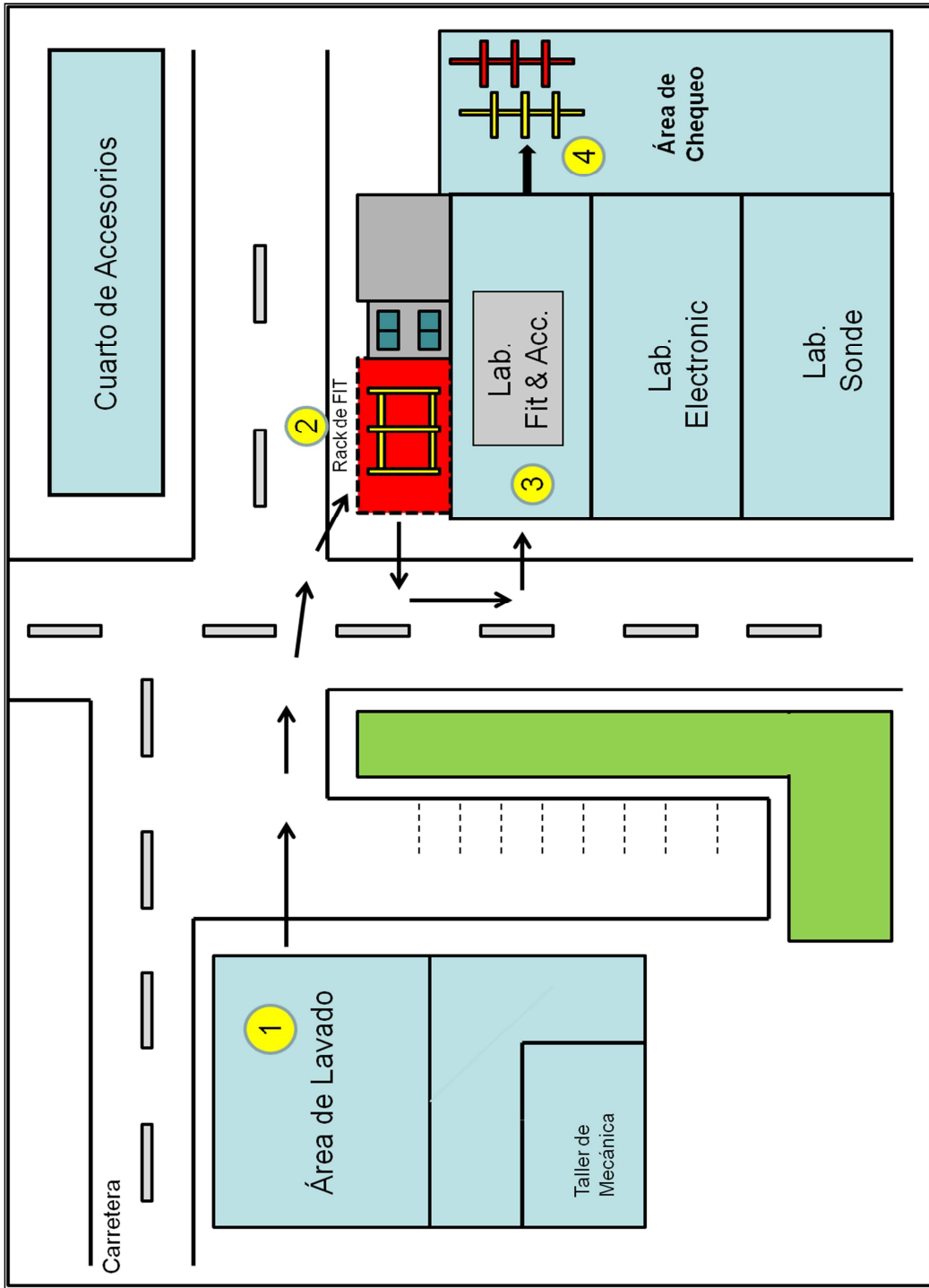


Fig. III.3: Transporte Lavadero – Rack de FIT- Laboratorio-Racks de chequeo

Representación del Laboratorio de FIT y Accesorio - VELM

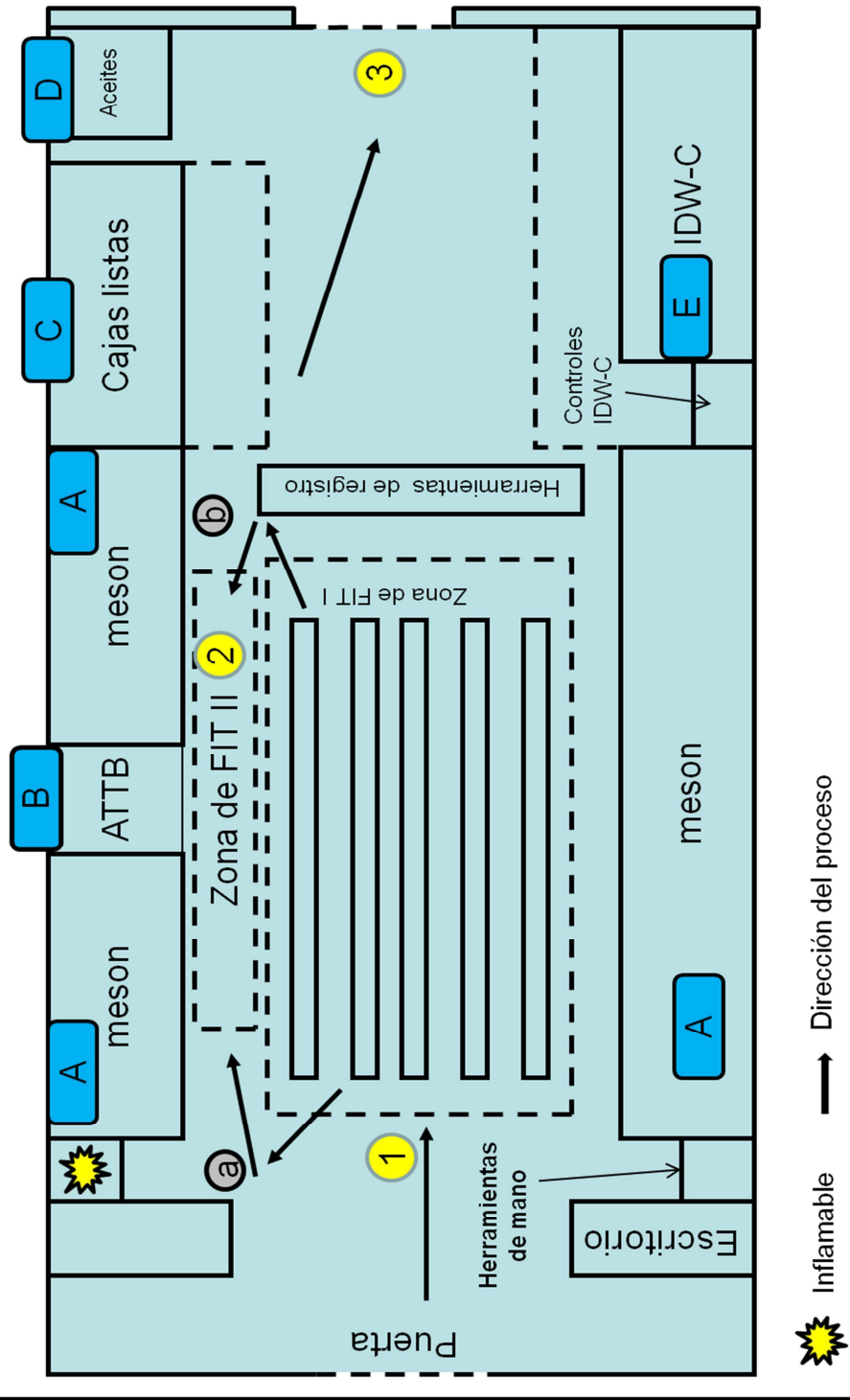


Fig. III.4: Laboratorio de FIT & Accesorios

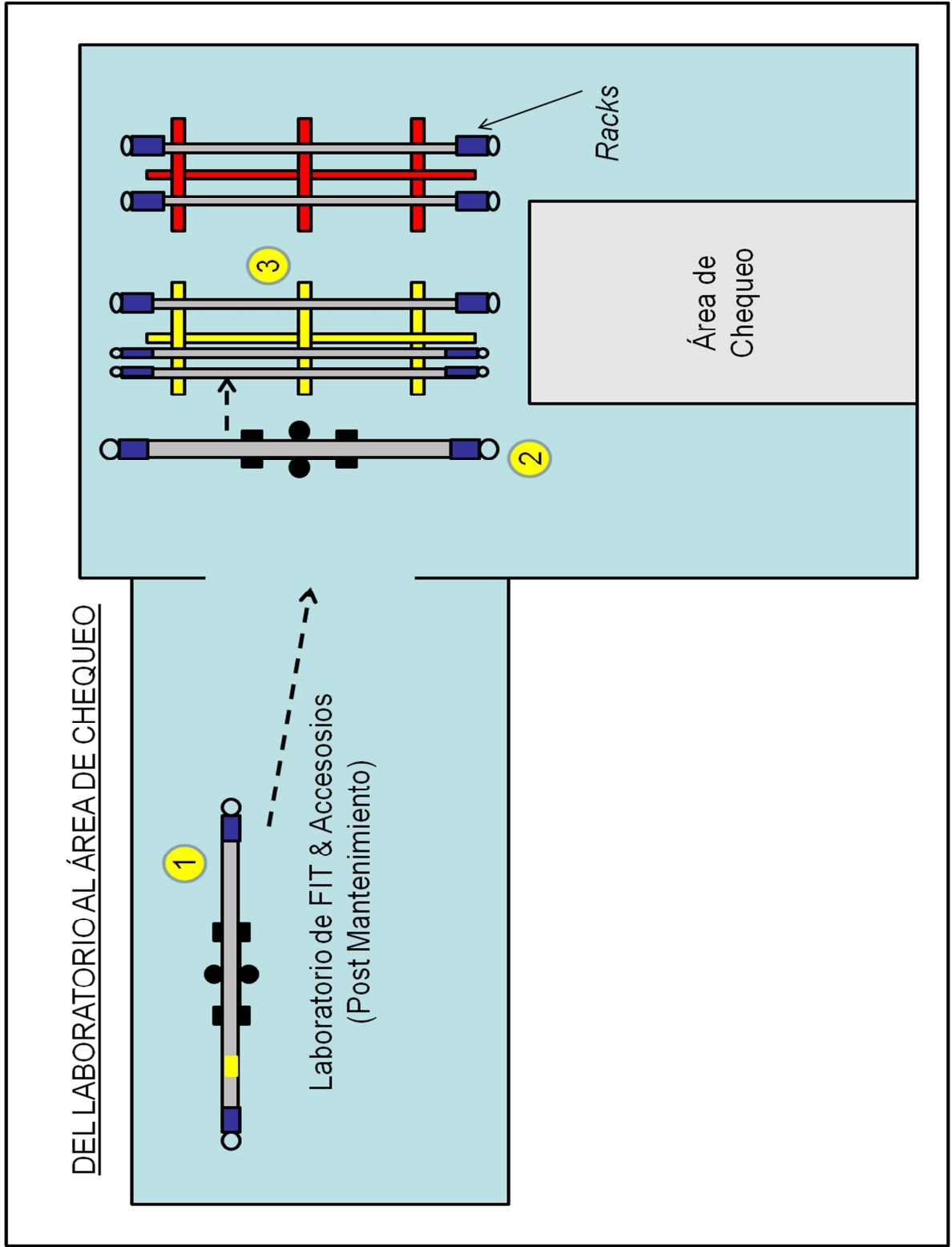


Fig. III.5: Racks en el área de Chequeo

Un estudio realizado anteriormente sobre control de calidad fue realizado en esta empresa relacionado específicamente con el establecimiento de un mecanismo de control del equipo de *Rig Up* . En este trabajo, realizado por la Br. Dou, J., se planteó distribuir este equipo en varias cajas, donde cada una debe contener la cantidad del equipo necesario para vestir el pozo. La idea generadora de ese trabajo fue el interés por mantener bajo control la ubicación de estos equipos en la base, así como también la documentación necesaria (certificaciones) para poder utilizarlos en las operaciones. Se propuso que estos equipos deben estar a cargo de una persona de la base y no se deben intercambiar entre diferentes cajas por personas que no sean los encargados. Se planteó que las certificaciones de cada equipo, junto con su caja, se deben realizar a la misma vez para que todo el equipo de vestir esté listo al mismo tiempo para usarse y no haya que esperar por la certificación de alguno para poder utilizarla. Este proyecto pudo implementarse en la base *Wireline* de Las Morochas y es el utilizado actualmente. Aunque se logró mejorar el control de este equipo, aún siguen ocurriendo fallas en el proceso.

En otros laboratorios de la base se ha aplicado la técnica de las 5S (en los laboratorios de Sonda y de Electrónica) para mantener en orden todos los materiales utilizados durante sus actividades de mantenimiento y así reducir tiempo importante que luego puede ser empleado en otras actividades. Todos estos trabajos e investigaciones anteriores son tomadas como soporte para el desarrollo de este proyecto que básicamente intenta alcanzar definir y estandarizar un proceso de mantenimiento del Laboratorio de *FIT y Accesorios* que especifique cada paso del proceso y los diferentes roles que deben intervenir en cada una de las actividades. La intención es optimizar el tiempo y dinero para la compañía.

III.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En este estudio se considera como población todos los departamentos de mantenimiento del segmento *Wireline* de *Schlumberger* como lo son el Laboratorio

de Electrónica, Sondas, el Taller de Presión, etc., y la muestra es representada principalmente por el laboratorio de *FIT* y *Accesorios*. También se considera en el estudio el área del lavadero y el de Rig Up, aunque realmente no son los objetivos primordiales de esta auditoría, pero el proceso de mantenimiento no sólo depende del laboratorio en cuestión, sino de otras áreas adyacentes cuyo desempeño repercute directamente en estas actividades.

Se consideraron varios factores en el estudio del proceso, entre ellos está el rendimiento, el entrenamiento del personal, los materiales utilizados en el mantenimiento, la supervisión de las actividades, el flujo del proceso, las responsabilidades y roles del personal involucrado, etc. Para el estudio del rendimiento y flujo del proceso del laboratorio se midieron veintisiete procesos de mantenimiento *FIT* en donde el número de herramientas manejadas son diez (preferencialmente herramientas de registros), ya que el proceso generalmente abarca un grupo de herramientas y no solo una. La eficiencia que en verdad se intenta estudiar es la de un proceso representativo del trabajo que diariamente se realiza en el taller, y éste no solo considera una herramienta, sino un grupo de herramientas. Se registró el tiempo con un cronómetro en todas las mediciones así como la supervisión, el número de personas involucradas, etc.

Seguidamente, para el estudio del entrenamiento adecuado del personal y los materiales utilizados, se tomaron como muestra los mantenimientos de las cabezas de registro, ya que son las principales protagonistas de las fallas en los pozos. Se tomaron 118 mantenimientos realizados desde el mes de Enero hasta el mes de Julio. Estos registros se obtuvieron de *RITE*.

III.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y PROCEDIMIENTOS

El esquema metodológico que se ejecutó para el desarrollo de este trabajo de investigación es el representado en la fig. III.6. Fue dividido en ocho pasos los cuales serán detallados durante el desarrollo del trabajo.

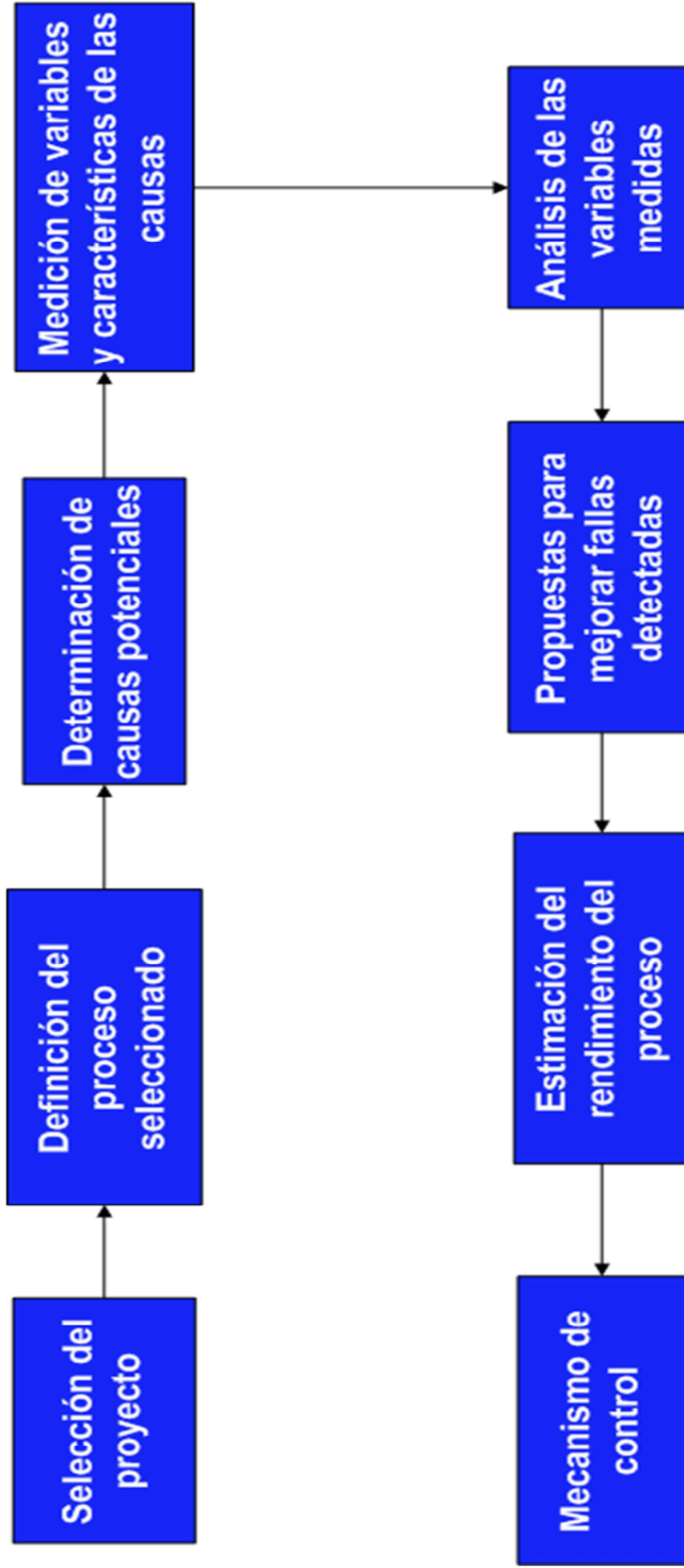


Fig. III.6: Etapas del marco metodológico

III.3.1 Selección del Proyecto

Para la selección del tema en cuestión se empleó la técnica *IPO* (*entradas-proceso-salidas*) para detectar cuáles son las fallas más comunes detectadas por los clientes y relacionadas con el área más problemática de la empresa, que en este caso ha sido el área de mantenimiento (fig. III.7).

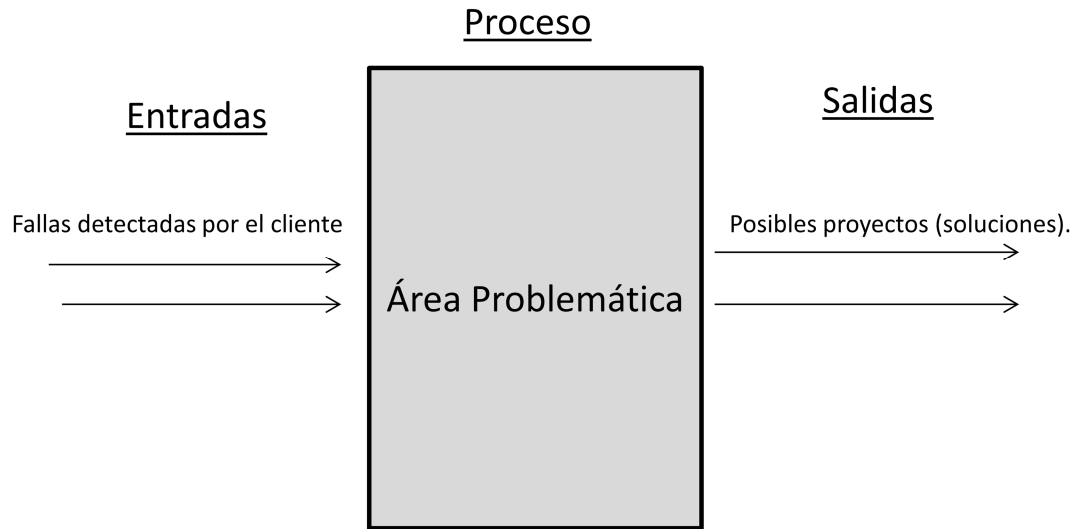


Fig. III.7: Técnica *IPO*

Las entradas del proceso son, básicamente, las fallas que se han detectado por los clientes, tanto internos como externos, y los que intervienen directamente en el proceso (mantenimiento), las cuáles fueron recolectadas a través de una lluvia de ideas realizada en la empresa. Una lluvia de ideas consiste en el planteamiento de ideas, en este caso, relacionadas a las deficiencias que ha sufrido la compañía en estos últimos meses por personas con experiencia en el área (técnicos e ingenieros de la empresa) con la finalidad de escoger un departamento del proyecto en donde puede estar enfocado el mejoramiento del proceso. De ese conjunto de ideas recogidas se seleccionaron las más representativas, basado en las condiciones actuales de la empresa (económicas y políticas) y pensando en operaciones sencillas y básicas que pueden estar generando altas deficiencias en el proceso de trabajo de

la empresa y en sus políticas de calidad. Solucionando las fallas más básicas en un proceso, es posible conseguir más fácil la solución de lo más complicado.

Dentro de las salidas más relacionadas lo buscado, se escogieron las que tienen que ver con los procesos básicos de mantenimiento, como lo es el mantenimiento *FIT*. El control de *Rig Up* se consideró en este trabajo como valor agregado para poder ubicar este departamento en un taller específico en donde el encargado de estos equipos pueda disponer de herramientas necesarias para el trabajo. Este proyecto se escogió porque sus actividades están presentes a cada momento en las operaciones de la base, y prácticamente todo lo que llega debe pasar por el área de lavado y por el laboratorio de *FIT* y Accesorios. Hay excepciones en el proceso, pero la gran mayoría de las herramientas y equipos debe cruzar este camino antes de realizar otro tipo de actividad.

III.3.2 Definición del Proceso seleccionado

Ya definido los puntos que se van a tocar en el proyecto se procedió con la identificación de los clientes tanto internos como externos del proceso, así como los proveedores y los recursos que se necesitan para que el proceso general de mantenimiento pueda funcionar correctamente. La identificación de los clientes va acompañado de la determinación de sus características críticas de calidad (*CCC*) las cuales se definieron siguiendo el esquema de la fig. III.8 que se divide en tres etapas básicas: La identificación de los clientes que intervienen en el proceso, su investigación (para determinar realmente cuáles son sus expectativas) y su traducción al lenguaje del proceso para representar las necesidades en el proceso, es decir, de qué manera se pueden visualizar en las actividades.



Fig. III.8: Procedimiento para definir las CCC.

Con las necesidades del cliente especificadas se procedió a definir el proceso ejecutado actualmente por el personal del Laboratorio de FIT y Accesorios a través de un diagrama de funciones cruzadas. Un diagrama de flujo de funciones cruzadas es utilizado generalmente en procesos que envuelven un número de roles que para un diagrama de flujo convencional puede ser muy engorroso representar. Es fundamental representar el proceso como en realidad es, no como el cliente quiere que sea, para poder reconocer en dónde se encuentran las fallas fundamentales (como proceso) y para poder calcular su rendimiento a largo plazo. Para esto, se utilizó una aplicación llamada *Microsoft Office Visio 2007* porque ofrece una manera más metódica y amigable con el usuario para realizar cualquier tipo de representaciones gráficas. Se empleó este tipo de flujograma porque las actividades son realizadas en equipo y es importante que cada miembro sepa cuál(es) es su responsabilidad(es) principal(es) para asegurar la dirección del proceso y cada miembro del equipo se dedique a desempeñar lo que realmente le corresponde. En los diagramas se emplean las figuras estandarizadas a nivel mundial para representar procesos. En las (fig. III.9, III.9a, III.9b) se puede observar el flujograma realizado. La figura III.9 es una representación general que sirve de guía para

entender las fig.III.9a y III.9b. (Para mejor visualización, las figuras se encuentran en el anexo electrónico 4)

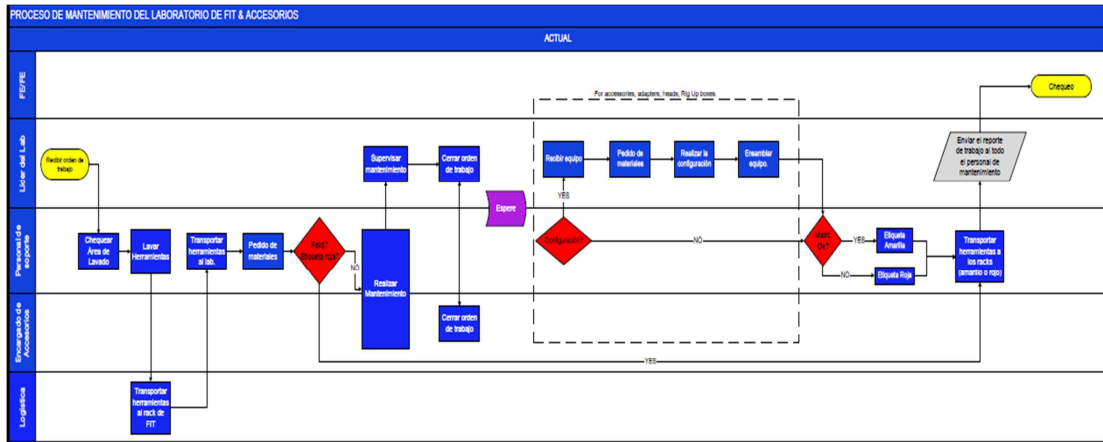


Fig. III.9. Esquema general del Lab. De FIT & Accesorios (actual).

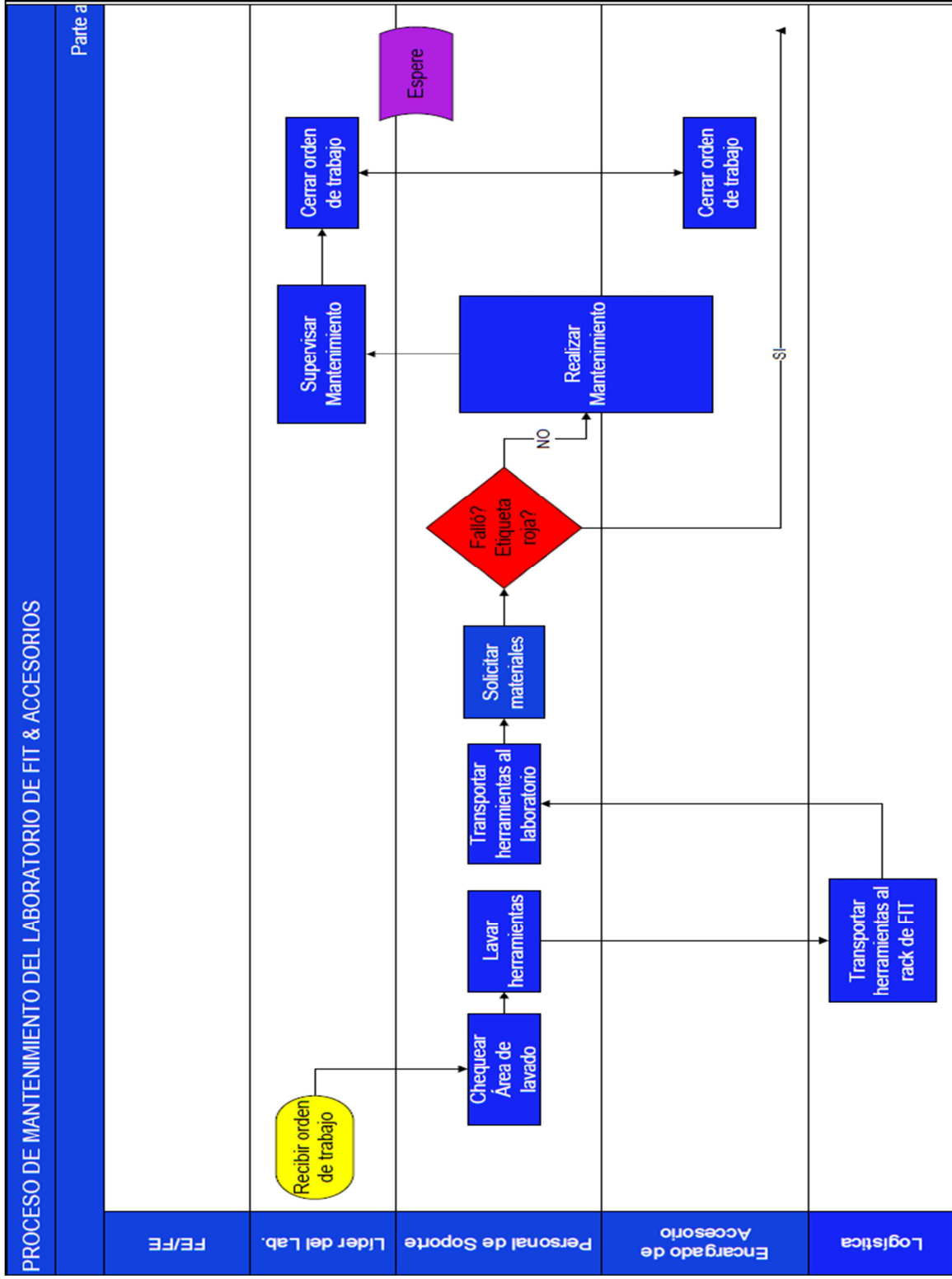


Fig.III.9a. Parte a del proceso actual de mantenimiento del laboratorio de FIT & Acc.

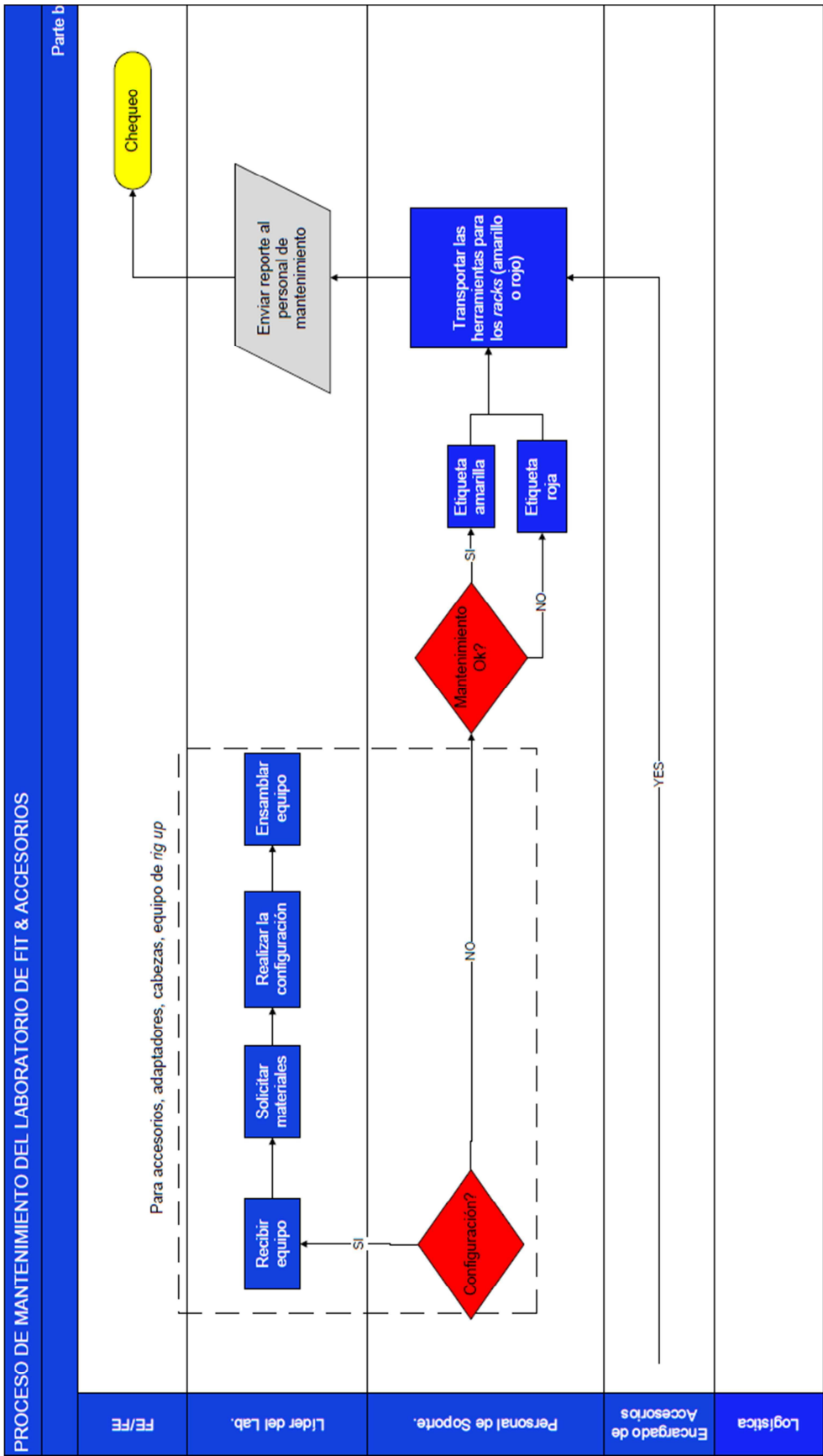


Fig.III.9b. Parte b del proceso actual de mantenimiento del laboratorio de FIT & Acc.

Su explicación a continuación:

El proceso de mantenimiento comienza cuando las cestas con herramientas y cajas de *Rig UP* (fig. III.10 y 11) son movilizadas al Lavadero de la empresa (fig. III.5).



Fig. III.10: Cajas de *Rig Up*.



Fig. III.11: Cesta de herramientas

El supervisor de Mantenimiento le informa al Líder de mantenimiento del Laboratorio de *FIT* y Accesorios sobre la situación para que esté atento con su equipo de trabajo. Una vez que las cajas y cestas llegan al lavadero, el personal del Laboratorio debe ir a encargarse del lavado de las herramientas y accesorios. Las cajas de *Rig Up* no son lavadas externamente, solo las cestas, las herramientas y accesorios. Para el lavado, las herramientas son eslingadas y colocadas en un *rack* mediante el uso de una grúa puente (fig. 12 y 13).



Fig. III.12: Rack en el lavadero.

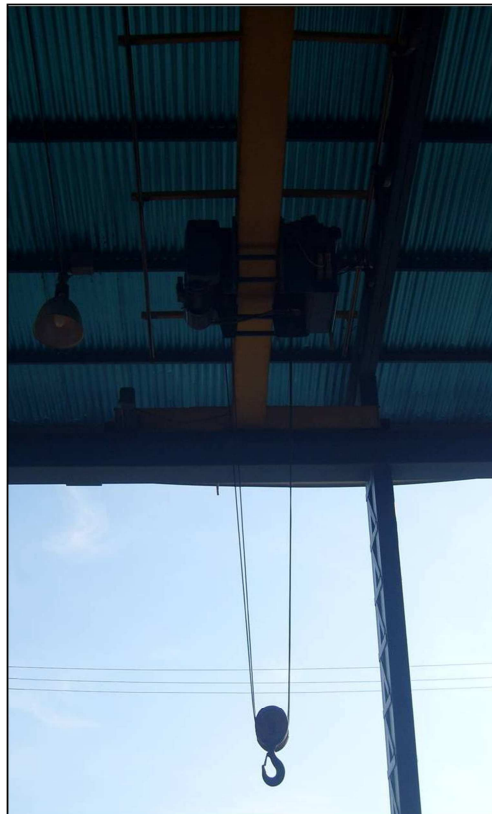


Fig. III.13: Grúa puente en el lavadero.

Luego que las herramientas y accesorios son lavados, son transportados con el montacargas hasta el *rack* del laboratorio de FIT (fig. III.13a y III.13b), y luego montados en los carritos de transporte (fig. III.14a) por los operadores y/o por el

personal del Laboratorio, con la grúa puente, son transportadas directamente hasta el laboratorio de *FIT* y Accesorios, una por una (fig. III.14b).



Fig. III.13a: Montacargas



Fig. III.13b: rack de *FIT*.



Fig. III.14a: Carro te transporte



Fig. III.14b: Lab de *FIT* y Accesorios

Una vez que las herramientas están dentro, el personal solicita los materiales que van a hacer falta para realizar el trabajo. Muchos de los accesorios son transportados en otro tipo de carros directamente para el cuarto de accesorios (fig. III.15 y 16) sin antes ser chequeados por el personal del laboratorio.



Fig. III.15: Carro para transportar accesorios.



Fig. III.16: Cuarto de Accesorios.

Al tener los implementos listos, se realiza el trabajo de mantenimiento, bien sea *FIT*, *TRIM* ó *Q-Check* y luego se transportan las herramientas a los *racks* que se encuentran en el área de chequeo. Si las herramientas llegan a la base sin reporte de falla o etiqueta roja, y pasan los chequeos sin problema, son etiquetadas con color amarillo y se colocan en el *Rack* amarillo (fig. III.17). Si llegan a la base con un reporte de falla o falla en las pruebas de inspección y chequeo eléctrico, se le debe informar el caso al supervisor de mantenimiento para que tome medidas al respecto y se reproduzca y/o repare la falla. Ésas últimas son ubicadas en el *rack* rojo (fig. III.18).



Fig. III.17: Rack amarillo



Fig. III.18: Rack rojo

En el proceso de mantenimiento, generalmente interviene personal en entrenamiento (pasantes, ingenieros en entrenamiento, operadores de equipo, etc.) porque el trabajo es muy movido y práctico. Una vez finalizado el trabajo en el laboratorio, el líder de mantenimiento y el encargado de los accesorios envían un reporte de trabajo al supervisor de mantenimiento y cierran las órdenes del mantenimiento desempeñado en *RITE*.

Después de haber definido el proceso en cuestión se procedió a desarrollar la etapa de medición. La medida es un procedimiento que suministra el enfoque más general a cualquier problema físico, es una referencia estándar usada en la comparación cuantitativa de las propiedades. Para un proceso o población la medida de un bien o servicio describe la dimensión, la superficie, la capacidad, el desempeño, la calidad y las características.

III.3.3 Determinación de Causas Potenciales

Considerando las fallas registradas en los meses respectivos (desde Enero hasta Julio 2012), se procedió a identificar los equipos que fueron protagonistas de esas fallas, el tipo de falla que se originó y su relación con el laboratorio, es decir, reconocer si realmente el responsable de las fallas es el Laboratorio de *FIT* y *Accesorios*. Para esto se realizó una revisión en una aplicación llamada *QUEST*, para recolectar todos los reportes de fallas realizadas en estos meses. Para filtrar esta información se

seleccionaron todos los reportes (fig. III.19) relacionados a la falta de conformidad del cliente y la empresa con un determinado servicio o proceso los cuales influyen fuertemente en la reputación, calidad y desempeño de la empresa en cada ejecución de sus actividades. Seguidamente se chequearon todos los reportes listados y se seleccionaron los relacionados directamente con el trabajo del Laboratorio de FIT.

The screenshot displays the QUEST HSE/SQ Events web application. The interface includes a navigation menu on the left, a header with the QUEST logo and 'Part of the QHSE PORTAL Suite', and a main content area with a table of incident reports. The table columns are Report #, Edit, View, Status, Description, Geo, Country, Location, Event Date, Category, HSE Severity, SO Severity, and RA (C/T) #. The reports list various incidents such as 'SMDX 8051 con Monopolo Partido', 'HRMS 850 sin tornillo', and 'PPC in yellow rack with oil leak'.

Report #	Edit	View	Status	Description	Geo	Country	Location	Event Date	Category	HSE Severity	SO Severity	RA (C/T) #
20121001182304	OPEN	VIEW	-	SMDX 8051 con Monopolo Partido	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Oct 01, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)
20120930025301	OPEN	VIEW	-	HRMS 850 sin tornillo	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 29, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)
20120930024833	OPEN	VIEW	-	Iman de unas de las puertas se encuentra flojo	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 29, 2012	Hazardous Sit.			(1/2)
20120928154859	OPEN	VIEW	-	Rosca de SUB de USIT en Malas Condiciones	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 21, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120927233544	OPEN	VIEW	-	Humedad demasiado alta en el laboratorio	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 27, 2012	Hazardous Sit.			(2/3)
20120927192802	OPEN	VIEW	-	Fabricacion de base para el limpia cable	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 27, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120927105402	OPEN	VIEW	-	Aire acondicionado malo	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 26, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)
20120926183700	OPEN	VIEW	-	Wire of manual crane of AIT need maintenance	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 25, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120926171723	CLOSED	VIEW	Acknowledged	PPC in yellow rack with oil leak	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 24, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)
20120926153731	OPEN	VIEW	-	DTC-H sin FIT1	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 25, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)
20120924163645	OPEN	VIEW	-	Telemetry problems while trying to power up tool	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 20, 2012	Near Accident			(0/1)
20120921160544	OPEN	VIEW	-	Cable fisicamente en TRINIDAD con Q-check vencido	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 21, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120921160055	OPEN	VIEW	-	Coordinar bajar los WDR y cables pendientes por Q-	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 21, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120921155623	OPEN	VIEW	-	Cables Pendientes Por Q-check	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 21, 2012	Hazardous Sit.			(0/1)
20120917132030	OPEN	VIEW	-	Instalar el Deshumificador al drename permanente	VTT	Venezuela	WL General Las Morochas	Sep 17, 2012	Hazardous Sit.			(1/1)

Fig. III.19: QUEST – Búsqueda de información relacionada a las fallas

Luego se creó una base de datos con todos estos registros, y en base a las fallas detectadas se hicieron estimaciones de tiempo que, en teoría, el personal de mantenimiento tuvo que haber invertido en el chequeo/reparación de la falla (en condiciones ideales), al igual que en materiales que se pudieron haber necesitado para el mantenimiento correctivo que se le debe hacer a las herramientas en cuestión (esto fue realizado para la justificación del problema). Con toda esta información, y con la registrada por la empresa por gastos operacionales relacionados al tiempo perdido del cliente y movilizaciones, se hicieron estimaciones de gastos para conocer un poco la magnitud de las fallas que se han ocasionado.

El proceso de mantenimiento general del laboratorio de *FIT* y Accesorios no está establecido realmente en el segmento en un documento escrito, es decir, aquí se realiza lo establecido por el departamento de mantenimiento del segmento según el proceso general de todas las bases Wireline, el cual se encuentra plasmado en el estándar n°8.

En el proceso de medición se manejaron variables cualitativas (por ejemplo, de tipo SI o NO) y variables cuantitativas de tipo continuas (tiempo) y discretas (número de fallas).

III.3.3.1 Diagrama Causa-Efecto

Una herramienta utilizada para medir los datos fue el diagrama Causa-Efecto. Este diagrama se asemeja al esqueleto de un pescado (fig. III.20) y es muy útil porque ayuda a los equipos de trabajo a establecer categorías entre las principales causas potenciales de los problemas o dificultades, de manera que pueden identificarse sus raíces de forma ordenada. El diagrama suministra un solo resultado: el tronco. Del tronco surgen ramas que representan las categorías principales de entradas o causas que crean un resultado principal. Las ramas grandes conducen a otras más pequeñas, indicativas de causas cada vez menores. Este análisis provee una respuesta cualitativa a una pregunta, no cuantitativa, y facilita de manera muy

concentrada una lista de todas las causas conocidas o sospechadas que afectan potencialmente a la variable dependiente.

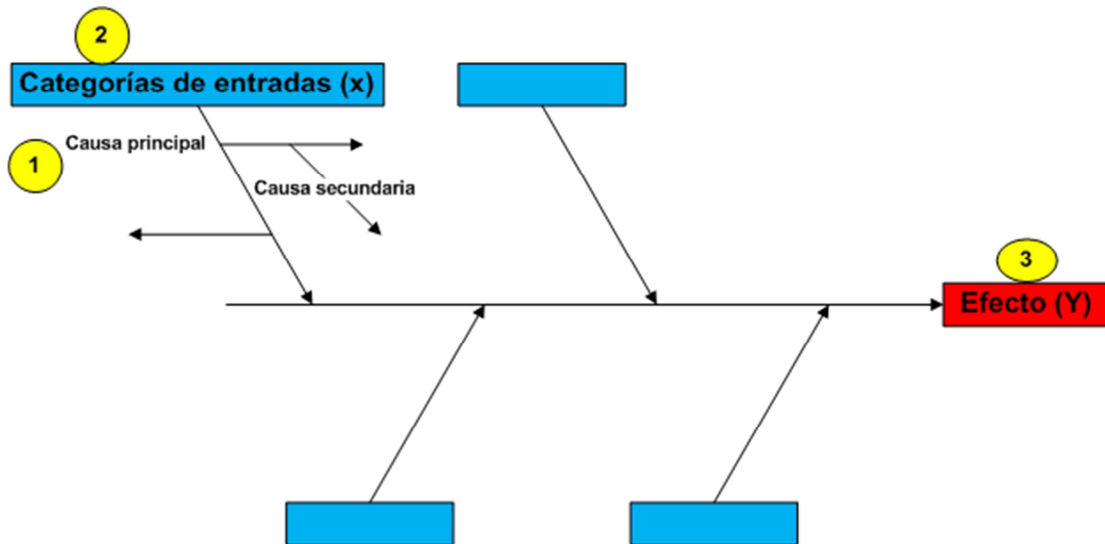


Fig. III.20: Diagrama Causa-Efecto.

La lectura de este diagrama puede hacerse de dos formas: desde la causa hasta el efecto o desde el efecto hasta la causa, ejemplo: la presencia o ausencia de la causa “x” (1) de la categoría de entrada 2, puede ocasionar que ocurra el efecto “Y” (3).

III.3.3.2 Análisis de la Moda de Falla y sus Efectos (FMEA)

Una vez identificada la relación inicial entre la variable dependiente y las independientes, el paso siguiente es clasificarlas o priorizarlas lo cual se realizó a través de un análisis de la moda de Falla y sus efectos (FMEA).

La metodología de FMEA es sistemática y consiste en identificar las posibles fallas que plantean un riesgo global importante para el producto o servicio. El riesgo del producto depende de:

- La categoría o moda de falla.
- La causa de la moda de falla
- El efecto de la falla es la consecuencia de una moda de falla particular.

Una vez identificado los elementos anteriores, el análisis cuantifica tres factores:

- La frecuencia con que cada causa de falla ocurre.
- La severidad del efecto de la falla.
- El chance de que la falla sea detectada antes de que afecte al cliente.

El impacto combinado de estos factores se llama Número de Prioridad de Riesgo (RPN). Para calcularlo se debe contar con una clasificación o patrón que ordene de manera decreciente o creciente el impacto, la probabilidad de ocurrencia su capacidad de detección. Esta clasificación se puede observar en el anexo 1, y el cálculo del RPN se obtiene multiplicando las tres variables como se muestra en la ecuación (III.1):

$$RPN = S * O * D \quad \text{(Ecuación III.1)}$$

Donde:

S = Severidad

O = Ocurrencia

D = Capacidad de Detección.

RPN = Número de prioridad de riesgo.

El RPN es usado generalmente en la industria automotriz. Las fallas con un alto RPN se supone que son más importantes y tienen una alta prioridad respecto a las que tienen bajo RPN.

La causa que arroje el mayor valor de *RPN* necesita mayor atención en el estudio. Este valor puede estar entre 1 y 1000. Mientras más alto sea, más alto será el riesgo de falla del bien o servicio.

III.3.4 Medición de Variables y Características de las causas

III.3.4.1 Representación de los Datos

Para la representación de los datos cuantitativos obtenidos, fueron distribuidos en clases para ser representados en un gráfico de barras y de esta manera, se pueden

visualizar un poco mejor. Las clases fueron calculadas de la siguiente manera (Ecuación III.2):

$$\text{Ancho de la Clase} = \frac{\text{Mayor Valor} - \text{Menor Valor}}{\text{n}^\circ \text{de clases}} \quad (\text{Ecuación III.2})$$

Donde:

Ancho de la clase = rango de cada clase.

Mayor valor = mayor valor medido.

Menor Valor = menor valor medido.

n° de clases = n° de clases en las que se quiere dividir los datos medidos.

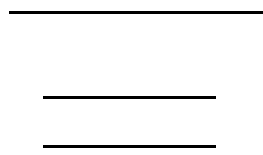
Con el gráfico de barras se pudo conocer aproximadamente que tipo de distribución probabilística que mejor modela el comportamiento del proceso. En este caso, fue utilizada la distribución Normal.

III.3.4.2 Distribución Normal

La más importante de todas las fórmulas de distribución para variables continuas es la distribución normal. Esta distribución está definida por dos parámetros: la media (μ) y la desviación estándar (σ). Se dice que una variable aleatoria X tiene una distribución normal cuando la media oscila entre más y menos infinito y la varianza es mayor que cero. Su función densidad en forma general está representada en la ecuación (III.3), mientras que la media y la desviación estándar están definidas en las ecuaciones (III.4) y (III.5):

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\right)e^{-\frac{1(x-\mu)^2}{2(\sigma)^2}} \quad \text{donde } -\infty < \mu < \infty$$

(Ecuación III.3)



(Ecuación III.4)

(Ecuación III.5)

Donde:

Su función densidad está representada por el siguiente gráfico (fig. III.22):

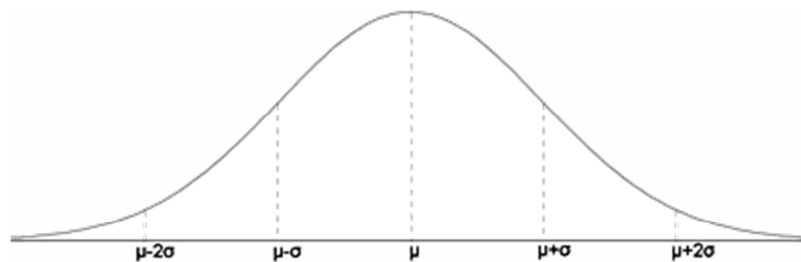


Fig. III.21.:Distribución Normal

En esta distribución el área total bajo la curva representa la probabilidad total y es igual a 1. La curva tiene forma de campana y es simétrica respecto a la media μ . El máximo valor de $f(x)$ ocurre en μ . Esta distribución se puede tipificar transformando μ a 0 y σ a 1 (fig.III. 22), con la intención de emplear las tablas de las probabilidades acumuladas realizadas para esta distribución (Anexos 2 y 3).

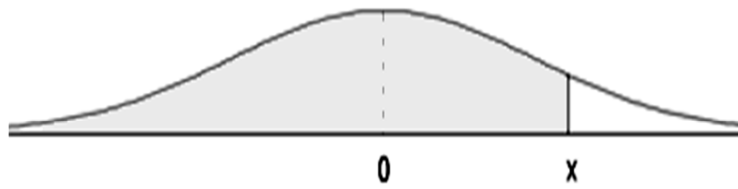


Fig. III.22: Distribución Normal Tipificada.

El parámetro que permite tipificar la distribución es Z . Esta variable mide el alejamiento de x de la media (μ) en unidades de desviación estándar, como se expresa en la ecuación (III.6):

————— (Ecuación III.6)

Donde:

Por ejemplo, se conoce que los servicios o productos que están fuera de las especificaciones del cliente (Límite inferior y límite superior; LSL y USL respectivamente), no son deseados en el proceso, y por ende, ya teniendo los límites establecidos y la muestra, se procede a calcular la probabilidad de que el servicio o producto esté dentro de los límites necesarios de la siguiente forma (fig. III.23):

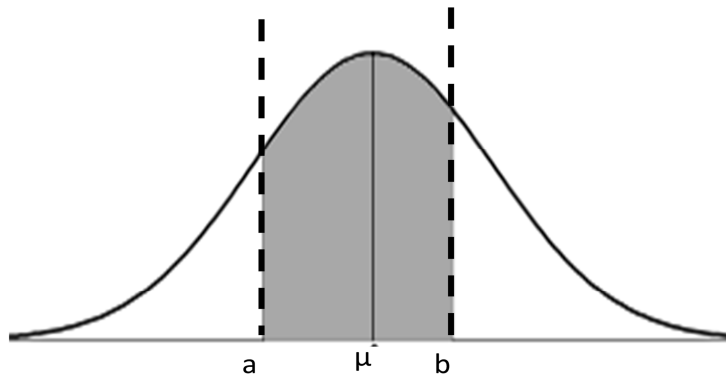


Fig. III.23: Ejemplo de una distribución normal.

1) Límite Superior: b ; Límite Inferior: a

2) Se calculan los valores de a y b tipificados:

3) Luego, se calculan las probabilidades haciendo uso de la tabla, sabiendo que estas probabilidades son acumuladas:

Nota: se recuerda que para el uso de las tablas de distribución normal tipificada, las unidades y las decimas de la variable Z obtenida se ubican en la columna izquierda, y las centésimas en la columna derecha, y en la celda donde converjan la columna y la fila se encuentra la probabilidad acumulada.

De esta manera se puede calcular el rendimiento de un proceso o servicio a corto plazo, es decir, la probabilidad de que logre cumplir con las especificaciones de sus clientes actualmente porque es una operación proveniente de una muestra y es muy poco probable que esta determine el comportamiento de la población en 2 años ó 3. Por esto es importante escoger la muestra más representativa posible de una población para que el cálculo esté más aproximado al rendimiento en el tiempo.

III.3.4.3 Cálculo de *Sigma* del proceso

Una vez la información de la muestra se ha recopilado, el paso siguiente es calcular el valor de sigma para identificar el nivel de calidad del proceso actual. Existen dos maneras de calcular el valor de sigma dependiendo de la variable que se esté midiendo.

Para variables discretas

El cálculo de sigma para variables discretas se traduce en dos pasos: el cálculo de la tasa de defecto y seguidamente determinar su valor de sigma. La tasa de defecto está referida a los errores por millón de oportunidades para un área de servicio. EPMO (Errores por Millón de Oportunidades) es una valoración usada para medir y comparar los desempeños de distintos procesos administrativos, de servicio o transaccionales. Esta variable cuantifica el número total de errores o equivocaciones producidas en un proceso por millones de iteraciones. El cálculo toma en cuenta las oportunidades que tiene el proceso de cometer algunos errores o equivocación (conocido como TOFE, total de oportunidades por errores). Si un proceso es simple, no debería presentar demasiadas oportunidades de cometer errores o equivocaciones. No obstante, si un proceso es complicado, pesado, difícil, o mal definido, puede presentar muchas oportunidades de error. La ecuación para desarrollar el cálculo es la siguiente (ecuación III.7, III.8 y III.9):

$$EPMO = \frac{epm}{TOFE} \quad (\text{Ecuación III.7})$$

Donde:

$$epm = \text{errores por millón} = epu * 1000000. \quad (\text{Ecuación III.8})$$

$epu = \text{errores por unidad.}$

$$epu = \frac{\text{procesos fallidos}}{\text{procesos realizados}} \quad (\text{Ecuación III.9})$$

$TOFE = \text{oportunidades de error en un proceso.}$

Este método de cálculo sigma toma en consideración la complejidad del proceso y la valoración se presta para comprender su desempeño. El TOFE es calculado con el diagrama de flujo del proceso definido actualmente, en donde se debe contabilizar cuantas oportunidades existen en el proceso para que ocurra al menos una falla. Una vez determinado el *EPMO*, se debe determinar la eficiencia y el sigma del proceso utilizando los anexos 4 y 5. Por las consideraciones de este procedimiento, se puede decir que el rendimiento y el número de sigma del proceso obtenido representan el comportamiento del proceso a largo plazo.

Para variables Continuas

Las tablas utilizadas para variables o procesos discretos también pueden ser utilizadas para el cálculo del número de sigma de las variables continuas. Este sigma, denominado como número de sigma del proceso a corto plazo, se calcula empleando el valor del rendimiento calculado con la distribución normal y las tablas 4 y 5 (en anexos). Se busca el porcentaje del rendimiento en la columna izquierda y se obtiene el número de sigma del proceso. Éste es considerado a corto plazo. Para determinar el rendimiento del sigma del proceso a largo plazo se deben convertir las

variables continuas a variables discretas, es decir, definiendo un flujo específico del proceso, determinando los parámetros de epm, epu, TOFE y utilizando las tablas.

III.3.4.4 Índices de potencial y capacidad del proceso

Estos parámetros son claves con relación a la capacidad técnica del proceso. Son muy poco usados pero pueden arrojar estimaciones importantes referidas a la capacidad potencial de un proceso. El índice de potencial del proceso es calculado de la siguiente manera (ecuación III.10):

$$C_p = \frac{\text{margen deducible}}{\text{margen real}} = \frac{(USL-LSL)}{6\sigma} \quad (\text{Ecuación III.10})$$

Donde:

USL = límite superior de especificaciones.

LSL = límite inferior de especificaciones.

Si el $C_p < 1$, el proceso es considerado potencialmente incapaz de satisfacer las especificaciones y requisitos.

Si el $C_p > 1$, el proceso tiene el potencial para satisfacer las especificaciones y requisitos.

El índice de capacidad del proceso (C_{pk}) mide la habilidad que tiene el proceso de crear productos dentro de los límites a las especificaciones. Está relacionado con lo cerca que funciona un proceso dentro de los límites establecidos, conservando sus variaciones naturales (ecuación III.11).

$$C_{pk} = \left[\text{Valor más pequeño de } \frac{\bar{x}-LSL}{3\sigma} \text{ ó } \frac{USL-\bar{x}}{3\sigma} \right] \quad (\text{Ecuación III.11})$$

Si el $C_p k < 1$, el proceso es incapaz de producir el producto o servicio dentro de las especificaciones.

Si el $C_p k \geq 1$, el proceso es capaz de producir el producto o servicio dentro de las especificaciones.

El valor de $C_p k$ sería más alto sólo si el productor satisface sus objetivos de manera consistente con una variación mínima.

III.3.5 Análisis de las Variables Medidas y Propuestas para Mejorar Deficiencias

Luego de haber analizado las fallas, se definió un proceso estándar de los procedimientos que deben estar incluidos dentro del proceso de mantenimiento del Laboratorio con la finalidad de crear un soporte para el personal para su orientación durante el proceso y reducir las desviaciones del mantenimiento. Acompañado de esto, se creó también una carta *RASCI* (Anexo electrónico que consiste en una matriz que contiene las funciones a desempeñar y para cada una de ellas se asignan diferentes personas con diferentes responsabilidades, según el cargo que ocupen, siguiendo los siguientes roles: Responsable, Supervisor, Ayudante, Consultor e Informado. Esta matriz sirve para complementar aún más lo que se encuentra representado en el diagrama de funciones cruzadas, ya que en este último sólo se representan los responsables de las diferentes acciones.

Luego se procedió a identificar el equipo más representativo de estas fallas y sus posibles causas. En este caso fueron las cabezas de registro *LEH (Logging Equipment Head)*. Una vez identificadas se hizo una revisión detallada de los manuales de mantenimiento relacionados a este equipo para estudiar los procedimientos de mantenimiento correcto que se debe seguir según lo estandarizado por *Schlumberger*, gracias a estudios realizados y aportes de expertos en el área. Estos manuales se pueden obtener de la base de datos llamada *InTouch* de la empresa, en donde se publica toda la información requerida para trabajar con los equipos

creados y utilizados. El acceso a esta información es restringido, solo pueden acceder empleados de la empresa.

Luego se pudo comparar entre el procedimiento estándar y el procedimiento practicado por el personal de mantenimiento para establecer diferencias. Una vez reconocidas las fallas más importantes, se plantearon soluciones que pueden mejorar el desempeño del personal de mantenimiento.

Se revisaron los estándares de la empresa, específicamente del segmento Wireline para conocer cuáles son los puntos claves que se deben cumplir en todas las operaciones. Cualquier cambio o decisión que se plantee en este proyecto debe estar acorde a estos estándares y al código de ética de la empresa.

Para la creación de un plan de requisición de material más efectivo, en este caso para el equipo que presentó más falla, se utilizó la aplicación *RITE* (fig. III.25) para conocer aproximadamente cuantos y qué tipo de mantenimientos se han realizado en lo que va de año desde Enero hasta el mes de Julio de esta herramienta. Con esta idea, se obtuvo un promedio de mantenimiento *FIT*, *TRIM* y *Q-CHECK* por mes para estimar aproximadamente la cantidad que se necesita para poder cubrir todos los mantenimientos. Luego de esto, se procedió a buscar en los manuales para identificar cuáles son las partes de este equipo que generalmente se deben reemplazar en cada mantenimiento, y de esta forma se estableció el número de materiales por mes.

The screenshot shows the RITE software interface in a Windows Internet Explorer browser. The top navigation bar includes the RITE logo, version 'Net v 6.1(PROD)', and the Schlumberger logo. Below this, the user's name 'Jorge Perez' and role 'Location User' are displayed, along with organizational details like 'Org Node: VELM' and 'Segment Node: WL10'. A series of icons provides quick access to various functions such as Equipment, Tool Sets, Service R. History, Work Order History, Create ALS WO, Movements, Failures, MR/TA Status, Fishing, Assign Tools to Jobs, Import/Export, Reports, Reference Tables, Admin Tools, Favorites, Exit Rite, and Status.

The main interface is divided into several sections:

- Equipment Code / Tool Set Search:** A form with multiple input fields for searching equipment. Fields include Equipment Code (LEH-QT), Serial No (2768), Tool Code, AU Desc, Phys AU Desc, Located, Cell, Color, Tech Status, Cert Status, Mod Status, Repair Status, Service Status, Mvt Status, Activity Status, Source, Part No, and I-District Job ID. There are also options for scanning barcodes (1D, 2D, Single, All(in ToolSet), All(Barcode)) and a checkbox for 'Include Junk-Pool'.
- Selection List:** A panel on the right with icons for Service Report, Work Order, Movement, Barcode, Print Barcode, Default AU, Map, Loadout Archive, and Failure Notification.
- Tool Sets Table:** A table with columns: Tool Code, Phys AU Desc, Cell, Color, Active, Count, Tec Stat, Remarks.
- Main Equipment Table:** A large table with columns: Equipment Code, Serial No, Tool Code, AU Desc, PAU Desc, Located, Cell, Color, Mvt Stat, Tech Stat, Cert Stat, Rep Stat, Serv Stat, Mod Stat, Remarks, Act Stat. The table contains 14 rows of equipment data.

At the bottom, there are navigation controls for the table, including 'Page 0 of 0', 'Criteria', 'Export', 'Import', 'Remove', 'Reset', and 'Tools->Eqp'. The footer indicates '2011 Schlumberger Limited. | Terms of Service' and the page number '2225'.

Fig. III.24: RITE – Búsqueda del mantenimiento de las cabezas de registro.

Como valor agregado, otras actividades se abarcaron en el proyecto como por ejemplo el control de los equipos accesorios *CMTD* e *IDW*. Se crearon programas prácticos para cargar calibraciones y mantenimientos importantes de estos equipos para que su manejo en las actividades de operaciones sea más rápido y efectivo que la utilización de la aplicación *RITE*. La intención es incorporar estos programas en el

servidor de la compañía, en donde todo el personal tiene acceso, para que se visualice directamente cuales dispositivos se encuentran en base y fuera de ella.

Conociendo que los puntos débiles aún no tienen un sistema de control establecido según el tiempo de uso, la cantidad de viajes realizados y la sobretensión que puede sufrir durante un trabajo. Se estableció un sistema de control bien sencillo a través de *RITE* y una hoja de cálculo en *Microsoft Excel*.

Además de todo esto, se aplicó la técnica de las *5S* en el Laboratorio de *FIT* y en el Cuarto de Accesorios. La utilización de esta técnica es muy importante para la estandarización de procesos pequeños dentro del proceso de mantenimiento del Laboratorio. Su implementación permite cambiarle completamente la visión al lugar de trabajo, haciéndolo más placentero, organizado y más amigable con el personal de mantenimiento. Esto es sólo una muestra del trabajo. En el capítulo IV se mostrarán más evidencias del proceso.

III.3.6 Estimación del tiempo del Proceso Modificado

Para la estimación del rendimiento del proceso con el nuevo proceso planteado, se consideran: el tiempo promedio actual de mantenimiento medido, el tiempo perdido en la búsqueda de materiales durante el mantenimiento y la incorporación de los equipos necesarios para que las condiciones del proceso sea mejor o suficiente para la eficiencia y la eficacia del servicio se fortalezca.

III.3.7 Control

Para el control de las variaciones del proceso se plantea reforzar el uso de las herramientas empleadas por la empresa (*RITE* y *QUEST*), ya que provee información valiosa acerca de las características específicas del mantenimiento que se le realiza a todos los equipos, lo que permite el desarrollo de estudios del rendimiento del proceso.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

IV.1 SELECCIÓN DEL PROYECTO

Para determinar en cual área del departamento de mantenimiento era mejor desarrollar un proyecto de mejora para el proceso general de la empresa, se realizaron varias reuniones con los empleados, tanto de mantenimiento como del área de campo, y se realizaron revisiones de la base de datos (*Quest*) en donde se mantiene un seguimiento de la calidad de los procesos de la empresa. Se recolectaron las críticas más representativas tomando en cuenta que la principal necesidad de la compañía en este momento es erradicar las fallas más básicas generadoras de consecuencias y fallas aún mayores, claro que en el área de mantenimiento porque se conoce que el desempeño de los equipos no han sido muy buenos en estos últimos meses. Las ideas más concretas y objetivas fueron seleccionadas y procesadas mediante el uso de la técnica *IPO (Entradas-Procesos-Salidas)*. Los resultados de las discusiones se pueden observar en la fig. IV.1. Las principales entradas fueron críticas referentes a las fallas presentes en los equipos básicos de registros que han ocurrido en las operaciones de campo y a fallas presentes en el proceso básico de mantenimiento y operaciones de la base *Wireline*.

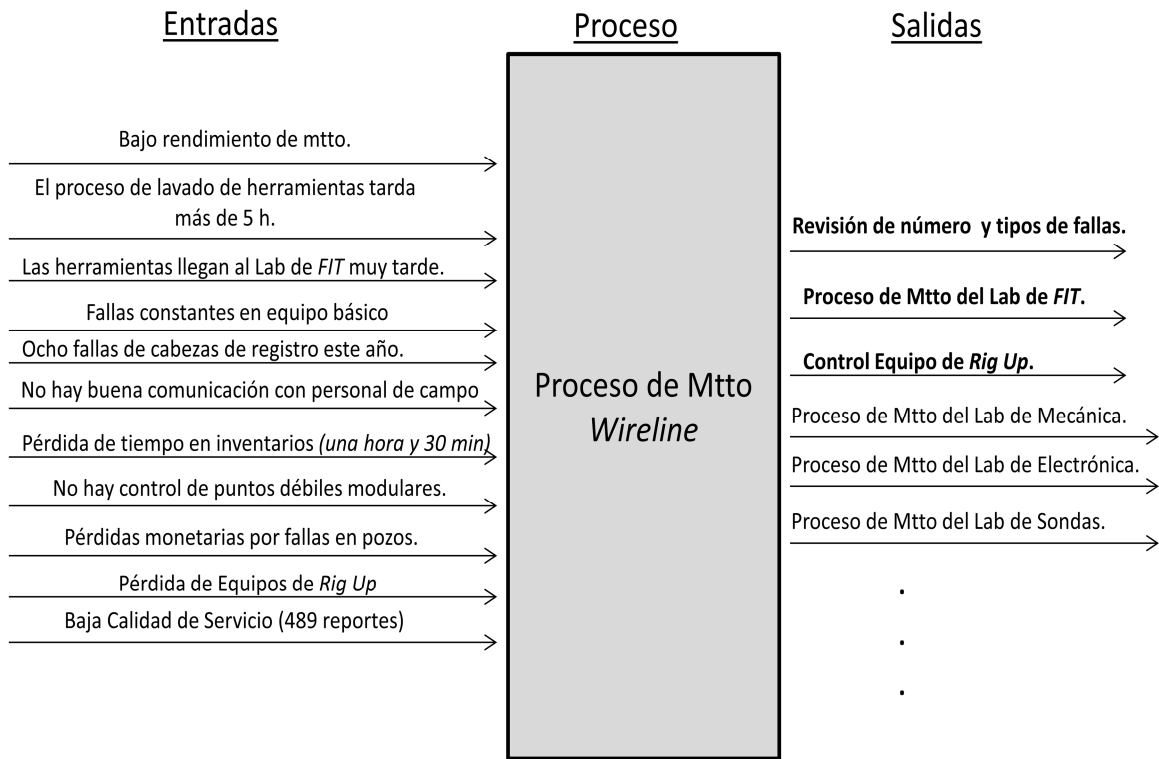


Fig. IV.1: Selección del proyecto (IPO).

La mayoría de las entradas del proceso está relacionada con las actividades realizadas en el laboratorio de *FIT & Accesorios* y el área del lavadero. Ya con la idea de que las actividades que se realizan allí son bastante básicas y que los equipos que han fallado repetitivamente en los pozos han sido equipos que se trabajan en este lugar, se procedió a desarrollar un plan de mejora con la intención de aumentar su rendimiento y, a la vez, hacer del proceso general un proceso más eficiente y eficaz que ayude a brindarle al cliente final un servicio de mejor calidad.

IV.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO SELECCIONADO

IV.2.1 Identificación de los Clientes y las Características Críticas de la Calidad (CCC)

Para comenzar con la primera etapa del estudio del proceso del mantenimiento de *FIT* se deben definir cuáles son los clientes, proveedores y los recursos que interactúan en el proceso. Como ya se explicó anteriormente, es importante determinar estos parámetros para poder establecer las características y atributos que debe cumplir el servicio de mantenimiento que se realiza en el laboratorio para poder satisfacer las necesidades del cliente.

- El personal de mantenimiento del Laboratorio de Sonda es un cliente interno porque ellos reciben las herramientas de registro (las sondas) que pasan por el laboratorio de *FIT & Accesorios* y que necesitan *Q-Check*. Este mantenimiento es bastante proactivo y preventivo y se realiza cada determinado tiempo. De no ser así, las herramientas aumentan las probabilidades de fallar debido al exceso del uso recomendado. Cada vez que llegan herramientas a la base, el personal de este laboratorio debe revisar los *racks* y hacer inventarios de las herramientas que salen del laboratorio de *FIT* para determinar si alguna necesita *Q-Check*.
- El Personal del Laboratorio de Electrónica es también un cliente interno porque, al igual que el personal del laboratorio de Sondas, está a la expectativa de recibir herramientas de registro para hacerle mantenimiento a la parte electrónica, en caso de que lo requiera. Como ya se explicó, en este laboratorio no sólo se realiza *Q-Check* a la parte electrónica, sino también *TRIM*, lo que produce que la actividad de inventario e inspección de los *racks* amarillo y rojo, en donde se colocan las herramientas que salen de *FIT*, sea constante.
- Los ingenieros de Campo o Personal de Operaciones son los principales clientes internos del laboratorio de *FIT* porque son los que esperan que las herramientas que pasan por el laboratorio tengan su mantenimiento *FIT* completo: *FIT I* y *FIT II*, y el mismo caso con los accesorios pero con los mantenimientos: *FIT* y *TRIM*, para que sean chequeadas operacionalmente en la base, y seguidamente preparadas para ser llevadas al próximo pozo. Ellos determinan si los *o-rings* respectivos están puestos y lubricados correctamente, si la herramienta tiene el nivel de aceite respectivo, si los

brazos de los calipers abren y cierran correctamente, etc. También son los encargados de chequear y calibrar los *CMTD* e *IDW* (la calibración de los *IDW* no la hacen los ingenieros de campo), si las lecturas arrojadas son correctas, etc. Las opiniones de gran peso son emitidas por este cliente ya que un mal desempeño del mantenimiento realizado en *FIT* puede ocasionarle problemas al trabajo desempeñado por ellos.

- El Supervisor de Mantenimiento: es un cliente interno porque siempre está atento del rendimiento que presenta el laboratorio según los objetivos establecidos a nivel de mantenimiento de la empresa. Ésta persona mantiene un seguimiento del número y porcentaje de *Q-Check*, herramientas o accesorios no operativas y operativas de la base que son responsabilidad del Laboratorio de *FIT* & Accesorios. Es importante cumplir con estos objetivos.
- El Gerente de Mantenimiento a nivel de Venezuela y Trinidad y Tobago: es cliente porque es quien vela por el cumplimiento de todos los objetivos que él mismo establece cada cierto tiempo. La satisfacción de las expectativas de este cliente es fundamental para la buena evaluación del laboratorio.
- Igualmente el Gerente de Servicios de Campo y el Gerente de Operaciones porque son los encargados de la parte directiva y administrativa de la empresa, y son quienes mantienen el control de las órdenes de compra, de gastos y ventas de cada cosa relacionada con la empresa.

Entre los clientes externos se encuentra la empresa estatal o principal, quien es la empresa a la cual se le ofrece el servicio final, que consiste en la corrida de registro en un determinado pozo que se haya establecido.

Estos son los principales clientes que se encuentran a la salida del proceso de mantenimiento del laboratorio y realmente son los que califican el trabajo que se ha desempeñado.

Las necesidades y la satisfacción de los clientes anteriores se traducen en determinados puntos que son importantes para mantener un proceso de trabajo eficiente y eficaz:

- a) Es necesario que cada herramienta de registro (sonda y electrónica), así como herramientas accesorias, tengan un buen mantenimiento *FIT* ejecutado al salir del laboratorio de *FIT*. En este caso nos referimos a un buen nivel de aceite, a los *o-rings* de las conexiones puestos, a la colocación de las tapas protectoras y aros que se encuentran en las conexiones y a la lubricación y limpieza de todos los puntos que sufren mayor desgaste. La meta es obtener cero defectos de funcionamiento debido a estos aspectos.
- b) Es necesario que cada dispositivo o herramienta accesorio como los *CMTD*, *IDW*, cabezas de registro, adaptadores, etc., tengan un buen mantenimiento *FIT* y *TRIM* para que el desempeño operacional sea el mejor. Es decir, no haya defectos en su funcionamiento.
- c) La realización de un mantenimiento *FIT* general debe ser eficiente y eficaz, es decir, rápido, dinámico y completo, para que las herramientas puedan salir lo más pronto posible a los *racks* de chequeo para ser preparadas para el próximo trabajo. Se espera que este proceso tarde menos de 5 horas de trabajo (tiempo en base a 10 herramientas trabajadas calculadas por expertos en el área en condiciones ideales).
- d) La señalización de la ubicación de los dispositivos como los *CMTD* e *IDW* ya que los mismos son almacenados ahí para mayor seguridad, y así el personal de operaciones puede conseguir el dispositivo que necesita calibrar y usar de manera más rápida.
- e) Establecer un control del tiempo de uso que tiene cada punto débil de las cabezas de registro luego de su primer día de trabajo, el control de la cantidad de bajadas y el control de la máxima tensión que ha experimentado.
- f) Buena comunicación entre el cliente y el personal del laboratorio para que el entendimiento sea más claro y preciso durante las actividades.

- g) Es necesario que los accesorios que se encuentran en el cuarto de accesorios estén en buen estado, como las líneas de tierras, los medidores de voltaje utilizados en las operaciones de cañoneo, los centralizadores, etc., para que el personal de campo pueda utilizarlos sin problema. También se necesita que cada accesorio esté ordenado para poder encontrar cada uno de manera más rápida y eficiente. Este proceso no debe tardar más de 5 minutos.
- h) Se necesita que las herramientas lleguen rápido al laboratorio para que su mantenimiento *FIT* pueda ser realizado más rápido.
- i) Se necesita que cada caja de *Rig Up* contenga su equipo completo y respectivo, con las certificaciones vigentes y cargadas en *RITE* y en el Servidor para que el proceso de preparación de trabajo de campo sea más eficiente.
- j) Mantener un control más seguro del equipo de *Rig Up* para evitar su extravío durante su uso, transporte y mantenimiento.
- k) Se deben cumplir con los objetivos establecidos por la gerencia de mantenimiento en cada cuatrimestre para que la evaluación del laboratorio esté por encima de lo necesario (número de *Q-Checks* por encima del 88%).

Las necesidades y expectativas establecidas por los clientes son las más importantes y las que presentan mayor peso en el proceso de trabajo de la empresa. Es fundamental cumplir con estos puntos para que la calidad de servicio de este proceso aumente a los niveles de excelencia. Se debe tener en cuenta que el proceso de mantenimiento de *FIT* no está aislado de las otras operaciones de la empresa, es decir, que su desarrollo debe también estar ligado a las demás actividades de mantenimiento y de operaciones más cercanas para que la fluidez del proceso general exista y se logren los objetivos comunes de toda la empresa. Es importante señalar que existen características medibles y otras no medibles, lo que puede ser una limitación para el estudio del proceso, pero para aquellos no medibles se les aplicó diferentes puntos de vista para indagar de cierta forma en las fallas presentes. Con la metodología *Six Sigma* se pudo aproximar el

comportamiento del proceso considerando ambos tipos de características, medibles y no medibles.

Para entender el proceso es necesario representar cuáles son las actividades que actualmente se están realizando en el proceso de mantenimiento del laboratorio de *FIT* y Accesorios para reconocer de manera más práctica en qué puntos existen los cuellos de botellas, las áreas conflictivas del proceso, el desorden, el retraso, etc. La representación del proceso fue creada y explicada en el capítulo anterior y se puede visualizar mejor en el anexo electrónico 4.

Con la intención de suministrar una idea más tangible en cuanto al tiempo en el que se desarrollan las actividades de mantenimiento, se presenta a continuación un diagrama (fig. IV.2) con la duración promedio de cada etapa del proceso actual del mantenimiento. Como se puede observar, este esquema está hecho en base a una cesta de herramientas que contiene 10 herramientas de perfilaje, y los respectivos accesorios. En base a esta cantidad se realizaron estimaciones con un cronómetro de la duración de todo el proceso de mantenimiento actual y la duración del proceso modificado que se plantea en este proyecto.

El proceso, bajo estas suposiciones, tarda 7 horas y 40 min., y la jornada laboral del personal de mantenimiento es de 8 horas, es decir, el tiempo es bastante ajustado para la culminación de un proceso con estas características. Esta parte del estudio fue realizada con la intención de conocer la duración promedio del proceso, la supervisión tanto en *FIT* como en el lavadero, el tiempo invertido en la búsqueda de materiales para el mantenimiento, la secuencia del proceso, la distribución de las áreas de trabajo, la asignación de roles y responsabilidades.

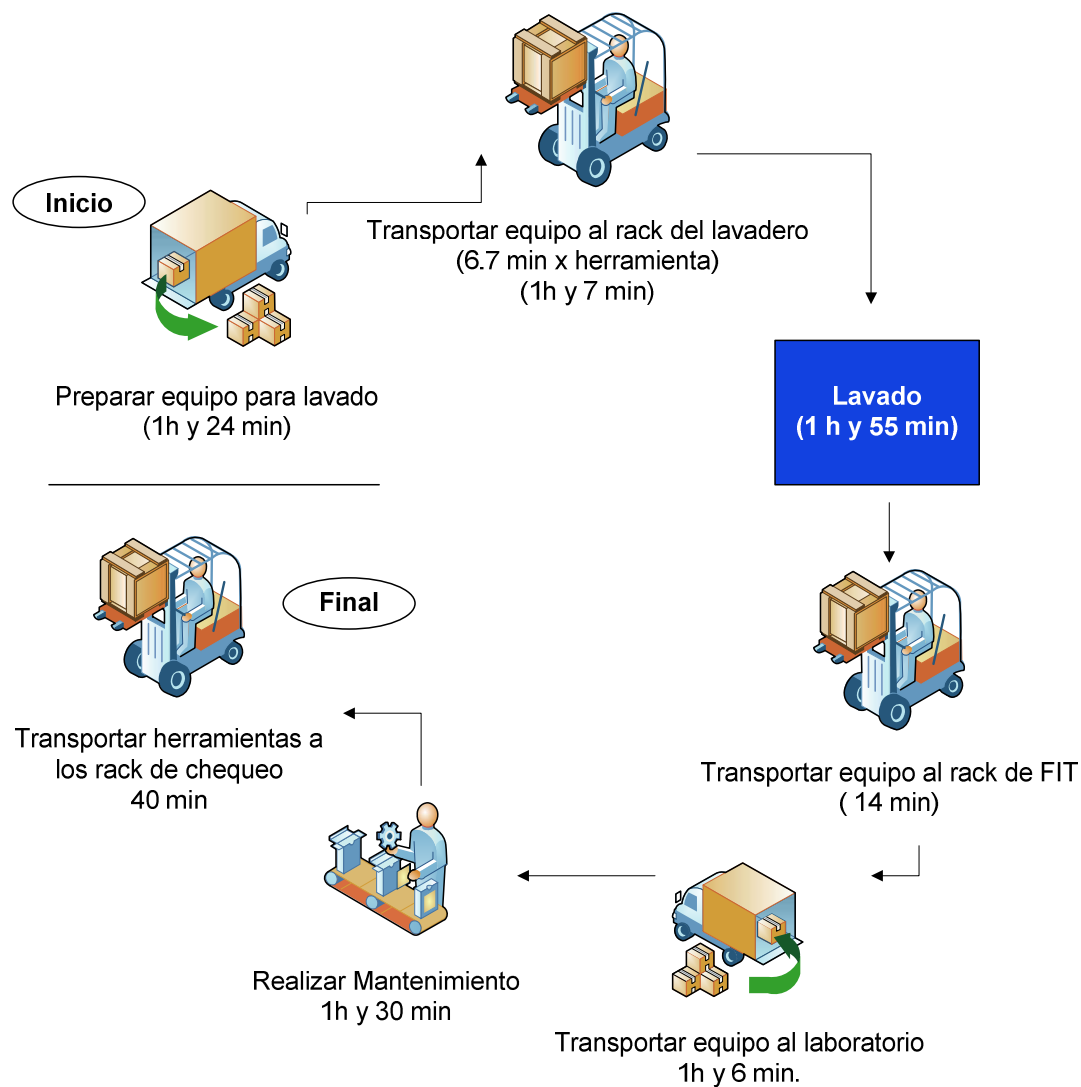


Fig. IV.2: Proceso de mantenimiento actual promedio en 7 etapas.

De acuerdo a especialistas en el área (expertos que tienen más de 15 años trabajando en el proceso) el proceso de mantenimiento en las condiciones actuales no debe tardar más de 6 horas y 10 min, y por medidas de seguridad no debería tardar menos de 5 horas y 10 min. Tomando en cuenta estas especificaciones y las fallas registradas en la empresa por los clientes, se llegó a la idea de que existen fallas en el proceso que es necesario determinar.

Los planes para la definición del proceso y la recolección de datos le brindan validez y consistencia a la información. Los datos realmente reflejan la ejecución del proceso y suministran perspicacia y conocimiento. En esta etapa se busca establecer una base capaz de identificar las relaciones existentes entre un bien o servicio y los objetivos establecidos. Para el estudio de este proceso, primero se definió el flujograma que el proceso de mantenimiento ha trazado durante los meses en cuestión definido en el capítulo III.

Una vez definido el proceso, es necesario centrar la atención en las variaciones y sus fuentes. Conviene analizar las variaciones claves posibles y mejorar las soluciones basadas en esas variaciones. Para poder desarrollar una estrategia en el proceso de control, mejoramiento y satisfacción del cliente es importante comprender bien las fuentes de variación para poder responder de manera apropiada, no por debajo ni por encima de su causa.

IV.3 DETERMINACIÓN DE CAUSAS POTENCIALES

IV.3.1 Diagrama Causa Efecto

Para visualizar un poco mejor el conjunto de variables que interactúan durante el proceso de mantenimiento en cuestión, se realizó un diagrama causa-efecto (fig. IV.3) ya que facilita la búsqueda de las raíces de las causas de un problema e identifica áreas en donde pueden existir. Se puede observar en el diagrama que un conjunto de causas establecidas conllevan a la realización un efecto común o consecuencia negativa para el proceso en estudio, el cual se establece como el bajo rendimiento del mantenimiento del laboratorio de *FIT* y Accesorios. Siguiendo el diagrama, se puede visualizar que:

- La falta de implementos necesarios como un *hidrojet*, montacargas, grúas, o en su defecto, las malas condiciones de funcionamiento de éstos, podría traer como consecuencia la deficiencia en el proceso de mantenimiento.

- Para realizar las actividades de mantenimiento se necesita de personal calificado para realizar las operaciones y de una supervisión continua en cada actividad, si esto no se está realizando, no hay garantía de que el servicio está cumpliendo con las especificaciones establecidas.
- La baja eficiencia puede ser producto del desconocimiento de roles y responsabilidades del personal lo cual podría generar un conflicto en el proceso de trabajo, así como la falta de señalización de las áreas y lugares específicos del taller, ya que los empleados no conocen un lugar fijo en donde pueden buscar los materiales requeridos.
- Así como ese causante, están también la ausencia de una secuencia definida del proceso con un flujo continuo, la falta de un proceso estándar que sirva de apoyo al personal para realizar las actividades que debe realizar, etc.
- Puede ocurrir también que la falta de manuales y estándares en donde se especifiquen todos los procedimientos y características del equipo que se está trabajando puede afectar notablemente el mantenimiento realizado en el laboratorio ya que el personal no tiene un material referencial en donde consultar en caso de dudas o información necesaria. Este tipo de fallas puede generar un bajo rendimiento del proceso de mantenimiento.
- Como se ha comentado, se requieren números de partes específicos de cada herramienta para poder reemplazar los que ya se encuentran desgastados o los que necesitan reemplazo por el tiempo que ha tenido de uso, y si no se cuentan con estas partes especiales el rendimiento de las herramientas se altera afectando directamente la eficacia del proceso de mantenimiento.

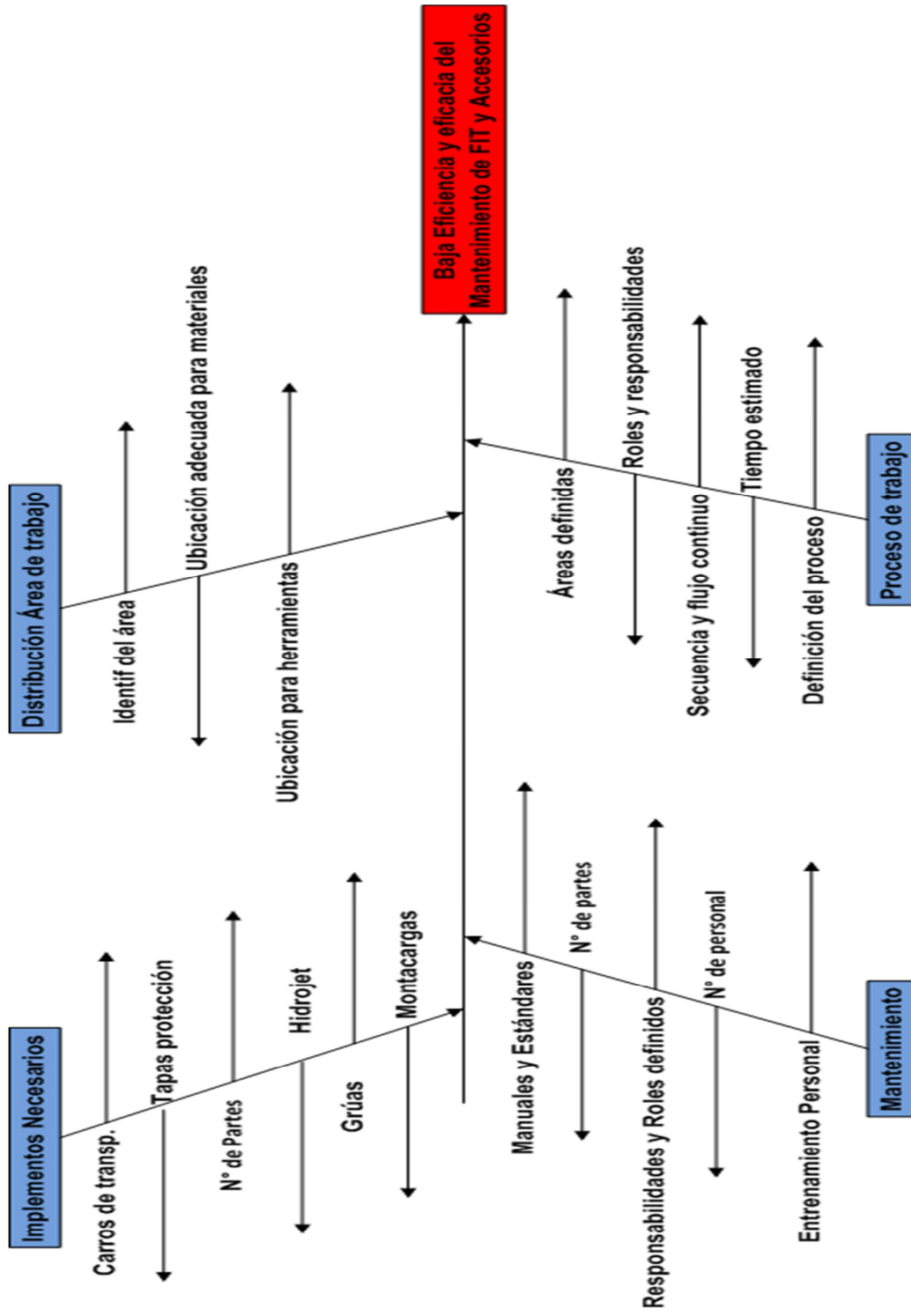


Fig. IV.3: Diagrama Causa-Efecto

IV.3.2 Análisis FMEA

Todas las causas del bajo rendimiento del proceso de mantenimiento fueron estudiadas también a través de una metodología de moda de falla y sus efectos (FMEA). Este análisis permite determinar la causa de la moda de falla del producto y su efecto a través del análisis de la frecuencia con que la causa de la falla ocurre, de la severidad del efecto y de la oportunidad de detectar la falla antes de que sea percibida por el cliente. Esta combinación entre los tres parámetros se denomina Número de prioridad de riesgo (RPN).

Para el análisis de la moda de falla y sus efectos se empleó el diagrama de causa-efecto como apoyo para priorizar entre las causas principales de las fallas posibles. Hay que aclarar que este análisis es realizado de acuerdo a la situación actual, no la que se quiere alcanzar.

El análisis FMEA (tabla IV.1) arrojó como causas principales del bajo rendimiento del proceso de mantenimiento de *FIT* y Accesorios, los siguientes (los señalizados con azul son los que se encuentran por encima del valor promedio):

- La falta de un proceso definido de mantenimiento desde que llegan las herramientas hasta que salen del laboratorio de *FIT* y Accesorios.
- La falta de identificación de áreas en donde se deban realizar el mantenimiento, en donde van las herramientas, los repuestos, los accesorios, etc.
- El número insuficiente de carros de transporte para trasladar las herramientas de un lugar a otro.
- La falta o mal desempeño de las grúas que se encuentran comprendidas en este proceso.
- No existe un tiempo definido para el mantenimiento de *FIT* y Accesorios y por lo tanto se realiza en el tiempo más cómodo posible.
- El mal desempeño del *hidrojet* del lavadero para poder lavar las herramientas eficientemente.

- La secuencia definida de un proceso en donde su flujo de principio a fin sea lo más continuo, cómodo y eficiente y eficaz posible.

Tabla IV.1: Resultados del Análisis FMEA.

Moda de Falla	Causa	Efecto	S	O	D	RPN
Fallas en el proceso de trabajo	Definición del proceso	Baja eficiencia y eficacia del Mtto.	10	9	9	810
	Tiempo definido		7	8	8	448
	Secuencia y flujo continuo		8	8	6	384
	Roles y responsabilidades no establecidos		9	8	5	360
	Identificación de áreas		7	10	10	700
	Mal distribución de áreas de mtto.		7	8	8	448
El Mantenimiento	Entrenamiento de personal		10	2	3	60
	Número de personal reducido		8	4	3	96
	Responsabilidades y roles		9	8	7	504
	Número de partes erróneo		10	5	8	400
	Manuales y estándares disponibles.		9	1	1	9
Falta de Implementos necesarios	Carros de transporte		8	9	8	576
	Tapas protectoras		6	7	8	336
	Número de partes erróneo.		10	5	8	400
	Hidrojet (lavadero) en malas condiciones.		8	10	5	400
	Grúas.		9	10	6	540
	Montacargas		5	7	8	280
Personal Comprometido	Incentivos		5	7	9	315
	Reconocimiento de logros	4	8	8	256	
	Falta de consideración de opiniones	5	3	4	60	
	Supervisión	7	7	8	392	

- La utilización de partes no adecuadas o respectivas para las herramientas en mantenimiento, es decir, el reemplazo de partes específicas por partes no calificadas para cumplir la misma función.

A todos estos puntos se les debe mayor énfasis en el mejoramiento del proceso ya que existe mayor probabilidad en que el proceso mejore y se erradique la falla de raíz. En base a esto se consideraron los procesos medidos para su respectivo análisis.

IV.4 Medición de Variables

Los valores medidos del tiempo del proceso de mantenimiento desde que las herramientas llegan al lavadero se pueden mostrar en la tabla IV.2 la cual refleja el tiempo que tardan cada una de las etapas mostradas en el esquema de la fig. IV.2.

Tabla IV.2: Tiempos aproximados de las etapas del proceso.

Nº	Desmontaje (min)	Preparación (min)	Lavado (min)	Transporte a rack de FIT. (Logística) (min)	Transp. al laboratorio (min)	Mant. (min)	Sacar herramientas (min)	Total sin logística (min)
1	80.0	60.0	110.0	7	57	90.0	30.0	427
2	71.2	38.0	80.0	12.0	54	111.0	23.0	377.2
3	78.4	71.0	123.0	4.0	58	102.0	12.0	444.4
4	81.0	63.0	105.0	9.5	70.5	87.0	29.0	435.5
5	100.0	87.0	136.0	4.8	48.8	86.4	31.6	489.8
6	86.0	68.3	100.3	7.0	54.1	79.4	42.0	430.1
7	83.0	65.0	112.0	14.0	70	88.1	39.4	457.5
8	95.0	110.0	117.0	19.0	78.4	92.0	27.0	519.4
9	81.0	66.0	105.0	15.0	76	87.0	34.2	449.2
10	94.0	83.0	120.1	17.3	84.7	84.0	43.0	508.8
11	65.0	51.0	106.3	9.4	60.4	89.1	37.3	409.1
12	82.0	67.4	121.0	11.1	78.3	93.0	36.2	477.9
13	99.4	76.3	124.0	16.1	87.3	95.4	43.0	525.4
14	90.0	87.0	117.0	4.8	48.8	86.4	31.6	460.8
15	106.0	75.0	190.0	6.0	78	105.0	40.0	594
16	124.2	88.4	131.1	21.2	75.2	98.3	50.0	567.2
17	65.0	49.1	98.0	8.4	51.4	78.0	24.2	365.7
18	130.0	74.0	108.0	19.0	70	95.0	27.0	504
19	65.0	68.1	95.3	23.0	81.2	81.3	43.1	434
20	74.0	60.0	107.0	3.0	49	75.0	28.0	393
21	56.0	53.0	134.3	32.3	58.3	68.2	156.3	526.1
22	60.0	51.0	127.0	32.3	56.3	147.3	46.0	487.6
23	88.0	57.0	96.6	18.0	66	93.1	45.4	446.1
24	77.0	54.0	103.2	9.3	61.3	101.4	49.2	446.1
25	103.4	60.5	109.2	26.1	74.1	64.0	48.3	459.5
26	78.3	84.0	126.0	23.4	70.8	71.0	12.0	442.1
27	65.0	34.0	103.4	3.0	53	90.0	17.0	362.4
	84.4	66.7	115.0	13.9	65.6	90.3	38.7	460.7
Promedios								

Seguidamente, en estos mismos procesos se estimó el tiempo que el personal emplea para la búsqueda de implementos necesarios para realizar el mantenimiento (tabla IV.3):

Tabla IV.3: Tiempo invertido en la búsqueda de implementos

Nº	Búsqueda de materiales FIT (min)	Búsqueda de materiales en Lavado (min)	Búsqueda de materiales finales (min)
1	6	14	2
2	20	10	0
3	22.3	12.1	0
4	16.3	14.3	7
5	14	7	11
6	7	10.4	13.4
7	10	11	14.1
8	14.3	9.6	8
9	13	11.2	14
10	17	14.1	22
11	21.1	9	18
12	17	7	15
13	19	8	14
14	6	14	10
15	11.4	12	17
16	22	25	21
17	7	14	14
18	14.1	22	15.2
19	9	16	27
20	13	13.2	3
21	3	11	40
22	33	4	13
23	9.3	7	14
24	17	11.4	11
25	6	13	19
26	8	20	1
27	10	2	16
	13.5	11.9	13.3
	Promedios		

También fueron registrados características como la supervisión en cada actividad del proceso y los carros de transporte utilizados (tabla IV.4):

Tabla IV.4: Datos relacionados a la supervisión, carros de transporte, personal.

Nº	Carros de transporte	Operadores (soporte)	Supervisión en FIT	Supervisión en Lavadero
1	3	2	no	no
2	5	2	no	no
3	3	3	no	no
4	3	2	no	no
5	4	0	no	no
6	3	3	no	no
7	4	3	si	no
8	4	2	no	no
9	3	0	no	no
10	4	4	no	no
11	4	4	si	no
12	5	4	no	si
13	4	3	si	si
14	4	1	si	no
15	3	3	no	no
16	3	3	no	si
17	6	5	si	no
18	3	1	si	no
19	3	2	si	no
20	5	3	si	no
21	4	2	no	no
22	3	3	no	no
23	3	4	si	no
24	4	4	si	no
25	3	2	no	no
26	4	4	si	no
27	5	5	si	si
	4	3		
	Promedio			

Para facilitar la representación gráfica del tiempo total de mantenimiento, se dividió la muestra en 10 clases para luego reflejarlos en un gráfico de barras (fig. IV.4 y tabla IV.5). El ancho de las clases (ecuación IV.1) fue calculada de la siguiente forma:

Ancho de clases: $\frac{627 \text{ min} - 395.4 \text{ min}}{10} = 23.2 \text{ min.}$

(Ecuación IV.1)

Tabla IV.5: Clases de la muestra del proceso.

Clases	Rango (min)		Frecuencia
clase 1	362.4	385.6	3
clase 2	385.7	408.8	1
clase 3	408.9	432.1	3
clase 4	432.2	455.3	7
clase 5	455.4	478.6	4
clase 6	478.7	501.9	2
clase 7	502.0	525.1	3
clase 8	525.2	548.4	2
clase 9	548.5	571.6	1
clase 10	571.7	594.9	1
		Total	27

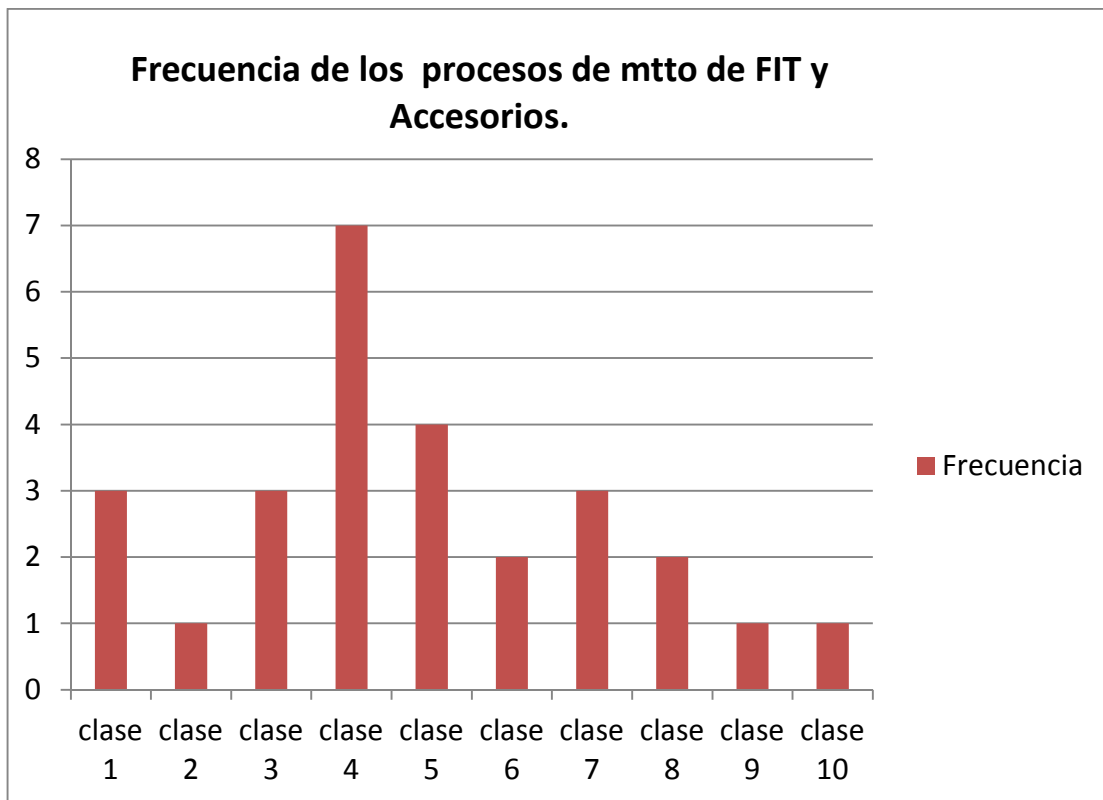


Fig. IV.4: Frecuencia de los proceso de mantenimiento general.

De esta muestra se calcularon también algunos datos probabilísticos como la media y la desviación estándar (tabla IV.6):

Tabla IV.6: Datos probabilísticos de la muestra del proceso.

Media (min):	460.7
Desviación Estándar (min)	57.0

Por el comportamiento que evidenció la muestra del proceso, medianamente similar a la de una campana de Gauss, se empleó la distribución normal para modelar el proceso (fig. IV.5):

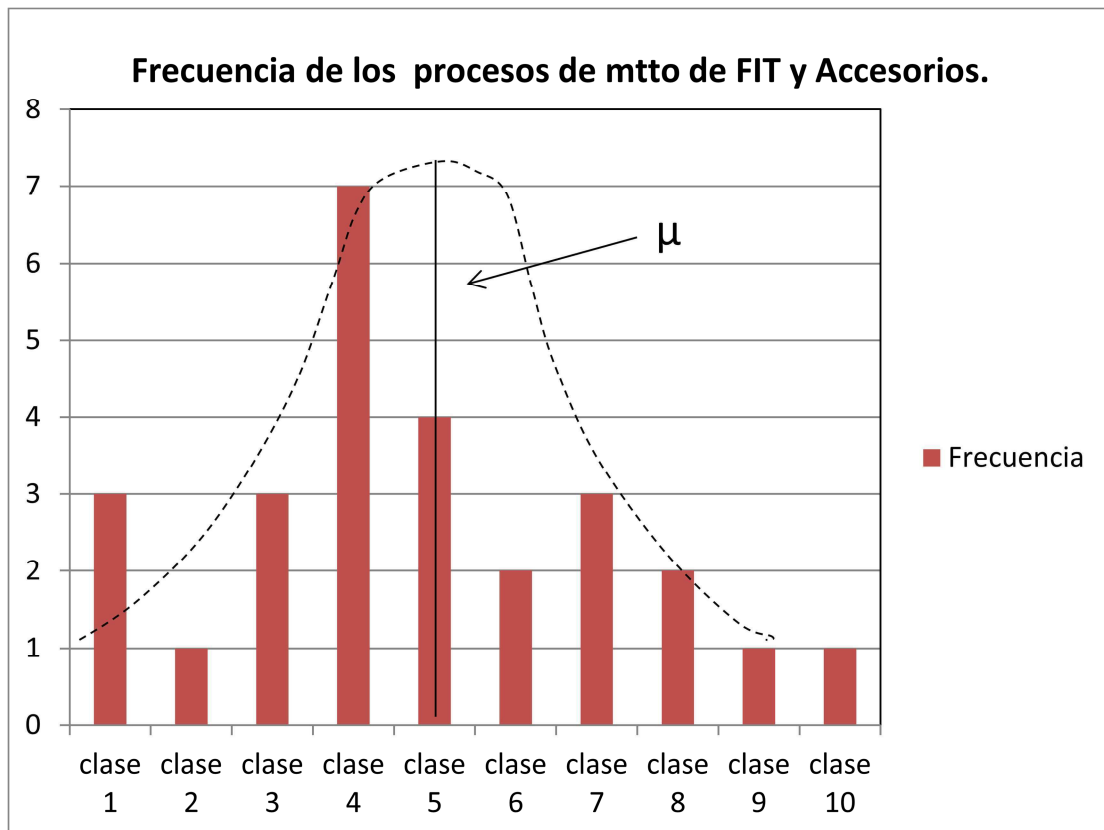


Fig. IV.5: Comparación del comportamiento del proceso con la campana de Gauss.

Para la representación de la búsqueda de materiales relacionadas a las áreas de lavado, al mantenimiento *FIT* y al post-mantenimiento se realizó el mismo procedimiento:

Para el tiempo invertido en la búsqueda de materiales en el mantenimiento *FIT* (ecuación IV.2, tabla IV.7, tabla IV.8 y Fig.IV.6):

$$\text{Rango de clases: } \frac{33 \text{ min} - 3 \text{ min}}{5} = 6 \text{ min.} \quad (\text{Ecuación IV.2})$$

Tabla IV.7: Clases del tiempo invertido en la búsqueda de materiales.

Clases	Rango (min)		Frecuencia
Clase 1	3	9	8
clase 2	9.1	15.1	9
clase 3	15.2	21.2	7
clase 4	21.3	27.3	2
clase 5	27.4	33.4	1

Tabla IV.8: Datos probabilísticos para tiempo de búsqueda de materiales

Media (min):	13.5
Rango (min):	6.0
σ (min):	6.7

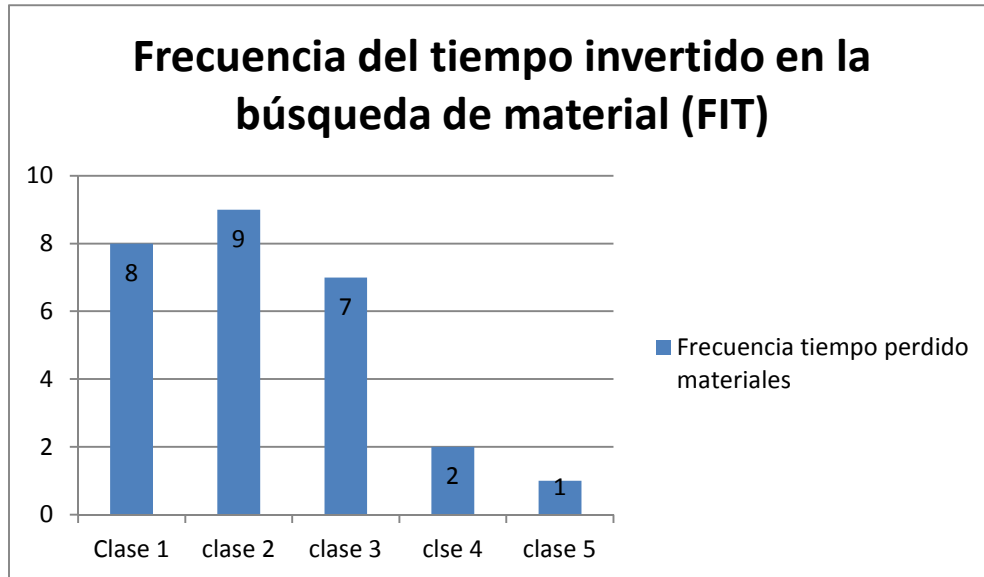


Fig. IV.6: Frecuencia del tiempo invertido en la búsqueda de materiales.

Para el tiempo invertido en la búsqueda de materiales en el área de lavado (ecuación IV.3, tabla IV.9, tabla IV.10, fig. IV.7):

$$\text{Rango de clases: } \frac{25-2}{5} = 4.6 \text{ min} \quad (\text{Ecuación IV.3})$$

Tabla IV.9: Clases para el tiempo invertido en la búsqueda de materiales en área de lavado

Clases	Rango (min)		Frecuencia
Clase 1	2	6.6	2
clase 2	6.7	11.3	11
clase 3	11.4	16.0	11
clase 4	16.1	20.7	1
clase 5	20.8	25.4	2

Tabla IV.10: Datos probabilísticos (tiempo de búsqueda de materiales en área de lavado).

Media (min)	11.9
Rango (min):	4.6
σ (min):	5

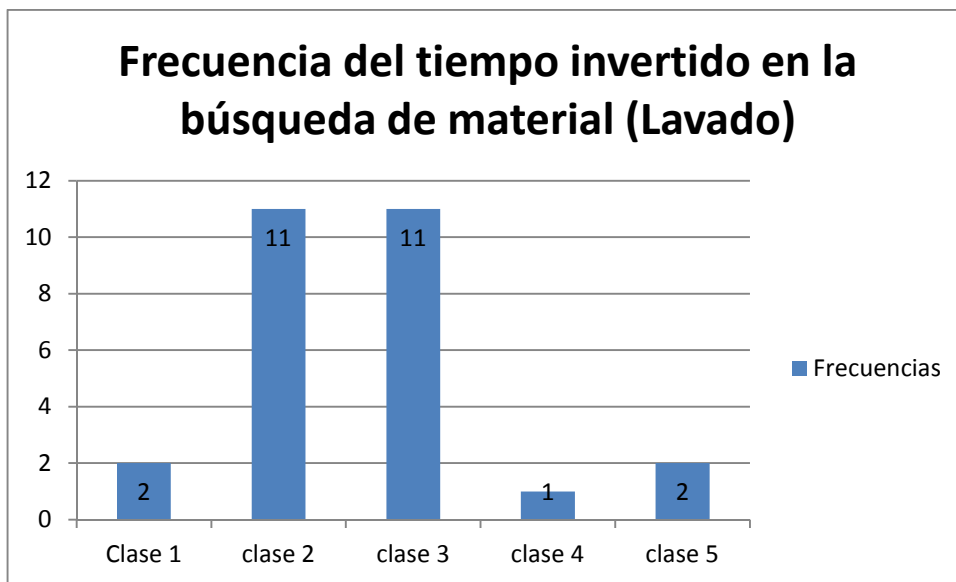


Fig. IV.7: Frecuencia del tiempo invertido en la búsqueda de material en el área de lavado.

Para el tiempo invertido en la búsqueda de materiales luego de hacer el mantenimiento (ecuación IV.4, tabla IV.11, tabla IV.12, fig. IV.8):

$$\text{Rango de clases} = \frac{40-0}{5} = 8 \text{ min} \quad (\text{Ecuación IV.4})$$

Tabla IV.11: Tiempo invertido en la búsqueda de material (post-mantenimiento).

Clases	Rango (min)		Frecuencia
Clase 1	0	8.0	7
clase 2	8.1	16.1	13
clase 3	16.2	24.2	15
clase 4	24.3	32.3	1
clase 5	32.4	40.4	1

Tabla IV.12: Variables estadísticas respectivas al tiempo post mantenimiento.

Media (min):	13.3
Rango (min):	8.0
σ (min):	8.7

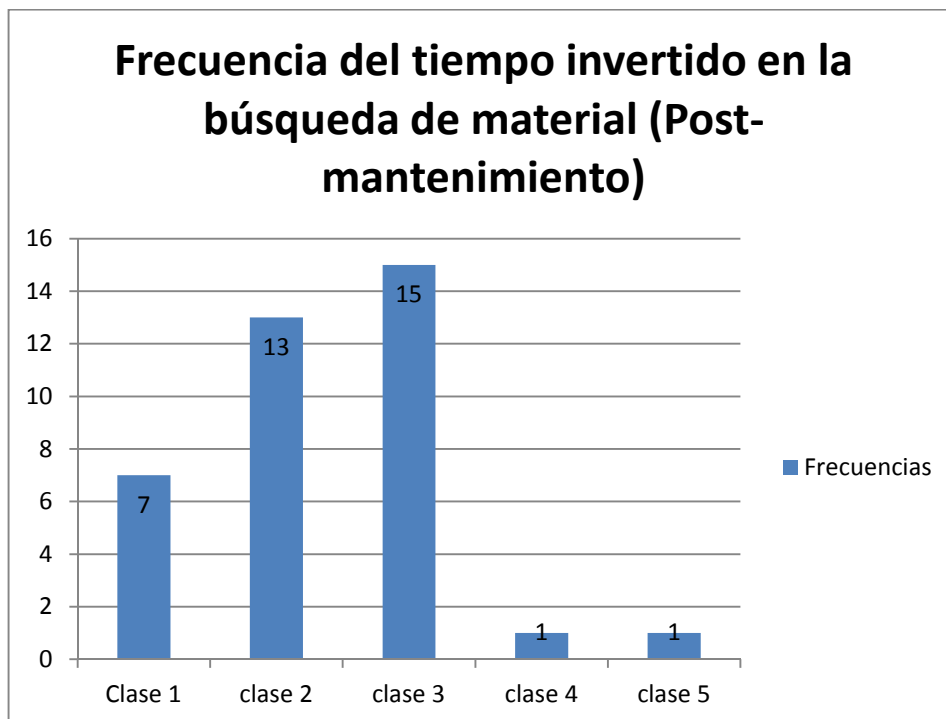


Fig. IV.8: Tiempo invertido en la búsqueda de material (post-mantenimiento)

Las variables de la tabla IV.4 se encuentran representadas en las siguientes tablas (IV.13, IV.14, IV.15, IV.16) y figuras (IV.9, IV.10, IV.11 y IV.12):

Tabla IV.13: Personal involucrado en el proceso.

Operadores	cantidad	%
0	2	7
1	2	7
2	7	26
3	8	30
4	6	22
5	2	4

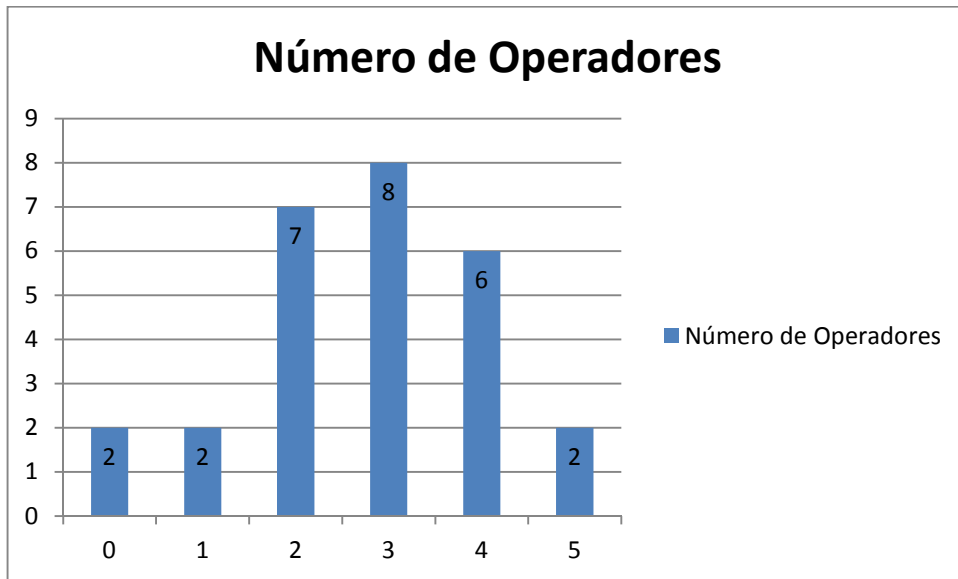


Fig.IV.9: Gráfico de barras del personal involucrado en el proceso.

Tabla IV.14: Número de carros de transporte involucrados en el proceso.

Valor	Frecuencias	%
1	0	0
2	0	0
3	12	44
4	10	37
5	4	15
6	1	4
7	0	0

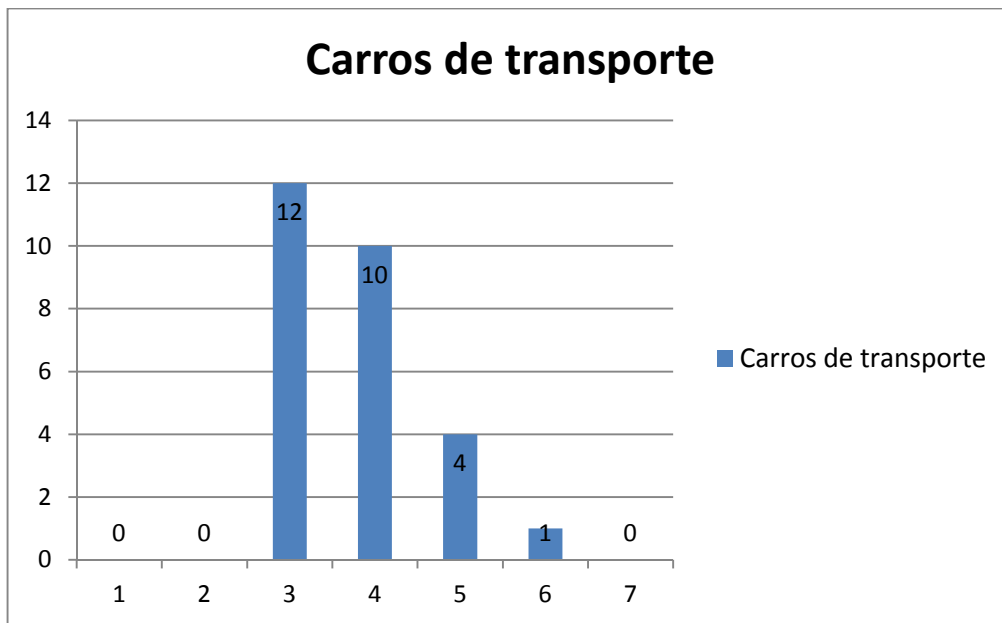


Fig. IV.10: Gráfico de barras del número de carros de transporte incluidos en el proceso.

Supervisión en FIT:

Tabla IV.15: Datos relacionados a la supervisión del proceso de mantenimiento FIT.

Valor	Frecuencia	%
SI	12	44
NO	15	56

Supervisión en el Área de Lavado:

Tabla IV.16: Datos relacionados a la supervisión del proceso de lavado

Valor	Frecuencia	%
SI	4	15
NO	23	85

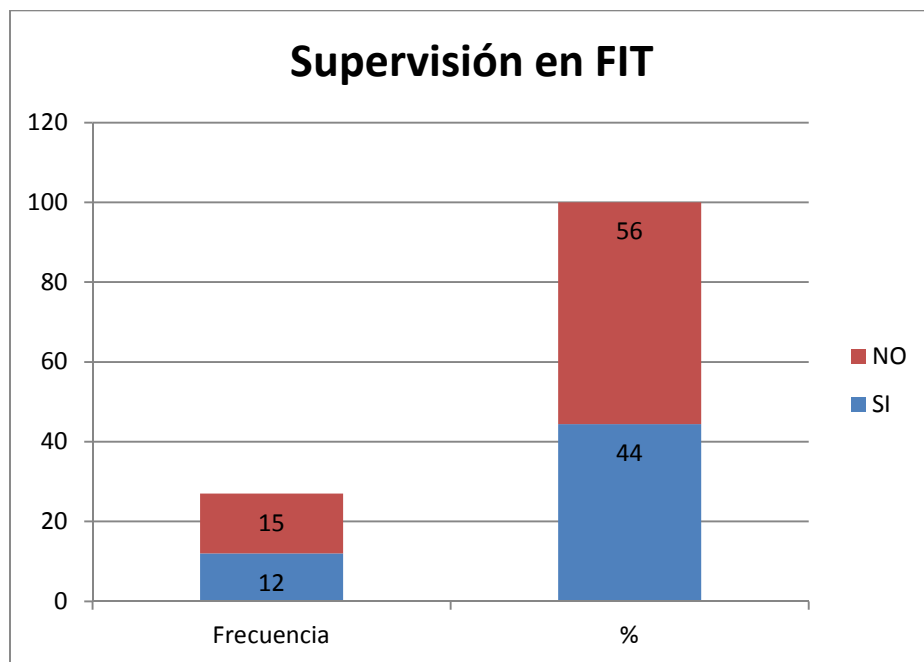


Fig. IV.11: Supervisión en FIT

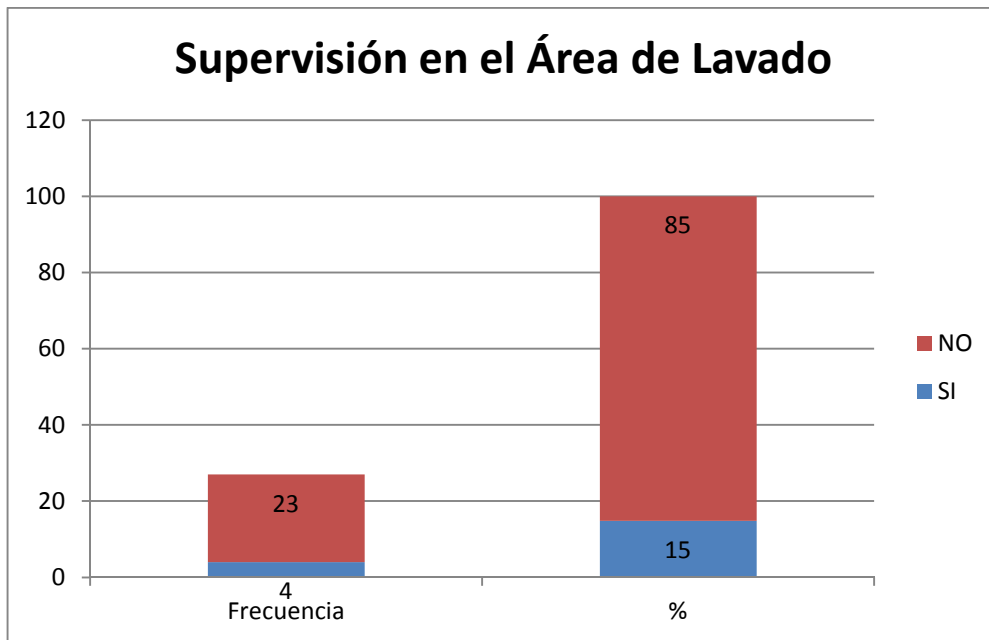


Fig. IV.12: Supervisión en el Área de Lavado.

Como se puede evidenciar en los procesos medidos anteriormente, el tiempo total promedio del proceso (tabla IV.2) de mantenimiento actual está muy por encima del rango catalogado por los expertos como normal para las condiciones de mantenimiento en las que se está trabajando en la empresa. Solamente 2 procesos de la muestra cumplen con las especificaciones establecidas (entre 370 min como límite superior USL y 310 min como límite inferior LS) y el resto de los procesos se encuentran por encima. Lo que quiere decir que no se están cumpliendo con las especificaciones establecidas en el proceso de mantenimiento, y por ende el rendimiento del proceso no ha sido bueno.

Usando el modelo de la distribución normal tipificada para modelar el comportamiento del proceso total, el rendimiento del proceso de mantenimiento de FIT y Accesorios se puede calcular de la siguiente forma:

- a) Primero se debe determinar la variable Z para el límite superior del rango asumido como normal (ecuación IV.5):

$$Z = \frac{(460.7 \text{ min} - 370 \text{ min})}{57 \text{ min}} = -1.5909 \quad (\text{Ecuación IV.5})$$

- b) Ya con el valor de Z, se debe calcular la probabilidad de que el tiempo total del proceso quede dentro del rango especificado, es decir, que esté por debajo de 370 min ya que ningún valor estuvo por debajo del límite inferior (ecuación IV.6). Para el cálculo hay que hacer uso del Anexo 3 de los anexos:

$$P(z < -1.5909) = 0.0558$$

(Ecuación IV.6)

Y la probabilidad de que el equipo falle o esté por fuera de las especificaciones se puede calcular como (ecuación IV.7):

$$P(z > -1.5909) = 1 - P(z < -1.5909)$$

(Ecuación IV.7)

$$P(z > -1.5909) = 0.94418$$

El rendimiento del proceso actual es igual a 5.58%. Este rendimiento está muy por debajo de lo aceptado para cualquier empresa. Si hacemos la conversión al nivel de sigma respectivo para el proceso, usando el anexo 5 y el valor de eficiencia del proceso 5.58%, se puede notar que este rendimiento está por debajo de un proceso de 0.1σ . Hay que resaltar que este rendimiento se considera a corto plazo, es decir, sólo refleja el comportamiento de la muestra estudiada. Generalmente la eficiencia de la muestra está un poco por debajo de la eficiencia a largo plazo del proceso real. Por esto es tan importante seleccionar una muestra representativa de la población. Para determinar la eficiencia del proceso a largo plazo hay que transformar las variables continuas medidas a discretas, en donde debe considerarse el flujograma

definido anteriormente en el Capítulo III (fig. III.9). De esta manera se está tomando en cuenta la complejidad del proceso junto con las oportunidades que están presentes para que el proceso esté en riesgo de fallar y estas condiciones están siempre presentes en la población y en la muestra. Es decir, la cantidad de procesos medidos fueron 27, de los cuales 25 se consideran como erróneos porque están fuera de las especificaciones. También, detallando el flujograma definido en la fig. III.9 se puede notar que existen 16 posibilidades de que ocurra una falla en el proceso de mantenimiento. Hay que obviar aquellos que no le corresponde al personal del laboratorio, como por ejemplo la actividad de chequeo realizada por los ingenieros de campo y las actividades de logística. Como se manejan 10 herramientas por proceso, las 16 fallas se transforman a 160 fallas por proceso. Ahora se procede a definir los parámetros EPU (ecuación IV.8), EPO (ecuación IV.9) y EPMO (ecuación IV.10):

$$EPU = \frac{\text{defectos}}{\text{muestra}} = \frac{25}{27} = 0.9259 \quad (\text{Ecuación IV.8})$$

$$EPO = \frac{EPU}{\text{TOFE}} = \frac{0.9259}{160} = 0.005787 \quad (\text{Ecuación IV.9})$$

$$EPMO = EPO * 1000000 = 5787 \quad (\text{Ecuación IV.10})$$

En este caso, el rendimiento puede ser calculado como la posibilidad de que no ocurra ningún error por unidad (ecuación IV.11), es decir:

$$\text{Eficiencia del proceso} = 1 - EPU \quad (\text{Ecuación IV.11})$$

$$\text{Eficiencia del proceso} = 0.074 = 7.4\%$$

Se puede notar que la eficiencia en este caso es un poco mayor que la eficiencia calculada con la distribución normal. Esto ocurre porque la muestra del proceso no representa exactamente la población a corto plazo, sin embargo, estuvo bastante cerca. Ahora para determinar la eficiencia y el nivel de sigma a largo plazo se debe hacer uso del anexo 4, empleando el EPMO calculado. Interpolando entre los valores 6210 y 4660, el nivel de sigma es 4.03σ y su rendimiento es igual a 99.42%, quiere decir que el proceso puede generar un producto o servicio en donde el comportamiento de los datos puede estar en un intervalo de las especificaciones igual a aproximadamente cuatro veces su desviación estándar. Básicamente, esto quiere decir que el proceso a largo plazo puede ser mejor que el calculado con la muestra. Se debe recordar que la desviación estándar es la variación promedio que experimentan los datos con relación a su media, lo que significa que si el intervalo determinado por las especificaciones equivale a cuatro veces el sigma de los datos, la variación entre ellos es mucho menor, pero igual existen fallas que hay que corregir en el proceso para que alcance un nivel mayor de rendimiento y calidad (6σ).

Igualmente, fue realizado un seguimiento del mantenimiento de las cabezas de registro desde el mes de Enero hasta Julio con la finalidad de verificar si existe alguna posibilidad de falla con relación al reemplazo de los números de partes específicos, al entrenamiento del personal y a la realización del mantenimiento preventivo a tiempo. Para esto se hizo uso de la aplicación RITE.net y se realizó la búsqueda de las herramientas que más han arrojado fallas y cuya responsabilidad sea del laboratorio de FIT y accesorios. La búsqueda arrojó los siguientes resultados:

- La herramienta que más falló en este período de tiempo fue la cabeza de registro de tipo LEH-QT. El mantenimiento de esta cabeza es completamente responsabilidad del laboratorio de FIT y Accesorios.
- Se han realizado alrededor de 118 mantenimientos, entre FIT y TRIM, de las cabezas de registro LEH-QT. En los manuales de mantenimiento de esta herramienta se

establece cómo se debe realizar la operación, que tipo de herramientas debe utilizar, cuándo deben cambiarse algunas de sus partes, pero no todas. El manual de este equipo no establece realmente cada cuánto deben cambiarse los aislantes ubicados en una pieza de la herramienta llamada *bulkhead* (fig.IV.13 y IV.14), y por experiencia del personal que trabaja en el laboratorio se asume que los aislantes deben cambiarse en cada mantenimiento TRIM.

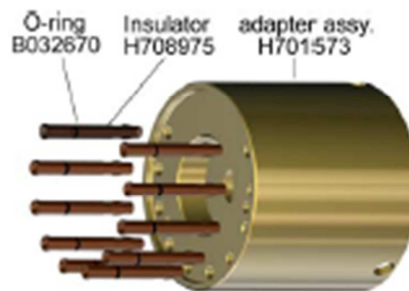


Fig. IV.13: Parte del *bulkhead* de la herramienta con los aislantes. (tomado del *Heads Manual Maintenance-Schlumberger*).



Fig. IV.14: *bulkhead*. (tomado del *Heads Manual Maintenance-Schlumberger*).

- Han ocurrido 8 fallas operacionales en este período y en 7 de ellas se ha registrado mal aislamiento de la corriente. En sólo 3 se evidenció falla en la continuidad.
- Según el historial de mantenimiento TRIM de las cabezas no se especifica que los aislantes fueron cambiados, en ninguna oportunidad. En una de las cabezas que se

le estuvo realizando mantenimiento TRIM, se desarmó y se inspeccionaron los aislantes (fig.IV.15). La herramienta tenía 1 mes que no era sometida a mantenimiento alguno y se notó que los aislantes estaban desgastados y quemados, caracterizado así por los expertos en el área. Esa cabeza no había realizado ninguna operación en pozos de alta presión y alta temperatura. En la fig. IV.16 se puede observar como lucen normalmente unos aislantes luego de un mes de uso en condiciones de pozo convencionales. Lo que se registra en RITE debe ser absolutamente lo que se le realizó a las herramientas para respaldar las actividades que se realizan día a día en el mantenimiento.



Fig. IV.15: Aislantes dañados de *LEH-QT*

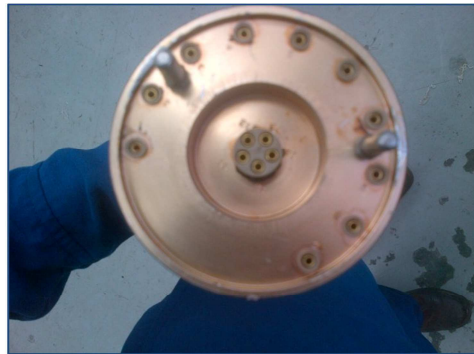


Fig. IV.16: Aislantes en perfectas condiciones después de 1 mes de uso.

- Los mantenimientos fueron realizados alrededor de 10 días (en promedio) antes de la fecha objetivo establecido en RITE para realizarle el mantenimiento respectivo, lo que indica que realmente el mantenimiento es realizado a tiempo.
- La persona encargada de realizarle el mantenimiento a las cabezas de registro tiene aproximadamente 14 años realizando este trabajo, y por su experiencia, establece que el cambio de los aislantes se realiza anualmente en promedio. La mayoría de las veces se cambian mes y medio más tarde, o cuando se detectan en mal estado. Pero existe mucha incertidumbre al respecto.
- Así como los aislantes, también se evidenció que las bujías de estas herramientas son reemplazadas por otras que ya han sido utilizadas en otras cabezas y que tienen más del tiempo de uso permitido por los expertos en el área. Las bujías deben cambiarse cada 6 meses y no pueden ser reutilizadas. En las actividades del laboratorio, al no tener las piezas específicas nuevas, reutilizan otras que aparentemente están en buen estado.
- Además ninguna cabeza posee sensor de tensión, que por norma establecida en el manual, debe estar en estas herramientas para poder registrar la tensión que está experimentando el punto débil ubicado en la cabeza. El punto débil (fig. IV.17) es fundamental en las operaciones de registro para poder soltar la cadena de herramientas del cable de registro para que no se sufran daños mayores.



Fig. IV.17: Punto débil tensión.

Con base de todas las características medidas e inspeccionadas se determinaron específicamente cuáles son las fallas más importantes que se necesitan mejorar en el proceso de mantenimiento considerando opiniones de expertos en el área de mantenimiento, prácticas realizadas en los talleres y el análisis FMEA.

Hay que considerar que en el proceso las cestas llegan a la zona de lavado amarradas con eslingas especiales para mantener ajustado todo el equipo y evitar que salga de la cesta durante su transporte. Al comienzo del proceso, durante la preparación del equipo para ser lavado, hay que desajustar todas las eslingas para poder sacar todo el equipo, además de extraer cualquier módulo o caja especial de las herramientas que hayan llegado en la cesta. Este paso generalmente es un poco lento y consume un tiempo importante. El tiempo invertido en esta etapa es difícil de reducir porque por medidas de seguridad las cestas llegan al área de lavado amarradas lo más seguro posible y quizás esto afecte un poco en la eficiencia del proceso general.

Se puede notar que los procesos de transporte de las herramientas desde la cesta hasta el *rack* del área del lavadero y desde el *rack* del laboratorio a los carros de transporte, son consumidores de mucho tiempo en el proceso de mantenimiento. Estas actividades, en teoría, deberían ser las que menos tiempo consumen, ya que

no es una actividad tan importante como lo es la acción principal que es realizar el mantenimiento. Uno de los causales de esta demora es la velocidad que desarrolla la grúa puente ubicada en el lavadero para moverse de un lugar a otro. La velocidad de un desplazamiento lateral es aproximadamente 4 min/m (velocidad estimada con un cronómetro y calculada como distancia entre tiempo). Pero para efectos del estimado del tiempo que se invierte en este paso hay que considerar no solo los movimientos laterales, sino los verticales, que se realizan para colocar las herramientas en el *rack* del lavadero.

Se puede notar que se pierde más de 40 min en promedio para la búsqueda de implementos necesarios durante el mantenimiento. En este caso, se refiere a números de partes específicos que se utilizan para reemplazar los usados, como *o-rings*, tornillos, aislantes, así como también grasa para lubricar, silicón, etc.

El número de carros de transporte de herramientas empleados en el laboratorio es aproximadamente 4 carros. También se puede observar que la mayoría de las actividades que se realizan no son supervisadas por los líderes de mantenimiento, tanto en *FIT* como en el lavadero.

La estructura organizativa del laboratorio de *FIT* y accesorios se puede observar en la parte final de la fig. IV.18. Solamente se encuentran trabajando 2 personas: el líder del laboratorio y el encargado del mantenimiento de los accesorios. Según los resultados, adicional a ellos, un promedio de 3 operadores son asignados para trabajar en las actividades del área de lavado y el laboratorio para apoyar en el proceso y se puede observar que los 2 procesos que resultaron dentro de las especificaciones del tiempo comprenden la mayor cantidad de operadores comparados con los demás procesos medidos, al igual que con los carros de transporte.

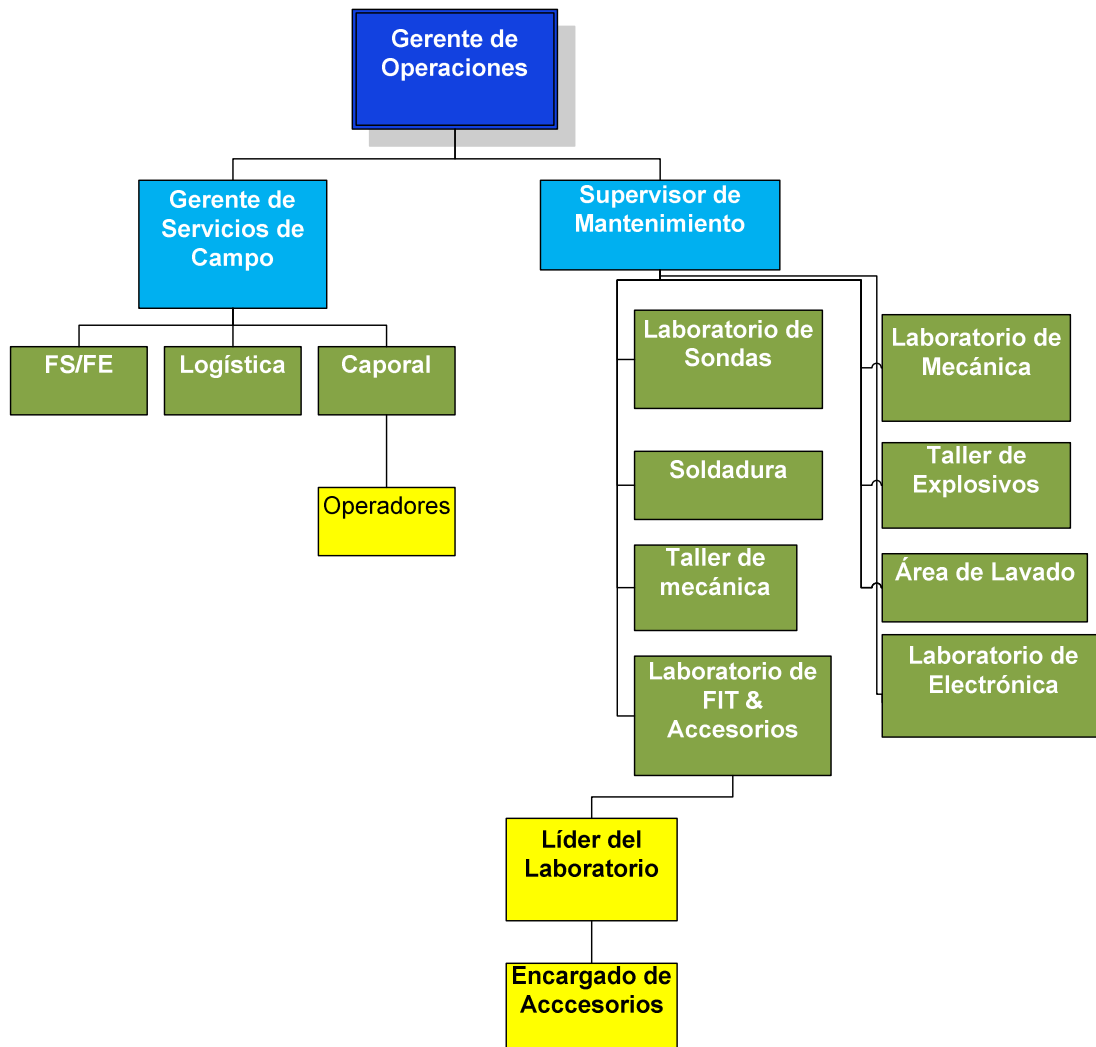


Fig. IV.18: Estructura Organizativa del laboratorio.

Tomando en cuenta las características del proceso medidas se procedió a definir cada falla en particular para luego plantear una solución viable para cada una de ellas.

IV.5 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

IV.5.1 Identificación de Fallas durante el Proceso de Mantenimiento en el Laboratorio

Antes que nada, es importante resaltar que no se cuenta con un proceso de mantenimiento establecido para el Laboratorio de *FIT* y Accesorios, es decir, no hay un flujo de trabajo estandarizado de cómo se deben realizar las operaciones de mantenimiento de manera genérica en el Laboratorio para evitar realizar procedimientos que conlleven a aumentar la cantidad de tiempo y dinero perdido relacionados con el sobreproceso, transporte, a la espera, a la realización de inventarios constantes, etc. Básicamente esto se refiere a la realización de actividades que realmente no le corresponden a un equipo de trabajo, o a la realización de un listado con todas las herramientas cada vez que salen herramientas nuevas al rack de chequeo provenientes del laboratorio de *FIT*, o a la realización de un mantenimiento varias veces por no haber realizado correctamente las actividades. Esta es una de las fallas generadoras del bajo rendimiento que ha evidenciado el laboratorio a nivel general.

Cuando se le realiza *FIT* I a las herramientas de registro se le cambian los *O-Rings* (fig. IV.19) a las conexiones, los cuáles son extraídos utilizando un destornillador plano ya que, gracias a su forma fina, y aplanada en la punta, permite enganchar y arrastrar el *O-ring* hasta el extremo más cercano de la herramienta. Esta acción, en teoría, no se debería realizar de esa manera porque pone en riesgo la integridad del *O-ring* por la agudeza y filo del destornillador (puede romperlo o rasgarlo). Si el *o-ring* no está en buen estado la electrónica interna de la herramienta se puede inundar y se puede crear un corto circuito. El *o-ring* cumple una función de sello en las conexiones de las herramientas ante agentes externos (agua, polvo, lodo de perforación, etc.). Esto es producto por la falta de supervisión y conocimiento práctico en la tarea.

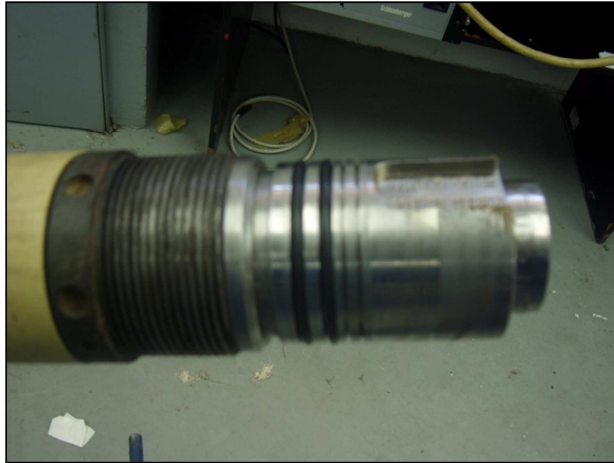


Fig. IV.19: O-rings (goma de color negro).

Los repuestos de los accesorios y herramientas que se almacenan en el laboratorio se encuentran mal ubicados, además que no poseían una ubicación fija. Este detalle es uno de los principales causantes de pérdida de tiempo dentro del laboratorio ya que el personal no puede encontrar el repuesto necesario rápidamente (fig. IV.20). Esto produce que el mantenimiento no sea eficiente.



Fig. IV.20: Cajas de almacenamiento de partes nuevas y usadas.

Las herramientas de mano utilizadas en el laboratorio están ubicadas en lugares no identificados que puede ocasionar que el personal de mantenimiento del

laboratorio pierda alrededor de cinco minutos o más, solamente ubicando una de ellas (fig.IV.21a y IV.21b).



Fig. IV.21a: Estantes sin identificación.



Fig. IV.21b: Gavetas sin identificación

Muchas veces no se cuenta con todos las piezas que se quieren reemplazar de un accesorio o herramienta. El envío de una pieza fabricada por *Schlumberger* desde un centro de fabricación o *Product Center* una vez que ha sido pedida por el segmento *Wireline*, puede durar varias semanas o meses (en promedio de dos meses o más porque estos centros se encuentran fuera del país), lo que ocasiona que la

herramienta o accesorio que se está trabajando quede inactivo por un tiempo. O también ocurre que la cantidad de los repuestos que se tienen en el almacén no son suficientes para abastecer a todas las herramientas o accesorios que se quieran reemplazar, y por esta razón se sustituyen piezas por otras que no necesariamente tienen el mismo número de parte, pero en teoría cumplen la misma función, o muchas veces se reutilizan piezas que probablemente parecen estar en buen estado pero con el tiempo de vida útil vencido. Si se reutilizan las piezas, las probabilidades de fallar aumentan aún más. Esta ha sido uno de los principales causantes de las fallas operacionales.

También se ha dado el caso que los recursos que el laboratorio ha solicitado para poder realizar el mantenimiento adecuado no han sido aprobados cuando se necesitan, bien sea porque la productividad en un determinado mes no fue el mejor o no fue suficiente para invertir en esos recursos o porque dicha inversión no fue debidamente justificada. Se necesita de un apoyo mutuo entre estas dos partes para que los requerimientos del mantenimiento estén presentes y así la eficiencia/eficacia se vea favorecida.

Otra falla importante que influye en la eficiencia de mantenimiento del laboratorio es que no hay un mecanismo consistente y seguro para trasladar las herramientas del *Rack* Amarillo de *FIT* hasta los carritos especiales de transporte (fig. IV.22a y IV.22b). Actualmente se está utilizando una grúa mecánica pequeña que está en muy malas condiciones, catalogada así por expertos en el área de mecánica de la empresa. El proceso de izamiento con la grúa es muy lento (se pierden aproximadamente 10 minutos por herramienta), y luego para moverlas hasta el carrito es complicado por el peso y la inestabilidad de la grúa.



Fig. IV.22a: Del rack del laboratorio al carro de transporte.



Fig. IV.22b: Grúa mecánica.

Ocurre que el brazo de la grúa mecánica es muy corto para la operación ya que obliga a cuadrar el carro de transporte entre las bases de la grúa para que la herramienta pueda descender en condiciones seguras. Su utilización no es muy práctica para la operación y esto se evidencia en los cálculos de tiempo en el proceso. Esta es una de las principales causas del exceso de tiempo del proceso.

Cuando se le hace *FIT* a las herramientas de registro, una por una, se necesita proteger las roscas superior e inferior de la herramienta antes de sacarlas del laboratorio. Ha pasado muchas veces que no se consiguen suficientes tapas protectoras para colocárselas, bien sea porque muchos juegos de tapas están en los trabajos o en las demás herramientas esperando por chequeo, entonces se tiene que esperar que se desocupen algunas para poder continuar con el proceso.

Herramientas que no se pueden sacar del laboratorio van ocupando espacio innecesario en el laboratorio que reduce al mismo tiempo el espacio requerido para realizar el mantenimiento respectivo a las demás herramientas (fig. IV.23).



Fig. IV.23: Tapas protectoras de herramientas

El control de los puntos débiles (fig. IV.24) de las cabezas de registros no se ha establecido completamente. Este mecanismo de ruptura está diseñado para un tiempo de vida útil específico, el cual no puede ser mayor a tres meses; no puede exceder más de 5; 20 ó 25 viajes (depende del punto débil) y además, si es tensionado por más del 75% de la tensión mínima de su rango, su probabilidad a fallar son mayores. Por esto al no cumplirse una de estas condiciones límites, el punto débil puede romperse y puede ocasionar consecuencias críticas y muy costosas para la compañía.



Fig. IV.24: Puntos débiles a tensión

Una falla que se presenta en el laboratorio es también la falta de organización a la hora de trabajar, ya que entre los ayudantes del laboratorio puede ocurrir un choque entre funciones o tareas que ocasiona, a su vez, una interrupción al momento de realizar una actividad. Es necesario delegar funciones específicas a cada persona que se encuentra en el laboratorio para que las tareas se realicen con mayor orden y disciplina.

También ocurre que las cajas listas (fig. IV.25) que son utilizadas para armar los cañones en el pozo en operaciones a hoyo revestido son preparadas en el laboratorio de *FIT*. Estas cajas son preparadas generalmente en el momento cuando los ingenieros de campo informan cuantas bajadas de cañones van a realizarse en un trabajo. Muchas veces las cajas salen incompletas del laboratorio porque no se conoce con exactitud del número de bajadas que se van a realizar. Esto se debe corregir. Esta causa influye discretamente en el proceso ya que se está desaprovechando un área que puede ser bastante útil para el proceso.



Fig. IV.25: Ready Boxes

El Cuarto de Accesorios, que también forma parte del Laboratorio, está muy mal organizado (fig. 26). En este cuarto se guardan muchas de las cosas que se deben llevar para los trabajos en los pozos como centralizadores, aros para la calibración

de herramientas, pescados (electrodos utilizados cuando se corren herramientas de resistividad), ejes flexibles, entre otros. La consecuencia inmediata causada por este pequeño problema es el tiempo perdido que pueden tener los ingenieros de campo y su cuadrilla tratando de reunir todos los accesorios necesarios para izar y correr las herramientas en el pozo.



Fig. IV.26: Cuarto de accesorios.

IV.5.2 Identificación de Fallas en el control del equipo de Rig Up:

Relacionado con el equipo de *Rig Up* se han detectado algunas fallas importantes. El control de este equipo se ha tratado de implementar por cajas, en donde cada caja tiene asignado un equipo específico con seriales específicos. En la base *Wireline* se encuentran cinco cajas y está totalmente prohibido intercambiar, extraer ni agregar algún equipo sin antes ser consultado por el encargado del *Rig Up*.

Desde principios de este año se han presentado problemas que han quedado inconclusos relacionados al extravío de este equipo. En la fig. 27 se puede evidenciar como permanecen algunas de las cajas de Rig Up en la base. El inventario que es realizado por el encargado del *Rig Up*, una vez que una caja sale de la base, no coincide con el inventario que se realiza al llegar, y la mayoría de las veces es porque llega incompleto o porque parte del equipo es intercambiado o se agregan nuevos

equipos sin antes informarle al encargado. Esto, obviamente, genera un descontrol en el equipo porque los cambios realizados no son debidamente reportados a la persona que lleva el control. Además de esto, las certificaciones y actualizaciones de los cambios no se hacen al momento por parte del encargado, es decir, no se realizan al día, generando así análisis no reales del estado funcional de estos equipos en la base cuando se evalúa el desempeño del proceso de mantenimiento del segmento. Esto afecta en los estudios de los KPI del área de mantenimiento. Este control también se hace un poco difícil porque la base *Wireline* de Las Morochas es compartida con la base de Barinas, en donde también hay equipos de *Rig Up* pero sin un responsable en sitio. Son varias razones o causantes del descontrol en el equipo de *Rig Up*.



Fig. IV.27: Cajas de *Rig Up* no aseguradas.

IV.5.3 Identificación de Fallas en el Área del Lavado

Otro factor importante, considerado como generador de la mayor pérdida de tiempo en la preparación de herramientas para el lavado que se ha presentado en los últimos meses es que el *hidrojet* (fig. IV.28) que se ha empleado no está en óptimas condiciones como para lavar eficientemente las herramientas que llegan de pozo (se concluye esto luego de las observaciones realizadas durante los meses en cuestión). Lo que ocurre es que el fluido que se encuentra en el pozo impregna completamente la parte externa de las herramientas, y con el tiempo, este fluido se adhiere a las paredes haciendo más difícil su remoción. La presión de operación del *hidrojet*, según sus especificaciones, es de 1.740 psi. Según la opinión de expertos en

el área y en mecánica de la empresa, la presión del *hidrojet* es suficiente para realizar el trabajo (mínimo 1500 psi) pero las condiciones físicas en las que se encuentra no son óptimas, ya que el *hidrojet* no puede operar más de 30 min continuos porque el motor se recalienta y se debe apagar para que descanse, además que en la manguera utilizada hay presencia de grietas que contribuyen a la fuga de caudal y presión (el *hidrojet* tiene más de 7 años de uso en el lavadero y en condiciones originales se podía realizar la operación en menos de 40 minutos, según los operadores del segmento de mayor experiencia). La sugerencia del personal experto en el tema fue reemplazar el hidrojet por uno en mejores condiciones funcionales. En esta actividad se emplea una escoba para el apoyo del lavado.



Fig. IV.28: *Hidrojet* que se usa en el lavadero.

Los Operadores que son asignados al área del Lavadero para limpiar las herramientas, se dirigen muy tarde al sitio, retrasando el proceso de lavado de todo lo que se encuentra en el área del lavadero, y en consecuencia, retarda el proceso de mantenimiento del laboratorio. La falta de supervisión en el área ha causado que el personal asignado no realice las actividades correspondidas.

IV.5.4 Otras fallas que perjudican el proceso de mantenimiento del laboratorio.

El número de carritos de transporte, como se muestra en la figura IV.29, utilizados para transportar las herramientas no es suficiente para el trabajo de

mantenimiento. Actualmente se cuentan con ocho carros de transporte en la base de los cuales, por ejemplo, dos son utilizados para el chequeo de herramientas, otros dos son utilizados en los demás laboratorios y el Laboratorio de *FIT* solo utiliza cuatro para sus operaciones. Se hicieron estimaciones a través de observaciones con el personal experimentado en el área y se determinó que 6 carros de transporte pueden ingresar al laboratorio sin ningún problema con herramientas para hacerle *FIT*, quedando suficiente espacio para realizar las demás operaciones. Es importante incrementar el número de carritos porque ocurre muchas veces que el personal del laboratorio de *FIT* y Accesorios debe esperar alrededor de quince (15) minutos o más para poder utilizar otro carrito de transporte para otra herramienta.



Fig. IV.29: Carros de transporte.

En el laboratorio solamente trabajan dos personas de manera fija: el líder del laboratorio y el encargado de accesorios. Debido a la rapidez y práctica que se requiere para realizar el mantenimiento eficientemente, es necesario la incorporación de otra persona en el laboratorio de mantenimiento para que apoye en el mantenimiento y en el apoyo del izamiento de herramientas del rack de *FIT* a los carros de transporte y luego del laboratorio a los rack ubicados en el área de chequeo. Estas operaciones, por normas de seguridad establecida por el departamento de calidad, seguridad, ambiente y salud, no las debe realizar una sola

persona, sino dos personas como mínimo. Esto es lo que se intenta conseguir con la incorporación de la persona encargada del *Rig Up* al laboratorio ya que su trabajo no demanda tanto tiempo y movilidad como lo requiere las actividades en el laboratorio.

En líneas generales, tomando en cuenta las necesidades y expectativas del cliente establecidas inicialmente en este capítulo, se puede notar que el proceso no trata de cubrir las expectativas del cliente, sino las necesidades. La satisfacción de las expectativas es fundamental para lograr un proceso de calidad, no solo las necesidades.

IV.6 PLAN DE MEJORA DEL PROCESO

IV.6.1 Propuesta para el Proceso de Mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios.

En vista de que se han detectado fallas en muchas de las etapas del proceso del trabajo y mantenimiento del Laboratorio de *FIT* y Accesorios, se ha propuesto un proyecto englobando todas las actividades relacionadas con este laboratorio conservando la armonía con los demás departamentos de la base. El proceso que se ha venido practicando en estos últimos meses no ha sido malo pero tampoco ha sido el más adecuado para la empresa.

Esta propuesta comprende el planteamiento de un proceso de mantenimiento bien definido siguiendo las etapas establecidas por el segmento a nivel mundial, con una estructura organizativa del personal que trabaja en el laboratorio, así como de las funciones específicas que cada uno de ellos debe cumplir; una mejor distribución del espacio del laboratorio con la finalidad de incluir equipos que mejorarían el proceso de mantenimiento y también considera ciertas funciones que se deben desempeñar en áreas o departamentos relacionados con el laboratorio para que el objetivo se pueda lograr. En los siguientes puntos se explican cada una de las partes de esta propuesta.

En primer lugar se redefinió el proceso que se ha estado realizando correspondiente al laboratorio de *FIT* y Accesorios. En este proceso se eliminaron las actividades referentes al área de lavado ya que, esta actividad le produce mucho desgaste al personal del laboratorio y a la vez le limita el tiempo que debe ser destinado para el mantenimiento *FIT* (de las herramientas de registro) y *TRIM* para los accesorios. Además se incorpora la figura del encargado de Rig Up para que apoye el proceso ya que su ritmo de trabajo no es constante en el tiempo así como lo es el mantenimiento en FIT, quedando la estructura organizativa de la siguiente manera (fig. IV.30).

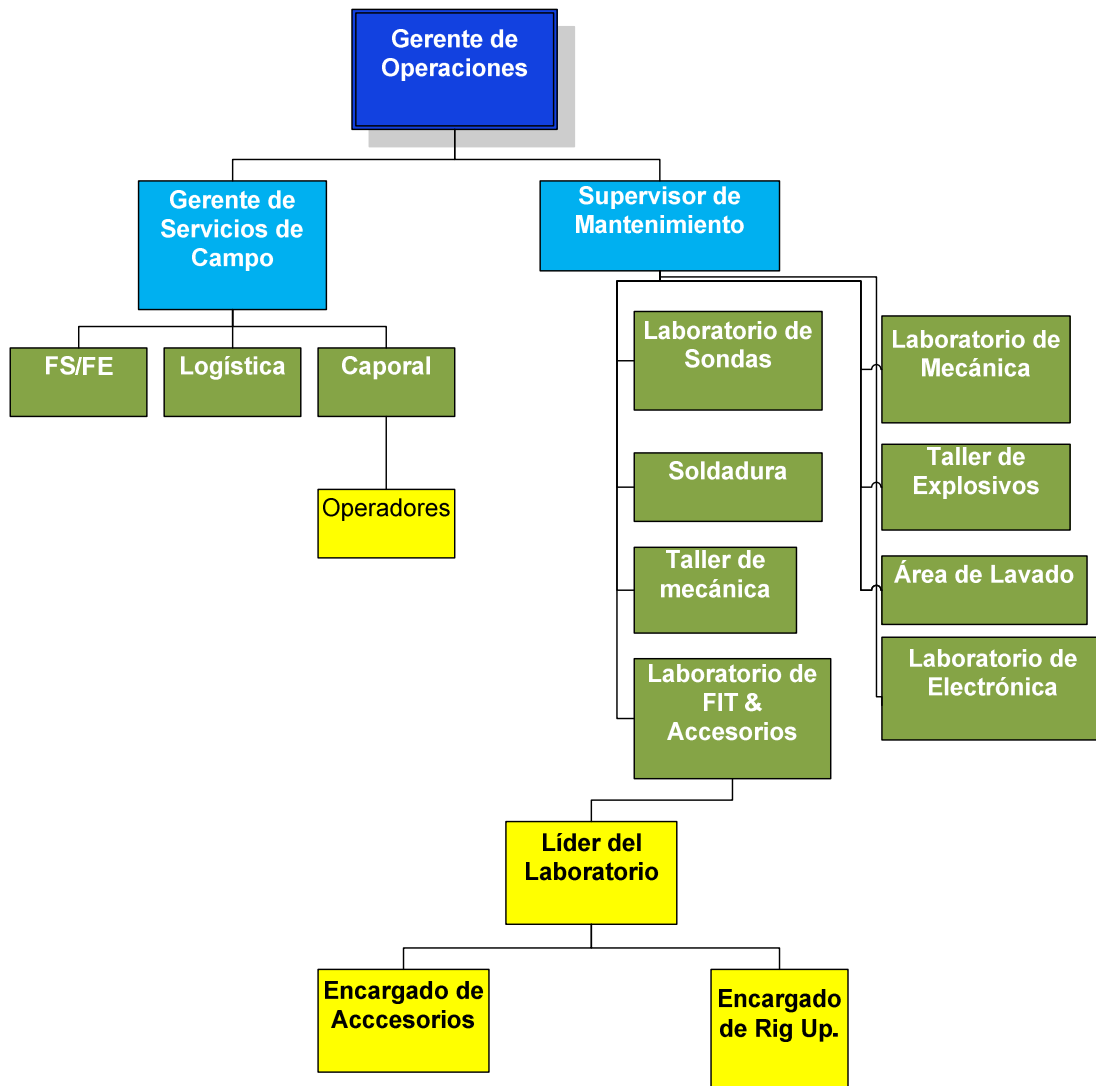


Fig. IV.30. Nueva estructura organizativa para el laboratorio.

El proceso general que se propone es el representado en las figuras IV.31, IV.31a, IV.31b, IV.31c y IV.31d. (Igualmente, las figuras pueden visualizarse mejor en el anexo electrónico 6).

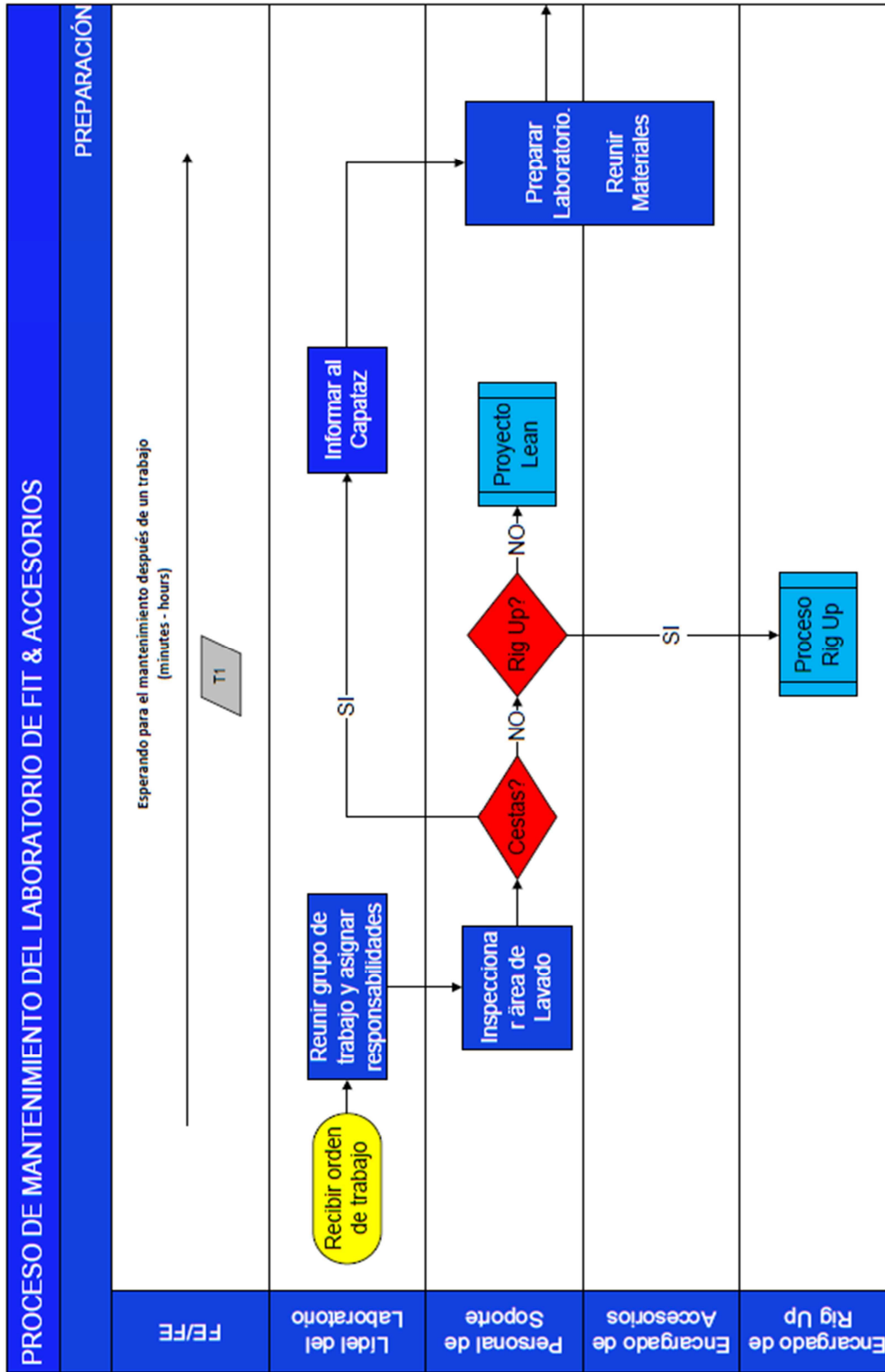


Fig. IV.31a: Preparación

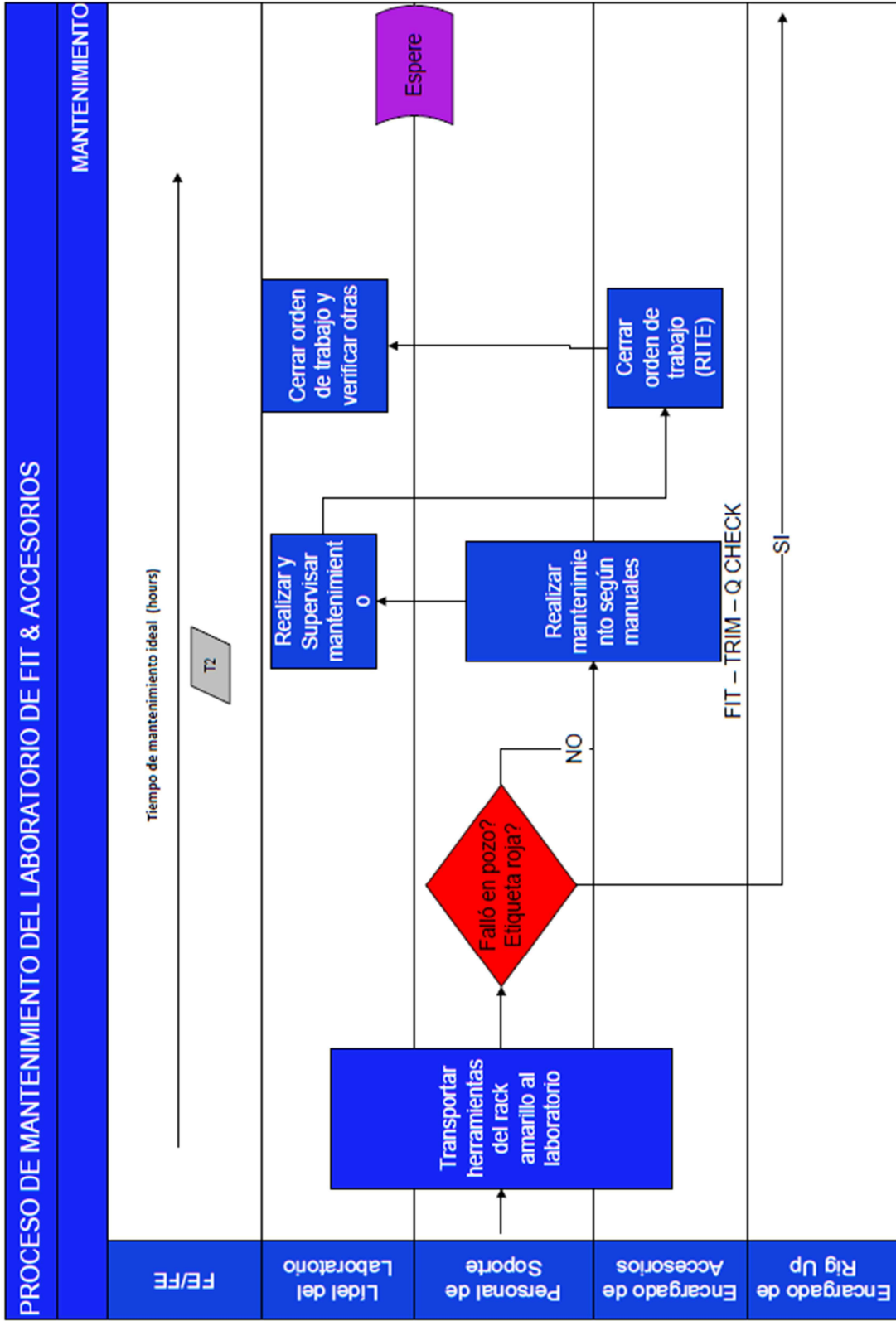


Fig. IV.31b: Mantenimiento

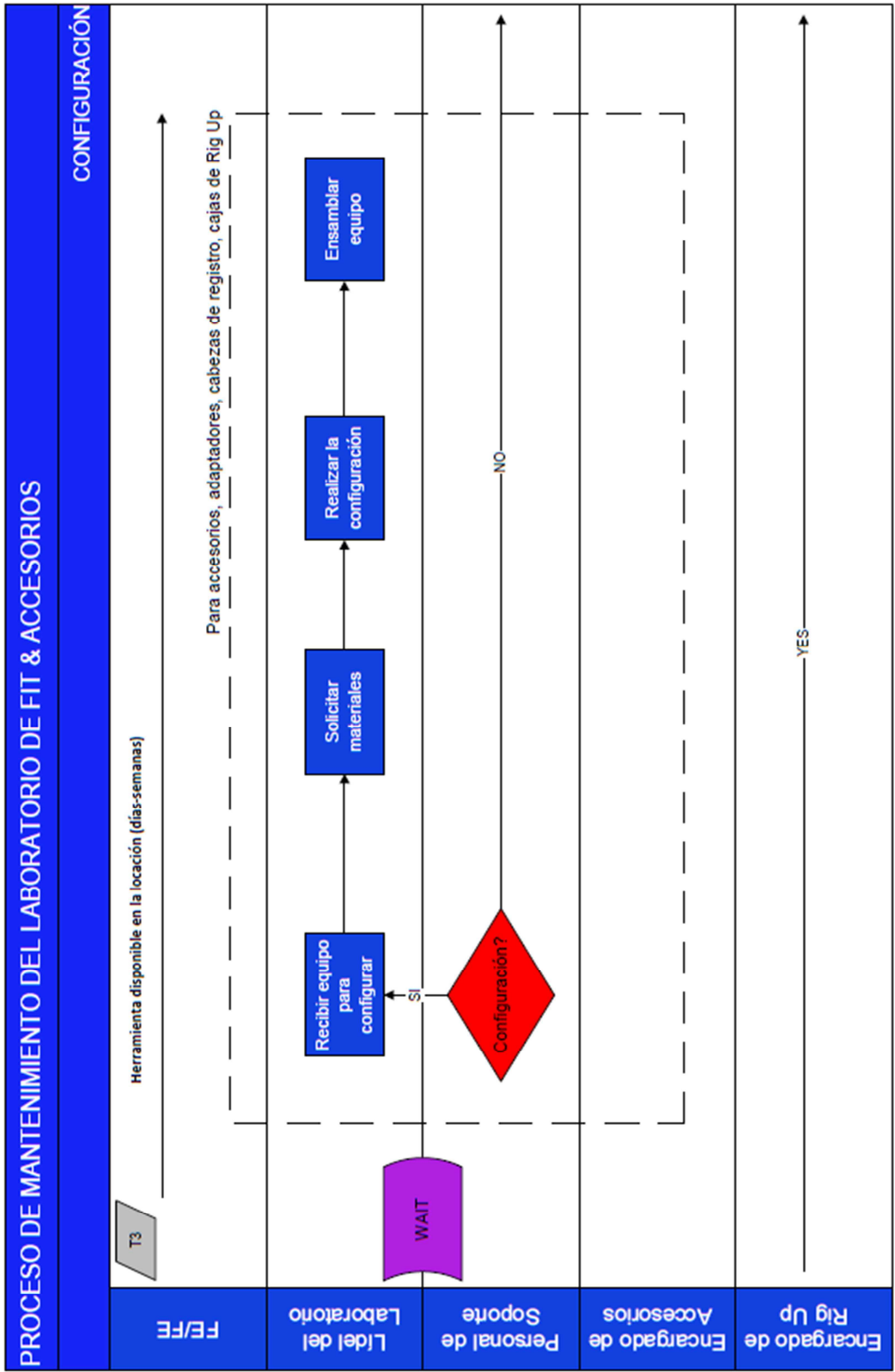


Fig. IV.31c: Configuración

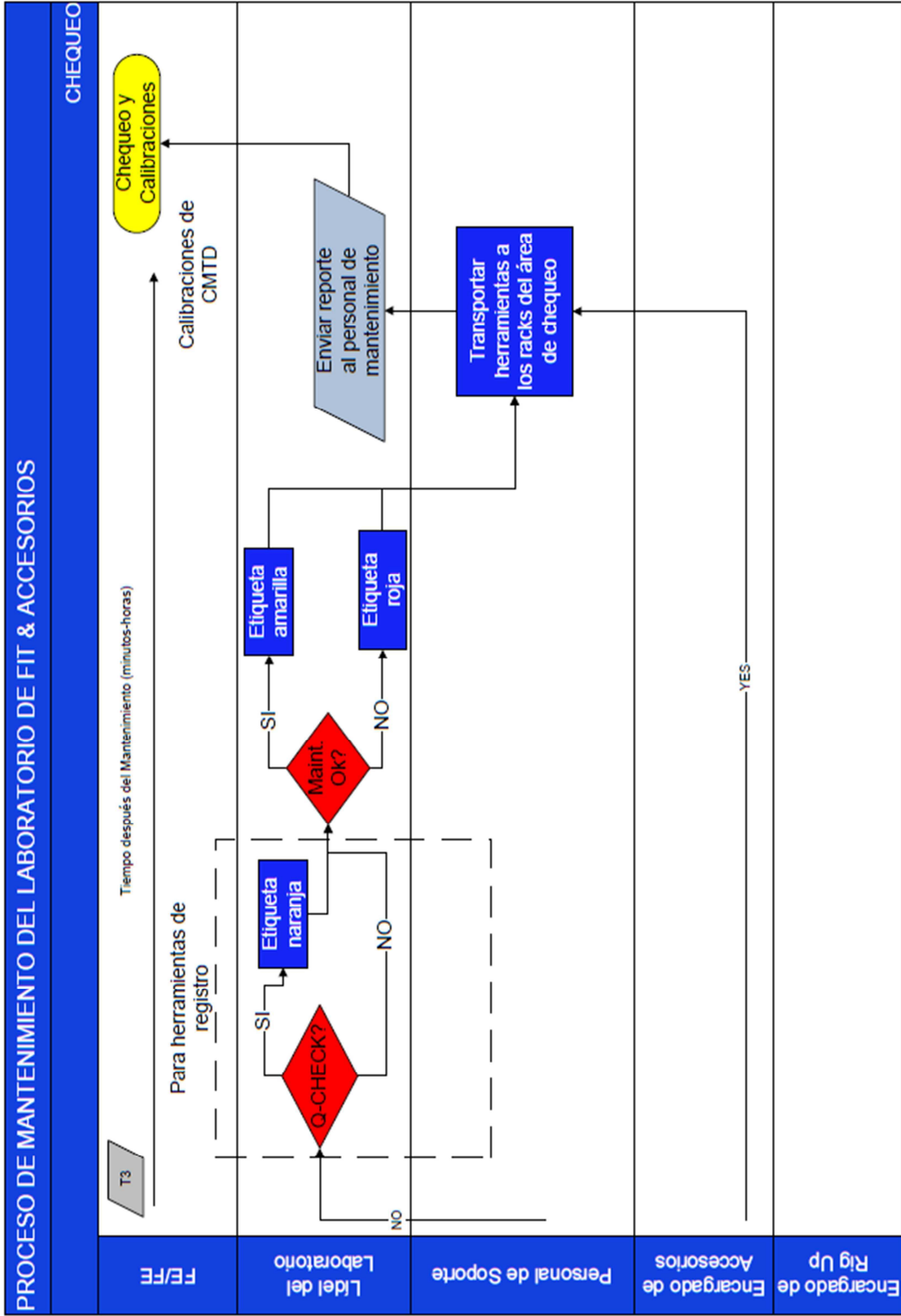


Fig. IV.31d: Chequeo

El proceso modificado que se está planteando puede explicarse de la siguiente forma: La actividad en el Laboratorio de *FIT* y Accesorios comienza a movilizarse una vez que las cestas con herramientas y cajas de *Rig Up* llegan al Lavadero de la base luego de un trabajo. El Supervisor de Mantenimiento del Segmento debe informarle antes al Líder del laboratorio para que, en conjunto con su equipo de trabajo, estén atentos de las movilizaciones de equipos dentro de la base. Una vez que llegan las cestas y/o cajas de *Rig Up* al Lavadero, el personal del laboratorio de *FIT* debe Inspeccionar el equipo y verificar a grandes rasgos que tipos de herramientas están dentro de la cesta para planificar las actividades de mantenimiento. Adicionalmente debe apoyar el proceso de lavado avisándole al capataz de la empresa que asigne operadores para lavar las herramientas.

Ya chequeado el equipo en el Lavadero, se debe estimar aproximadamente que tipo y cantidad de materiales hay que solicitar en el almacén como *o-rings*, silicón, cajas especiales para hacerle mantenimiento a herramientas con calipers, vensol, etc. De igual forma, hay que alistar los carros especiales para el transporte de herramientas y accesorios una vez que estén listas para hacerles mantenimiento. En este punto hay que definir las herramientas, accesorios y equipos que son prioridades para el próximo trabajo para poder atenderlas de primero y así mejorar la eficacia.

Una vez que los operadores terminen de lavar y transportar las herramientas y accesorios al *rack* amarillo del laboratorio, el equipo de *FIT* debe transportar las herramientas y accesorios del *rack* amarillo hasta la parte interna del laboratorio para realizar el mantenimiento respectivo. En esta etapa hay que establecer prioridades nuevamente, para atender las herramientas que se requieren con más urgencia para el próximo trabajo. En cuanto a las cajas de *Rig Up*, sólo se deben lavar por la parte externa para mantener en buen estado su aspecto físico y permanecerán en el lavadero hasta que el encargado de *Rig Up* realice el proceso de mantenimiento respectivo.

Una vez que las herramientas y accesorios son ingresadas en el Laboratorio, se debe ir creando un inventario con todos los códigos de los equipos y número de seriales, tanto interno como externo, para mantener un control en el chequeo y mantenimiento del equipo (tabla 6 en Anexos). Seguidamente se le debe realizar el mantenimiento respectivo a las herramientas (sólo *FIT*) y a los accesorios (*FIT* o *TRIM*). Por el laboratorio deben pasar todos los accesorios para ser inspeccionados antes de ser transportados al cuarto de accesorios.

En caso de que los equipos necesiten alguna configuración específica, el Supervisor de Mantenimiento debe informarle al Líder del Laboratorio las características de la configuración para ejecutarlas. El Líder del Laboratorio de *FIT* y Accesorios tiene la responsabilidad de supervisar todas las actividades que se están realizando en esta área para evitar que se cometan errores durante el mantenimiento. Se supone que el personal de mantenimiento está capacitado para realizar el trabajo, pero la supervisión puede ayudar a mejorar la calidad del mantenimiento.

Una vez que el mantenimiento y las configuraciones fueron realizados, se debe revisar si las herramientas que están en el laboratorio necesitan mantenimiento *Q-Check*. Si necesitan mantenimiento *Q-check* se deben etiquetar de color naranja (o con una etiqueta amarilla y una roja) y se deben colocar en el *rack* amarillo que se encuentra en el área de chequeo; pero si no necesitan *Q-check*, las herramientas deben ser etiquetadas solo de color amarillo y ubicadas en el *rack* amarillo que está en el área de chequeo. Finalmente, el líder del laboratorio debe enviar un reporte a todo el personal de mantenimiento para que se informen sobre el trabajo que se ha realizado con sus especificaciones. La intención de la hoja de mantenimiento es hacer más rápido la actualización del trabajo realizado en RITE al final de la jornada laboral. De esta manera el líder del laboratorio no tiene que estar actualizando a cada momento en la aplicación y se dedica a realizar el mantenimiento y a supervisar las actividades.

Existen algunas normativas que hay que considerar también antes de realizar el mantenimiento: Si una herramienta entra al laboratorio con etiqueta roja o con un reporte de falla ocurrida en un pozo, el líder del laboratorio debe ubicarlas en el *rack* rojo y notificarle al supervisor de mantenimiento para que le asigne la reparación a algún laboratorio. En teoría, se asume que el supervisor ya debe saber que la herramienta falló en el pozo.

Luego de que los accesorios son chequeados y reparados en el laboratorio deben ser etiquetados (los que requieran) y colocados en el cuarto de accesorios, en su respectivo lugar.

IV.6.2 Propuesta para el Control del Equipo de Rig Up

Antes de explicar este proceso, las cajas de *Rig Up* requieren de una modificación interna de menor escala. Se les debe soldar un contenedor pequeño de aluminio a una de las compuertas (en su parte interna), así como lo muestra la fig. IV.32, que será utilizado para anexarle la documentación respectiva al equipo de la caja (certificaciones de cada equipo y un inventario general que debe ser realizado y chequeado por el ingeniero de campo luego de cada trabajo).

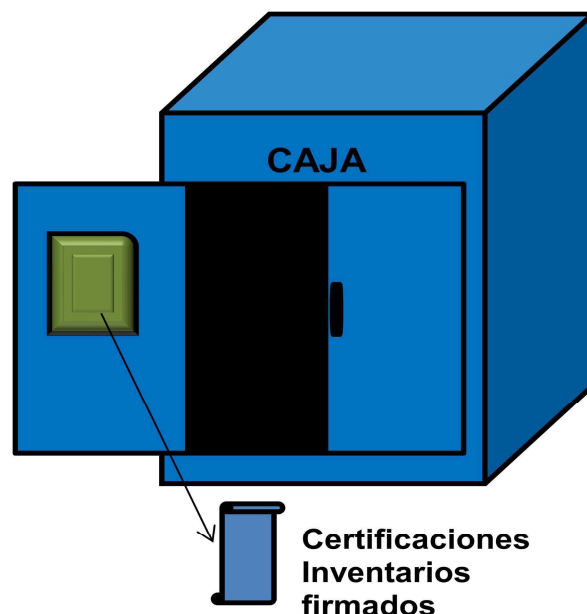


Fig. IV.32: Caja de *Rig Up* (modificación)

El proceso de mantenimiento que se plantea para estas se puede observar en las fig. IV.33, IV.33a y IV.33b (igualmente puede visualizar mejor en el anexo electrónico 6). Una vez que las cajas son lavadas externamente, se debe realizar una inspección e inventario de lo que contiene cada caja. Sucesivamente se debe chequear el registro de inventarios de la carpeta de equipo de *Rig Up* que debe tener cada caja en el contenedor interno. Ésta, a su vez, debe estar firmada y revisada por cada ingeniero luego de utilizar la caja, para mantener un seguimiento y mejor control de estos equipos. Los inventarios deben ser realizados por el encargado de *Rig Up* antes de salir y luego de llegar a la base, y por parte de los ingenieros luego de cada trabajo. Luego de realizar el inventario de la caja se debe ejecutar el mantenimiento respectivo. Si se necesita realizar alguna configuración en el equipo de *Rig Up* de una determinada caja, el Supervisor de Mantenimiento de la base debe informarle al Líder del Laboratorio de *FIT* y Accesorios, para que éste le haga llegar la información al encargado de *Rig Up*.

Las certificaciones del equipo de *Rig UP* deben ser verificadas antes de que las cajas salgan de la base ya que esta documentación es un requisito fundamental para poder usar el equipo. Si el equipo no está certificado, no puede ser usado. En caso de que las certificaciones se encuentren vencidas o un equipo no se haya certificado, se debe contactar al departamento de compras (cadena de proveedores) para que éste se comunique con el contratista encargado de certificar los equipos. Si no se puede certificar el equipo antes del próximo trabajo, el equipo debe ser reemplazado.

Una vez realizado todos los mantenimientos se deben cerrar los requerimientos de mantenimiento (órdenes de trabajo) en *RITE*, registrar las modificaciones y se deben actualizar el estatus del equipo de *Rig Up* tanto en *RITE*, como el servidor de la compañía, así como en las carpetas de las cajas respectivas.

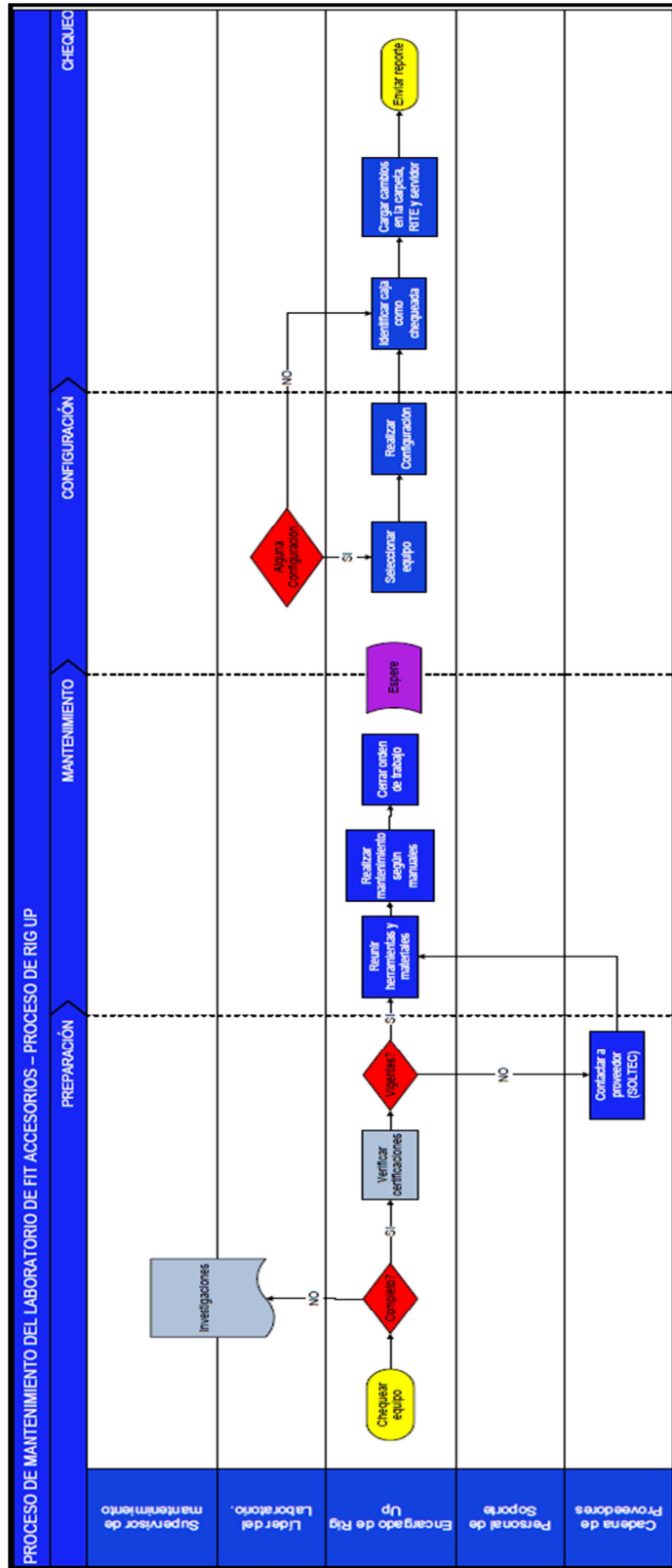


Fig. IV.33: Proceso de Rig Up

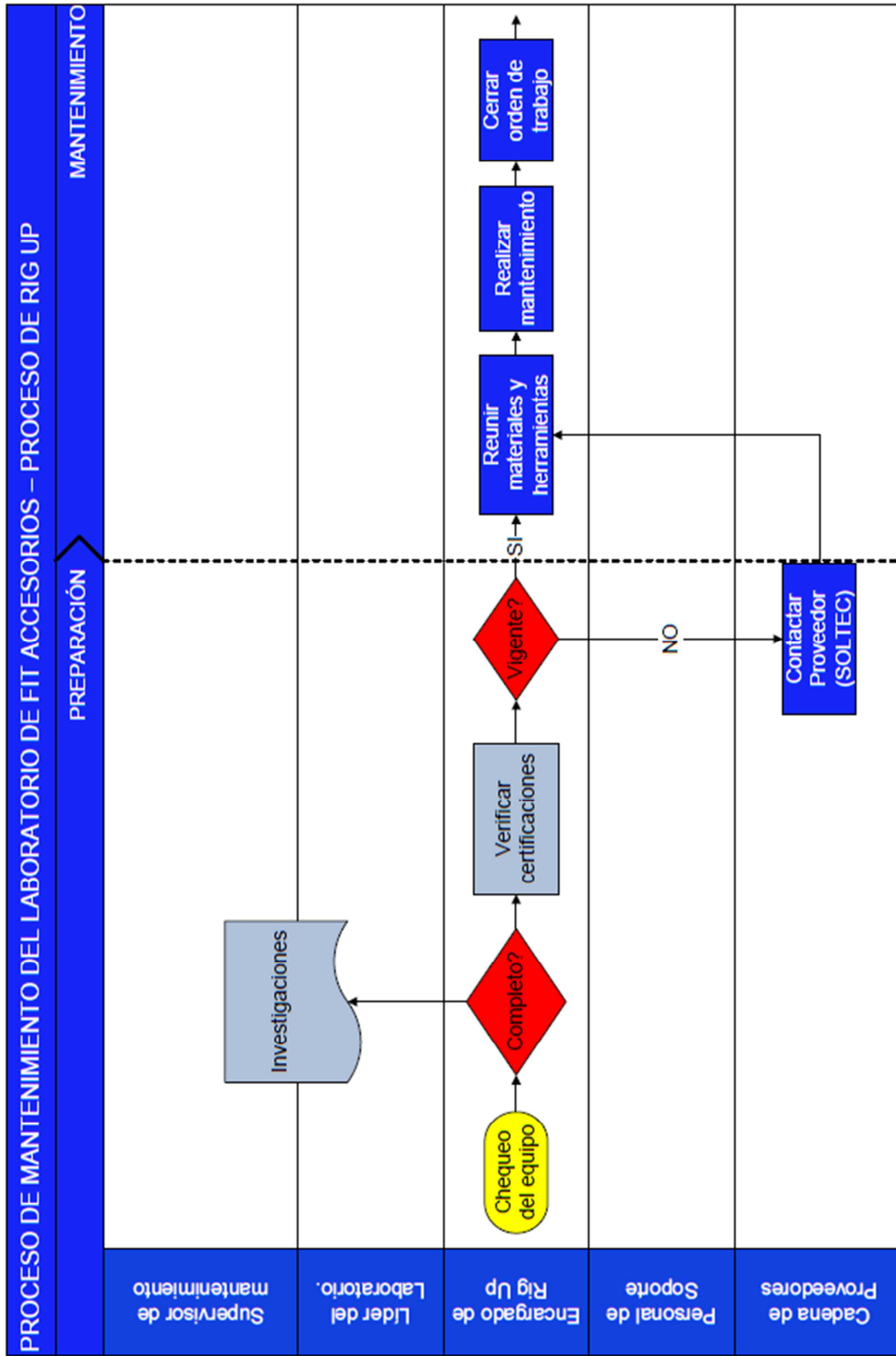


Fig. IV.33a: Preparación y Mantenimiento

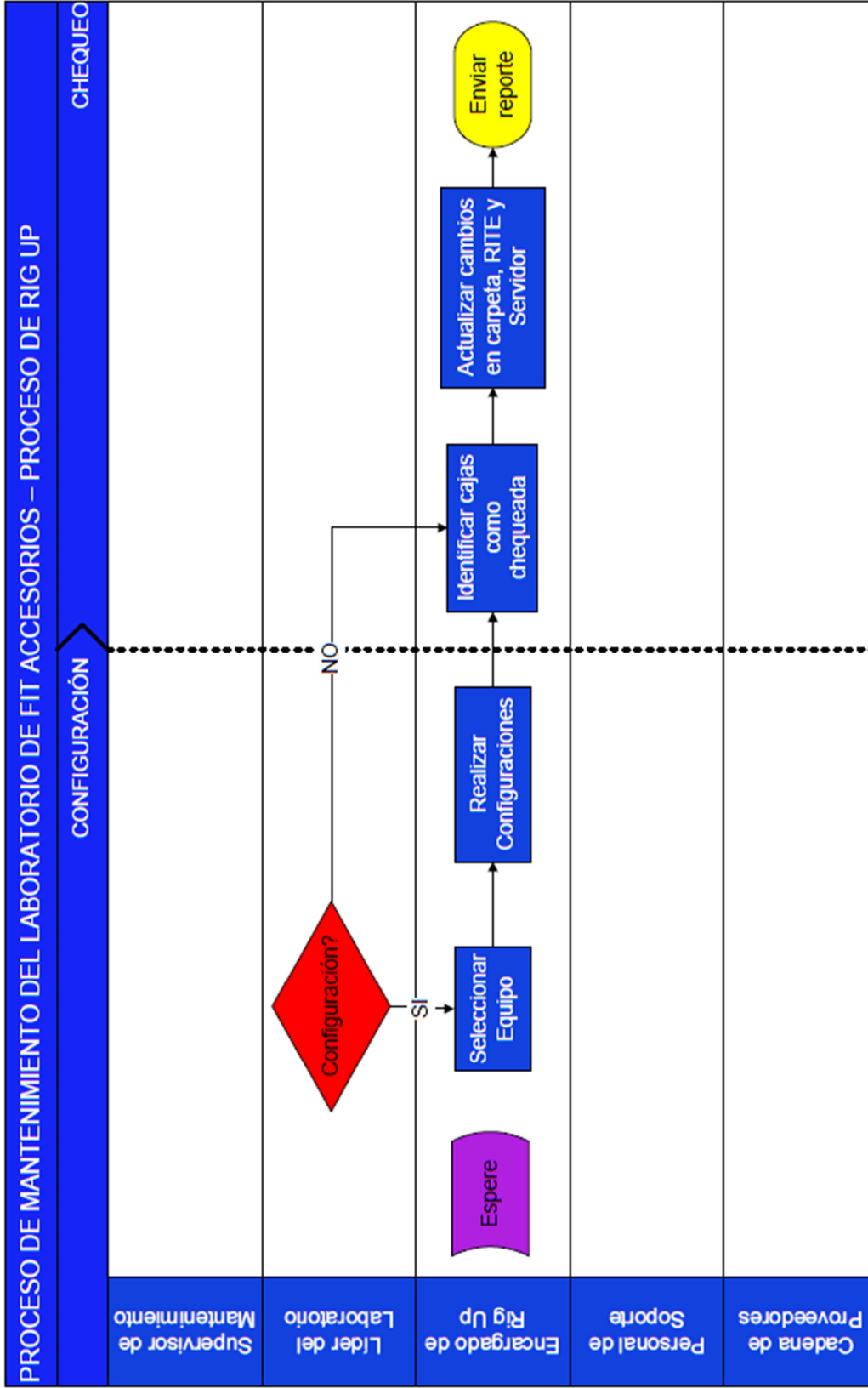


Fig. IV.33b: Configuración y Chequeo

IV.6.3 Roles y Funciones

Se creó una carta RASCI (*RASCI CHART*, tabla 7 en los anexos) en donde se puede evidenciar con más detalle las funciones que se realizan en el laboratorio y quiénes son los responsables directos, los de soporte, los supervisores, los consultores y los informados. De esta manera se puede visualizar mejor el proceso y sus especificaciones. Esta matriz tiene el objetivo de apoyar el trabajo que desempeña cada uno de los trabajadores del laboratorio de FIT para lograr que se enfoquen en el cumplimiento de sus responsabilidades obligatorias como empleados.

a) Líder del Mantenimiento del Laboratorio

- Asistir a las reuniones de operaciones todas las mañanas (8:00 am).
- Delegar responsabilidades en los trabajos pendientes día a día.
- Identificar cuales herramientas necesitan mantenimiento *Q-Check* utilizando un listado de las herramientas y accesorios proporcionado por el Supervisor de Mantenimiento, quien lo hará semanalmente.
- Supervisar las actividades desempeñadas por el personal de soporte, por el encargado de accesorios y por el encargado de *Rig Up*.
- Manejar detalladamente la información de los manuales de mantenimiento de todas las herramientas y accesorios que pasan por el laboratorio.
- Practicar procedimientos de mantenimiento seguros, sin poner en riesgo la seguridad y salud de su grupo de trabajo.
- Cerrar las órdenes de trabajo en *RITE* según el tipo de mantenimiento que se haya realizado por cada herramienta o accesorio, así como las modificaciones realizadas.
- Etiquetar las herramientas y accesorios según corresponda (amarillo, rojo o azul) antes de salir del laboratorio.
- Calibrar los *IDW*.
- Hacer pedidos mensuales de las partes de los equipos que se utilizan con mayor frecuencia para garantizar que en el almacén siempre haya material y el mantenimiento se haga de la manera correcta, sin reutilizar piezas.

- Enviar reporte diario de las actividades realizadas en el día al Supervisor de mantenimiento y a todo el personal de laboratorio especificando las herramientas que fueron trabajadas en el laboratorio y si necesitan *Q-Check*.
- Establecer dos (2) días a la semana para hacerle un seguimiento al cuarto de accesorios. Delegar actividades para mantener la limpieza, orden e identificación respectiva.
- Adiestrar al personal de soporte que está trabajando en el laboratorio para evitar fallas por falta de conocimiento de los manuales de mantenimiento.
- Cumplir con los objetivos estipulados de mantenimiento.
- Incentivar a su grupo de trabajo a la práctica del Proyecto Lean.

b) Encargado de Accesorios.

- Preparar el laboratorio antes de realizarle mantenimiento a las herramientas y accesorios.
- Mantener en condiciones óptimas de funcionamiento los accesorios que se encuentran en el cuarto de accesorios y todos los que entran al laboratorio.
- Realizarle el mantenimiento respectivo a las cabezas de registro.
- Mantener el orden, limpieza y disciplina en el laboratorio.
- Mantener un control de los puntos débiles de las cabezas de registro en conjunto con los ingenieros de campo.
- Adiestrar al personal de soporte de mantenimiento.
- Reportar al líder del laboratorio las actividades desempeñadas día a día.
- Manejar la información más importante de los manuales de mantenimiento de las herramientas y accesorios.
- Supervisar las actividades desempeñadas por el personal de soporte.

c) Encargado del Equipo de *Rig Up*.

- Hacer el inventario de las cajas de los equipos de *Rig Up* al llegar y al salir de la base.

- Cumplir con el mantenimiento respectivo de cada equipo de *Rig Up* (*FIT-TRIM*).
- Distribuir el equipo de *Rig Up* necesario por cada caja.
- Crear un control de las cajas de *Rig Up* en el servidor de la empresa en donde se especifiquen:
 - 1) Tipo de Equipo.
 - 2) Número de Serial.
 - 3) Certificaciones respectivas.
 - 4) Fecha de inicio de trabajo.
 - 5) Base a donde pertenece el equipo.
 - 6) Base en donde se encuentra físicamente el equipo.
 - 7) Tiempo de vida útil del equipo.
- Mantener vigente las certificaciones del equipo de *Rig Up*.
- Si se necesita certificar un equipo de *Rig Up*, debe contactar al departamento de compras para que se comunique con la contratista encargada de hacer las certificaciones. Esta solicitud se debe realizar al menos un mes antes de que se venza la certificación.
- Velar por las condiciones físicas de las cajas de *Rig Up*. En caso de encontrar evidencias de maltrato con la caja hacer reporte y contactar al soldador para repararla.
- Crear una carpeta con las certificaciones y anexarla en las cajas de *Rig Up* en donde cada ingeniero pueda revisar esta documentación. También se anexará un formato o lista que tendrá que llenar y firmar el ingeniero antes y después de realizar el trabajo. De esta manera se podrá verificar si el equipo de dicha caja llega y se va completo del taladro en donde se realizó el trabajo. Esta manera de controlar el equipo de *Rig Up* obligará al ingeniero a responsabilizarse mucho más con el equipo que utiliza en cada trabajo porque ha ocurrido que las cajas salen de la base con el equipo completo y retornan con el equipo incompleto.

- Es importante mantener un seguimiento del lugar a donde se traslada la caja de *Rig Up*, así como del ingeniero que va a desempeñar el trabajo para que, ante cualquier eventualidad con el equipo, sepa a quien dirigirse y hacer las investigaciones.
- Las cajas de *Rig Up* deben permanecer aseguradas. Luego de cada inventario, se debe identificar la caja como chequeada para que los ingenieros de campo sepan que este procedimiento fue realizado. Si el personal observa que el distintivo fue alterado, le debe notificar al encargado de *Rig Up*.

d) Personal de Soporte de Mantenimiento

Este personal comprende los operadores, pasantes e ingenieros en entrenamiento que están en el laboratorio periódicamente. Siempre hay personal de este tipo en el laboratorio y su función principal consiste en apoyar en las operaciones de mantenimiento. Es importante que este personal no trabaje sin ser supervisado porque realmente no está calificado para hacer el trabajo. Su ayuda también se reflejará en la logística para transportar las herramientas del lavadero al laboratorio y del laboratorio a los *racks*.

El Supervisor de Mantenimiento, como jefe general de todos los laboratorios, también debe cumplir con ciertas actividades para que el proceso de mantenimiento se cumpla sin ningún inconveniente. A continuación se presentan los requerimientos mínimos que esta persona debe seguir para la armonía del proceso:

e) Supervisor de Mantenimiento con el Laboratorio de FIT y Accesorios.

- Debe estar en contacto y notificarle al Líder de Laboratorio de *FIT* y Accesorios (y también con el encargado de *Rig Up*) cada vez que se estén movilizando cestas de herramientas y cajas de *Rig Up*, para que estén atentos y se preparen para el trabajo.
- Está en la obligación de informarle al jefe del laboratorio de *FIT & ACC*. si los ingenieros de campo necesitan herramientas con urgencia para que de esta forma, se les pueda dar prioridad en el mantenimiento. Esta condición debe ser a primeras

horas del día para que el personal de mantenimiento pueda administrar mejor su tiempo de trabajo.

- Debe publicar un listado en el laboratorio con todas las herramientas que necesitan *Q-Check* (organizada por tipo de herramientas) para que el personal de laboratorio pueda distinguir con mayor facilidad cuáles de las herramientas que están ingresando al laboratorio necesitan *Q-Check*, para que así se puedan reducir tiempos de inventarios realizados por los laboratorios de Sonda y de Electrónica.

f) Con respecto al área de Lavado

Los operadores asignados por el Capataz a esta área deben tener todo el equipo necesario para trabajar, como por ejemplo: *Llave C*, carros para transportar herramientas, burritos para colocar las herramientas, al menos cuatro juegos de tapas protectoras de roscas, eslinga para izar las herramientas, *hidrojet* y por supuesto, equipo de protección personal (casco, lentes, braga, guantes y botas).

Los operadores, junto con el Capataz, son los encargados de:

- Preparar el área para recibir el equipo que llega al lavadero.
- Desmontar todo el equipo que se encuentra en las cestas de herramientas (accesorios, módulos de las herramientas, “burritos”, cabezas de registro, herramientas de registro, etc.).
- Las cajas de *Rig Up* deben ser lavadas por fuera, es decir, con todas las puertas aseguradas. En caso de que el encargado de equipo de *Rig Up* necesite lavar las cajas internamente, los operadores deben realizar el trabajo. La intención es conservar en buen estado las condiciones de las cajas de *Rig Up*.
- Luego de lavar las herramientas, los operadores deben transportarlas con el montacargas hasta el *Rack* amarillo del laboratorio de *FIT*, y una vez que estén aquí, el personal del laboratorio de *FIT* debe transportar las herramientas hasta el laboratorio. Este proceso necesita que exista un mecanismo de izamiento de herramientas para poder levantarlas y montarlas en los carritos para transportarlas hasta el laboratorio, como una grúa puente. Con una grúa de este tipo, que es la

utilizada en la mayoría de las áreas de la base en donde se manipulan herramientas, su transporte puede ser más seguro y eficiente.

IV.7 PLAN DE MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS DE MANTENIMIENTO

IV.7.1 Distribución Actual del Área de trabajo del laboratorio de *FIT* y Accesorios

Visualizando la figura IV.34 se puede notar que:

- Las herramientas que entran al laboratorio en carros de transporte son ubicadas en el centro, en donde se encuentra la estación de *FIT I*. Ahí se les realiza el mantenimiento y luego son trasladadas a la zona de *FIT II*. Como se ha podido notar, los carros solo pueden moverse hacia adelante y hacia atrás lo que ocasiona que este movimiento sea un poco engorroso dentro del laboratorio, porque habría que mover las herramientas en varias direcciones hasta llegar a la zona de *FIT II*. Y luego, las herramientas son etiquetadas y protegidas, para ser transportadas a los racks que se encuentran en el área de chequeo.
- Como las herramientas se encuentran en el medio del laboratorio y se necesitan materiales como vensol, *o-rings*, desmontar piezas como anillos, roscas, etc., el personal encargado debe estar dirigiéndose a los mesones a cada momento para poder apoyarse en el mantenimiento, ya que no todo lo puede sostener con las manos. Esto genera pérdida importante de tiempo
- En los mesones A se colocan accesorios como *CMTD*, *IDW*, adaptadores, cabezas, etc. No hay una posición fija para cada uno de ellos.
- En la zona B se encuentra un monitor, un computador y un dispositivo denominado *ATTB* que son utilizados para realiza el chequeo eléctrico (*FIT II*). Esto genera que las zonas circundantes (marcadas con rojo) no se utilicen para realizar el mantenimiento, ya que por seguridad, esas zonas deben mantenerse despejadas para no tropezar la herramienta y no interrumpir el chequeo.
- En la zona C se encuentra un estante con cajas para preparar materiales utilizados en operaciones de cañoneo. Estas cajas son empleadas muy poco por el personal del laboratorio y realmente ocupan un lugar que puede ser aprovechado de otra

manera. Estas cajas y estante pueden ser movilizados al cuarto de accesorios o al taller de explosivos (en este último sería mejor porque ahí se conoce todas las especificaciones que necesitan las operaciones de este tipo).

- En la zona D se encuentran los aceites utilizados para llenar el componente hidráulico de las sondas y en otro extremo se encuentran los materiales inflamables.
- En la parte de abajo del mesón A, en donde se encuentra un cuadro verde pequeño, se encuentran todos las partes nuevas y viejas utilizadas para reemplazar las partes de las herramientas que están en mal estado. Como todas se encuentran ahí, el personal de mantenimiento converge en ese punto cuando se necesita algún material, molestando a la persona que se encuentra trabajando en ese mesón. Por esto no se considera buena idea reunir todas estas partes en un mismo sitio.

Representación del Laboratorio de FIT y Accesorio - VELM

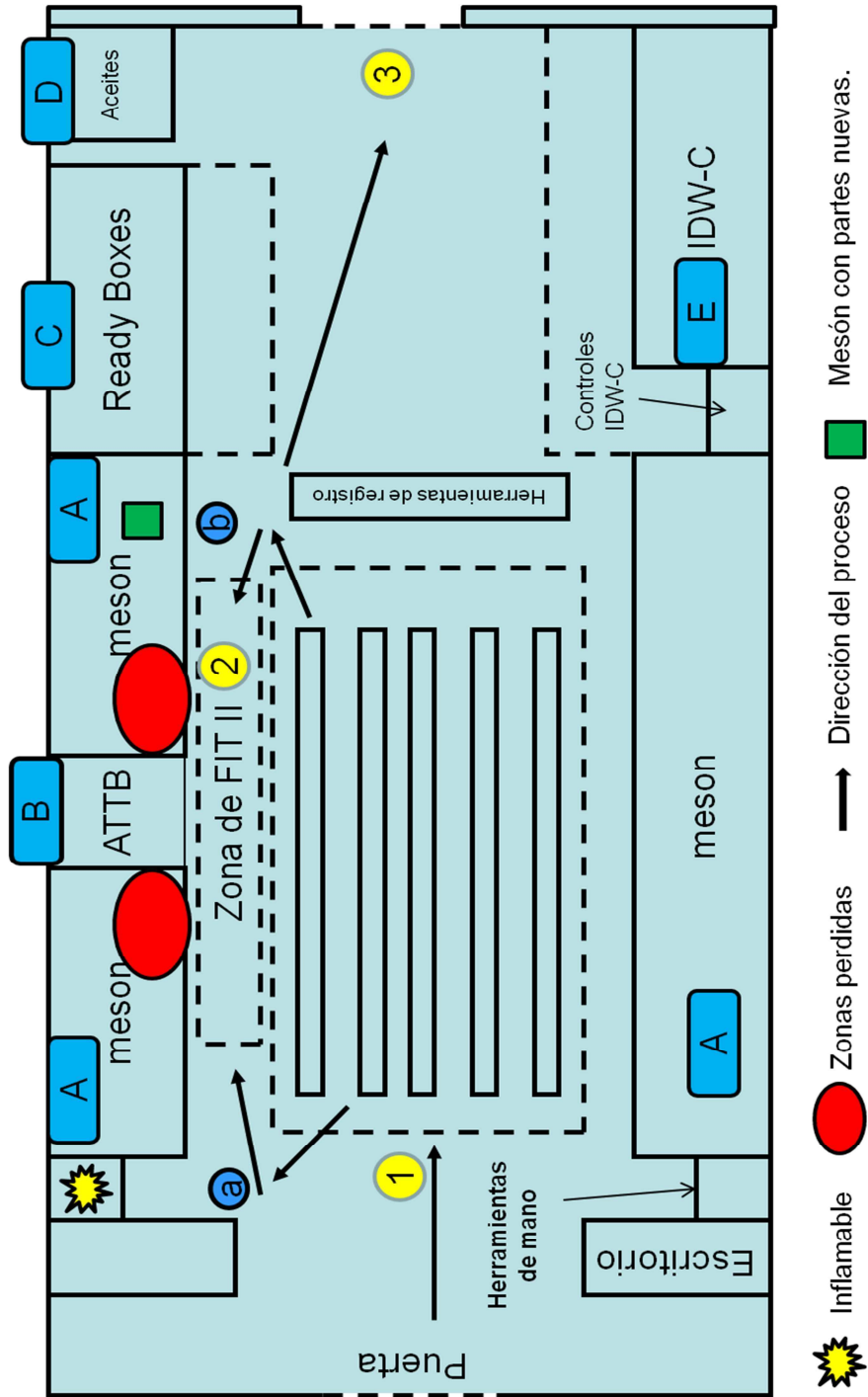


Fig. IV.34: Distribución Actual del Área de Trabajo del Laboratorio

IV.7.2 Propuesta para una Mejor Distribución del Área del Laboratorio.

Tomando en cuenta la distribución anterior y considerando mantener un poco las condiciones del proceso sin altas implicaciones de tiempo y dinero, se propone (fig. IV.35) que:

- Las cajas que son preparadas para los cañones deben ser movilizadas al cuarto de accesorios. Y la estación de *FIT II* debe ser movilizada para la zona C, con la intención de obtener un flujo mucho más lineal, que no produzca movimientos adicionales dentro del laboratorio que pueda generar pérdida de tiempo, tropiezos con el personal y movimientos adicionales no necesario (fig. IV.35 y IV.35a).
- Se unirán los mesones A con la zona B para obtener un espacio mayor en donde puedan trabajarse mayor número de herramientas de registros cortas. Ya las zonas en rojo que antes eran sacrificadas por la herramienta que se chequeaba en la zona de *FIT II* se han recuperado.
- Se debe adicionar un carro pequeño para el transporte de materiales dentro del laboratorio para que la persona que esté realizando *FIT I* pueda tener los implementos a la mano sin necesidad de estar dirigiéndose a los mesones en repetidas oportunidades. Éste ya fue creado e incorporado en el laboratorio como lo muestra la fig. IV.35b y fig.IV.35c.
- Los inflamables y los aceites se ubicarán en la zona E, ya que el personal generalmente asume que estos dos materiales se encuentran en el mismo sitio. En las actividades de mantenimiento diarias se notó mucha confusión en el personal que le tocaba ubicar cualquiera de estos dos productos. De esta manera se puede reducir y ubicar un mejor sitio para éstos.
- Existen herramientas más cortas que el largo mínimo requerido por los carros de transporte para poder montar una herramienta en ellos. Estas herramientas como adaptadores, accesorios, pueden ser transportados con la mano al laboratorio. El problema ocurre cuando se le quiere realizar el chequeo eléctrico o *FIT II*. Como no pueden ser colocados en los carros para realizarle el chequeo, se incorporarán al

laboratorio 2 trípodes (fig. IV.35a) en donde cualquier tipo de herramienta de registro, medianas y cortas, pueden ser colocadas para realizarle el *FIT II*. Se puede observar que justamente en el mueble en donde estará el dispositivo para realizar el mantenimiento *FIT II*, se harán divisiones en donde pueden colocarse los adaptadores del dispositivo que conectan los cables de chequeo con las herramientas

- Para reducir en tiempo en la búsqueda de materiales como tapas protectoras por ejemplo, se colocará un rack pequeño justo al lado de la zona C en donde se podrán ubicar alrededor de 6 juegos de tapas protectoras para que la etapa de traslado de herramientas para los *racks* del área de chequeo sea más rápida.
- Debe incorporarse un deshumidificador al laboratorio ya que la humedad relativa fue determinada con un higrómetro en laboratorios vecinos y se encontró por encima del 70%. Se conoce que la humedad, por condiciones seguras para las herramientas electrónicas, debe estar entre 40% y 60% (establecido en el estándar de mantenimiento del segmento).
- Por sugerencias de expertos en el área de mantenimiento, un compresor es necesario para mejorar el mantenimiento de las cabezas de registro. La limpieza de estas herramientas es un poco trabajoso y consume mucho tiempo, el cual sería más rápido y eficiente si se ayuda el mantenimiento con un compresor. Su capacidad estimada por los especialistas en mantenimiento mecánico de la empresa es de 2.5 HP y 50 lts de capacidad.
- Se plantea la división de los mesones A por el tipo de equipo que se vaya a trabajar en el laboratorio. Como se observa en la figura IV.35b, la sección del mesón que contiene un cuadro violeta será dedicado exclusivamente al mantenimiento de los dispositivos *CMTD e IDW*, y justo al lado, la sección con un óvalo vinotinto estará dedicada al mantenimiento de las cabezas de registro. En la sección de los mesones A que posee unos rectángulos de color gris y un óvalo de color naranja se realizará el mantenimiento *FIT I* para herramientas cortas de registro. Se seleccionó así porque

éstas últimas requieren mayor espacio para trabajar que los accesorios. Adicionalmente, justamente en la parte de debajo de los mesones A se colocarán las cajas con los materiales para reemplazar respectivos para ese tipo de accesorio.

- En esta nueva distribución se intentará colocar otra estación de herramientas de mano para no concentrar la búsqueda de herramientas en un mismo punto. En el laboratorio se encuentran suficientes herramientas de mano como para dividir las en dos estaciones.

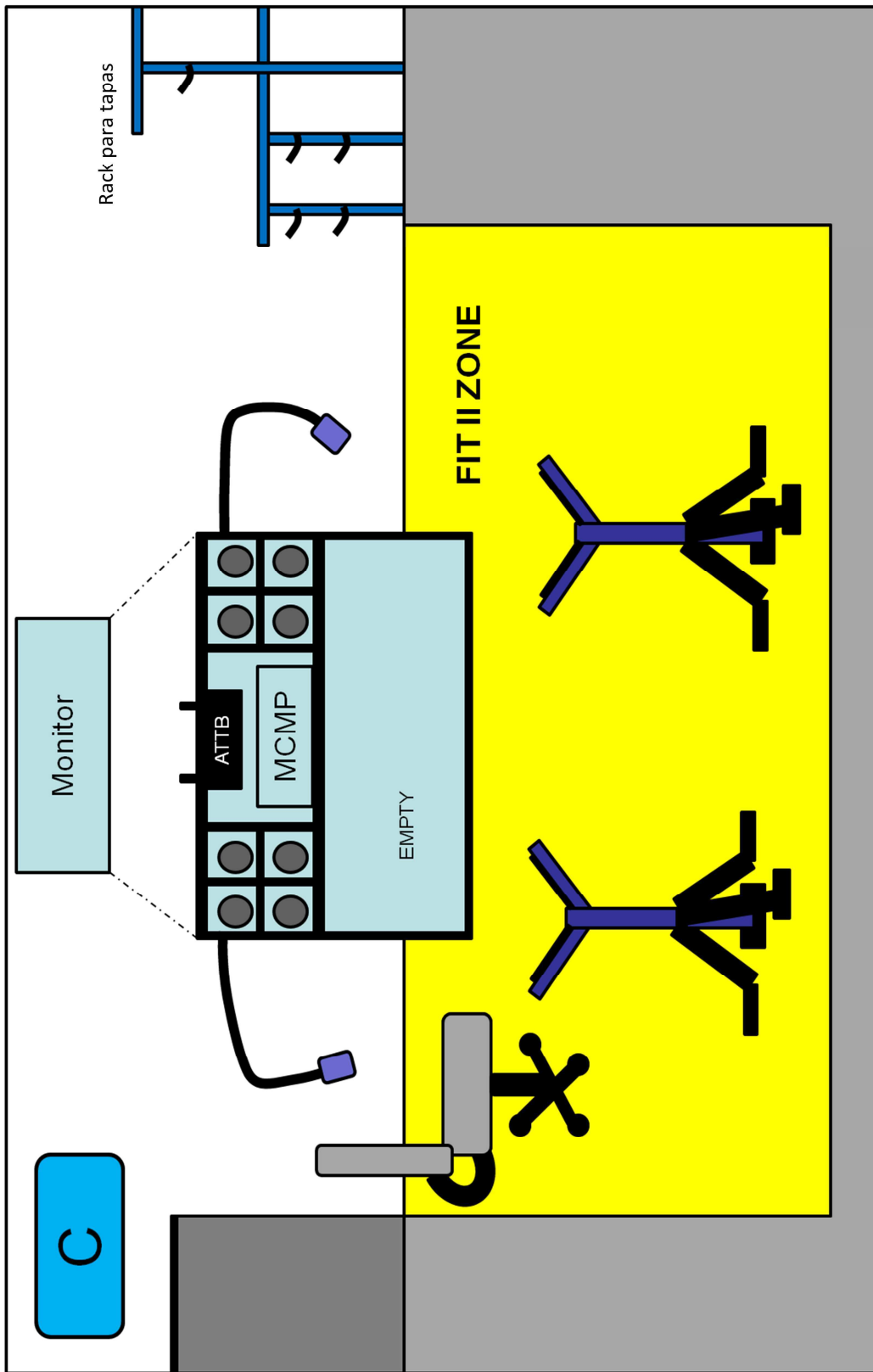


Fig. IV.35a: Zona de FIT II

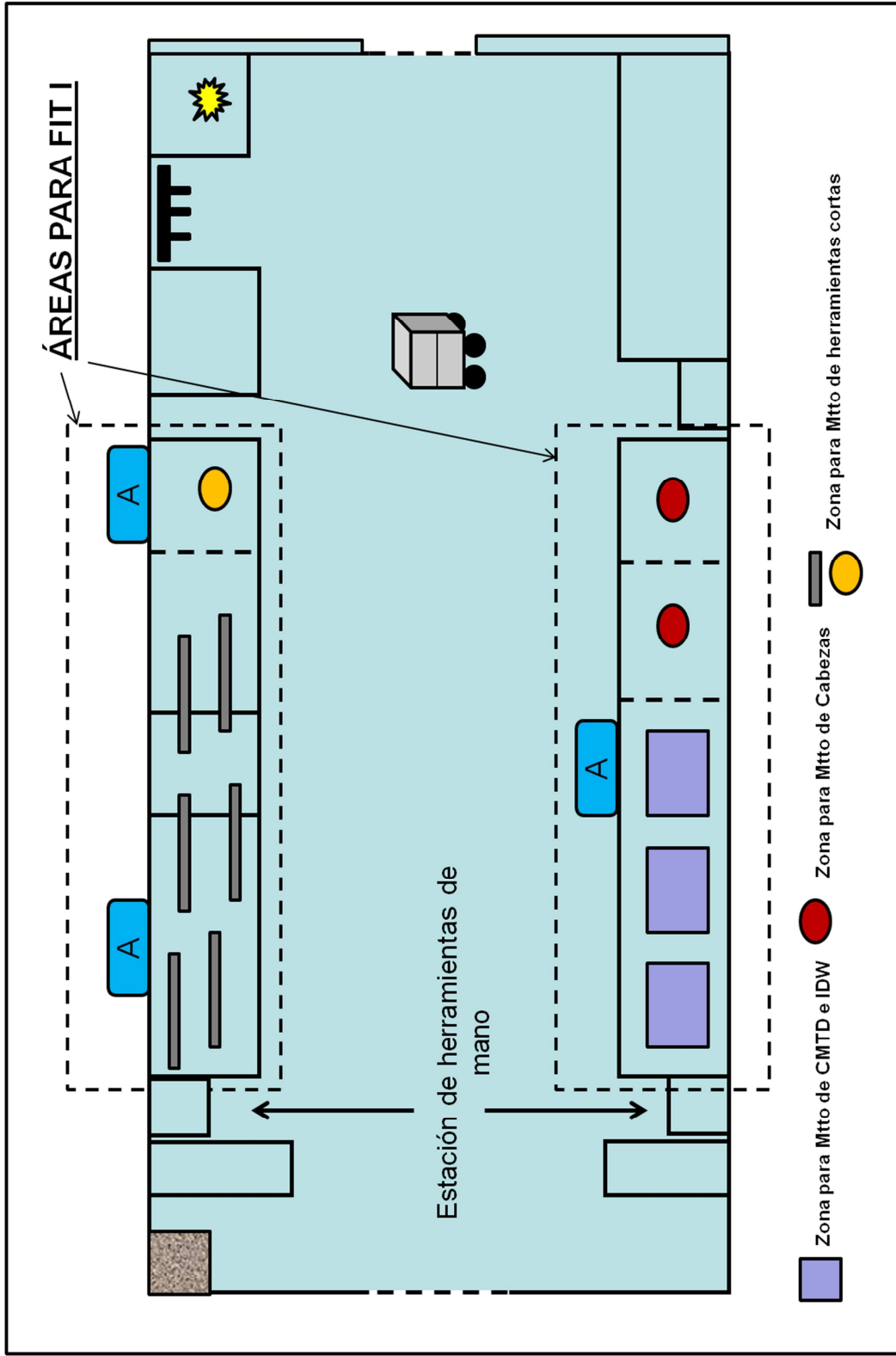


Fig. IV.35b: Área de FIT con nueva distribución asignada

Es importante la aplicación de la técnica 5S en todas las áreas del laboratorio para que el tiempo perdido en actividades como búsquedas de materiales y herramientas sea el mejor posible. Algunas aplicaciones de ésta técnica fueron realizadas en el laboratorio y en el cuarto de accesorios como muestran las siguientes figuras y el resultado que se evidenció en cuanto a la disminución del tiempo perdido fue considerable. Las figuras Iv.36, IV.37 y IV.38 muestran algunas de las aplicaciones 5S realizadas en el laboratorio y el cuarto de accesorios.



Fig. IV.35c: Nuevo carro de transporte.



Fig. IV.36a: Casillero de centralizadores (antes de las 5S)



Fig. IV.36b: Casillero de centralizadores (después de las 5S)



Fig. IV.37a: (Aros para la calibración de AIT) Antes y después de las 5S.



Fig. IV.37b: Varios Centralizadores (Antes y después de las 5S)



Fig. IV.38a: Caja de herramientas antes de las 5S



Fig. IV.38b: Caja de herramientas después de las 5S

Hasta este momento, ya se han manejado las posibilidades de mejorar el proceso de trabajo del laboratorio de FIT y accesorios, la secuencia de sus actividades, los roles y funciones que el personal del laboratorio debe realizar durante el proceso, también la oportunidad de mejorar la distribución de las áreas del laboratorio en aras de obtener un procedimiento más rápido y eficiente.

En cuanto a la grúa del área del lavadero, es importante resaltar que la velocidad de funcionamiento, como ya se ha nombrado anteriormente, no es viable para el proceso. Su funcionamiento es eléctrico, por tal motivo se consultó a un proveedor de servicios eléctricos para *Schlumberger* con la finalidad de conocer si es factible el aumento de la velocidad de la grúa. Conociendo las condiciones de la grúa y su capacidad de carga efectiva (500 kg, determinado por las especificaciones de las guayas utilizadas), el experto en el área concluyó que si es factible aumentarle la velocidad tanto vertical como horizontal, pero como es una grúa de alta capacidad de carga (3 toneladas, determinado por las especificaciones originales de la grúa), no puede ser muy rápida por medidas de seguridad. El experto, por su conocimiento en el área, estimó un mejoramiento del tiempo aproximadamente de un 20% del valor actual (para movilizar una herramienta desde la cesta hasta el *rack* que está en el lavadero. Este valor fue considerado para la estimación del tiempo total del proceso

con las modificaciones propuestas. De igual forma se propone el reemplazo del *hidrojet* por uno cuya presión de salida sea igual o mayor que 1500 psi (valor estimado por mecánicos expertos en el área de mantenimiento).

La grúa mecánica que es utilizada en el rack del laboratorio de *FIT* debe ser reemplazada por otro mecanismo de izamiento más rápido y seguro para el personal del laboratorio. El equipo que se ha utilizado en toda la base para el izamiento de herramientas es la grúa-puente, por este motivo se planteó la posibilidad de reemplazar la mecánica por una grúa puente como las utilizadas en otras secciones de la empresa como la del área de chequeo (fig. IV.39). Se consultó la idea con técnicos mecánicos del taller de mecánica de la empresa, con 13 años de experiencia en el área, y se llegó a la conclusión de que es factible instalarla en el *rack* del laboratorio de *FIT*. Tomando esta propuesta en consideración se hicieron las estimaciones del tiempo total del proceso de mantenimiento desde el lavadero hasta la colocación de las herramientas en el rack de *FIT*.



Fig. IV.39: Grúa Puente den el área de chequeo

Según los resultados obtenidos en cuanto al número de carros de transporte utilizados en *FIT*, cuatro fue el promedio. Por medio de observaciones, opiniones de los líderes del laboratorio y prácticas en el área, se determinó que siete carros de transporte pueden entrar fácilmente en el laboratorio para realizar el

mantenimiento FIT. Si las herramientas no son colocadas en los carros lo más pronto posible, la ejecución del mantenimiento se retrasará. Por esto se propone la creación de 4 carros de transporte adicionales a los 4 que, en promedio son utilizados, para reducir un poco más el tiempo de espera y el tiempo total de mantenimiento.

Es necesario reconocer que para poder mejorar el proceso de mantenimiento completo, es decir, tomando en cuenta el área del lavadero y el de FIT, sin considerar la logística, así como incrementar su calidad de servicio es necesario invertir en equipos suficientemente capaces de realizar las operaciones de manera óptima y segura para el personal del área. El mejoramiento no es una actividad de un día, ni una semana, ni un mes. Es un trabajo constante que debe ser puesto en práctica a través de los meses. Es un poco difícil ver la mejoría de los resultados rápidamente cuando se desea mejorar un proceso. La clave, según muchos autores de los procesos *Six Sigmas*, está en la realización de un estudio certero, tomando en cuenta las variables más críticas del proceso que en estudio. Mientras más cerca estén las variables consideradas en el estudio de las fallas reales del proceso, los resultados esperados serán mejores.

En cuanto al control de los puntos débiles de tensión de las cabezas de registro, se presenta el problema de que estos dispositivos no poseen un número particular que los identifique, como un número de serial. Solamente el número que se le puede apreciar es su número de parte. Se dificulta llevar un control eficiente de los puntos débiles en estos momentos ya que, en muchas oportunidades, en vista de las necesidades que se presentan en los trabajos en los pozos, los ingenieros de campo se ven en la necesidad de intercambiar puntos débiles entre diferentes cabezas y el control que se pudo haber iniciado asociando solo el dispositivo con la cabeza que lo contiene, se pierde en ese momento. Por esto, se llegó a la conclusión que se necesita otro parámetro o característica referenciada con el punto débil que lo haga distinguir de los demás. La propuesta que se plantea en este proyecto relacionado a

esta falla consiste en la marcación de los puntos débiles con una herramienta especial para marcar metal (lápiz eléctrico) en la cubierta del punto débil, como lo ilustra la figura IV.40. Los puntos clave para el control del punto débil son:

- La fecha de inicio de trabajo.
- El número de viajes que ha realizado.
- Y el valor de la tensión máxima experimentada.

Con estos valores se pueden controlar los límites de uso establecidos por las especificaciones establecidas en el manual de las cabezas de registro, la cual explica que un punto débil no debe ser usado cuando:

- Tiene más de tres meses de uso pasada la fecha de inicio de trabajo.
- El número de bajadas ha excedido el máximo permitido (20).
- El valor de la tensión máxima a la cual fue sometido el punto débil es mayor o igual que el 75% del valor mínimo de su rango.

Los puntos débiles tienen un rango de tensión en el cual cede y dicho rango es identificado con un color definido (el punto débil es identificado con ese color). Si la tensión que siente el punto débil está por encima del menor valor, la probabilidad de romper aumenta.



Fig. IV.40: Punto débil marcado.

Lo que se plantea marcar es la fecha en el que el punto débil fue colocado en la cabeza, y esta fecha será igual a su número de serial. Este proceso se realizará en el laboratorio de FIT una vez que la herramienta llega al laboratorio y se deba realizar el cambio. Pero el control depende de dos grupos: del personal de laboratorio que realiza el cambio y de los ingenieros de campo que emplean el punto débil en los trabajos. Entonces, por medio de la aplicación RITE y una base de datos creada en *Microsoft Office Excel* llamada Control de Puntos Débiles Modulares (su apariencia se puede observar en la fig. IV.41), se puede mantener el control del punto débil así intercambien unos puntos débiles con otros pertenecientes a distintas cabezas de registro.

El programa diseñado se puede visualizar mejor en el anexo electrónico 7.

Procedimiento:

- Primero el encargado de accesorios marca el punto con la fecha de instalación en la cabeza.
- Se dirige a RITE, ubica el serial de la cabeza, y registra que contiene un punto débil con ese número de serial y color (la fecha). Además de esto va a registrar los mismos datos en la base de datos de *Excel*.
- Cuando el punto débil es usado por el ingeniero luego de cada trabajo, tanto la cantidad de bajadas que realizó, así como la tensión máxima experimentada y su nombre, debe ser registrado en *RITE* (junto con la fecha del trabajo). Esto es con la intención de tener la referencia de alguno de ellos que lo haya usado para conseguir información valiosa en caso de cualquier eventualidad.
- Al llegar nuevamente a la base, el encargado de accesorios se dará cuenta de cuál punto débil está en la cabeza y cuál es el número de la cabeza. Si coincide con su registro en *RITE* debe revisar su historial de uso y realizar el mantenimiento respectivo. Si no coincide con su historial en *RITE*, se debe dirigir a la base de datos en *Excel* y ubicar el número de serial de ese punto débil y en cuál cabeza estaba, así como el punto débil que en verdad le corresponde a esa cabeza. Al ubicarlo podrá verificar su historial. Esta acción no se puede realizar en *RITE* porque el serial de los puntos débiles serán marcados en el laboratorio y como tiene una duración de 3 meses no vale la pena registrarlos en *RITE* para luego eliminarlo. Ese proceso consume varios días y no es viable realizarlo constantemente (las personas que cargan los equipos en *RITE* trabajan fuera del país y por lo tanto no es un camino adecuado). Cada vez que se reciba una cabeza de registro se le debe actualizar el historial del punto débil en la base de datos de *Excel* y en *RITE*, si no, el proceso no funciona correctamente

Para poder solucionar el reemplazo de partes usadas por otras ya vencidas pero que se supone que están en buenas condiciones, se debe realizar un plan de requisición

de los números de partes específicos para cada herramienta, por ejemplo, para las cabezas de registro *LEH-QT* que fueron las que evidenciaron las principales fallas operacionales: la manera que se plantea para realizar un plan de pedido o de requisición de materiales, es determinando o estimando el promedio de cabezas de este tipo que se chequean al mes en el laboratorio. Esto puede ser estimado tomando un período largo de tiempo, alrededor de 1 año o más, y a través de *RITE* se puede obtener el registro del número de mantenimientos (por tipos) realizados en ese período. Con la utilización de los manuales de esta herramienta se pueden determinar cuáles son las partes (junto con sus números de partes específicos) que se deben reemplazar por cabeza de registro, para luego calcular un estimado de la cantidad total de números de partes que se necesitan por la cantidad de cabezas chequeadas por mes (en promedio). Con estos materiales necesarios por mes, se hace el pedido el cual debe ser aprobado por la gerencia. Se plantea de esta manera porque se determinó, a través de *RITE* que las herramientas son chequeadas antes de la fecha límite para hacer el mantenimiento, lo que puede indicar que la cantidad de cabezas calculadas por mes estará dentro de lo normal.

IV.8 Estimación del Tiempo del Proceso Modificado y su Mecanismo de Control.

Con todos estos puntos a mejorar, y reduciendo los tiempos relacionados a la búsqueda de materiales antes, durante y después del mantenimiento, se estima que el proceso general de mantenimiento pueda estar alrededor de las 4 horas y 40 min de trabajo (fig. IV.42) lo cual está por debajo de la especificación inferior establecida inicialmente en la medición del proceso. Hay que señalar que las condiciones en la que se está haciendo la estimación no son las mismas en las que fueron medidas.

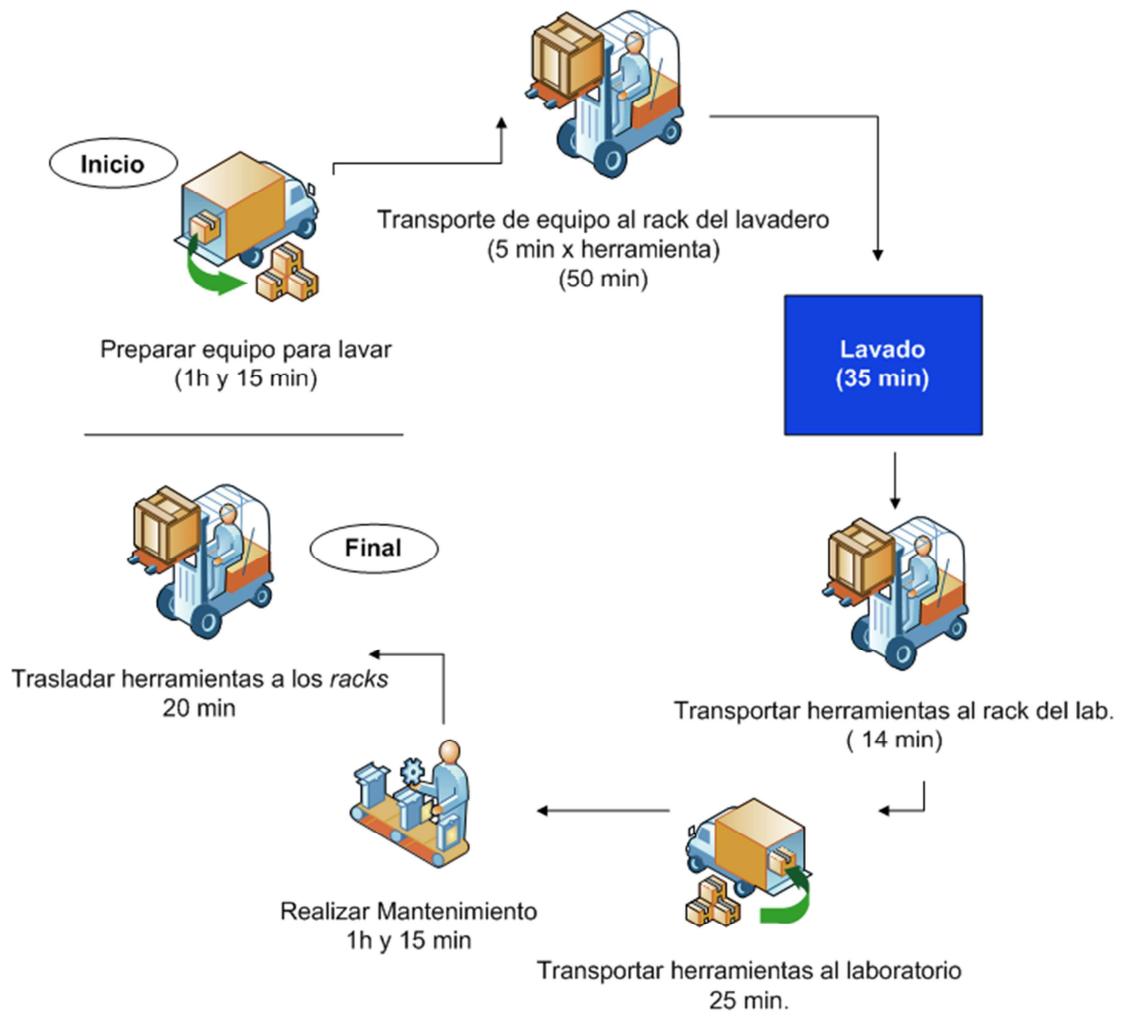


Fig. IV.42: Tiempo estimado del proceso propuesto.

Para estudios posteriores del proceso hay que darse cuenta que las oportunidades de que ocurra alguna falla en el proceso propuesto en este estudio ha aumentado comparado con el actual. Este proceso modificado comprende más actividades que el anterior relacionadas directamente con el laboratorio de FIT y Accesorios. Si se considera el parámetro TOFE, que significa el número total de oportunidades para errar en el proceso, las oportunidades son mayores en el proceso propuesto, pues es más complejo. Si se estima que el número de defectos en los procesos en el tiempo será igual o menor que los evidenciados en la muestra medida, se puede decir que el parámetro EPM (ecuación III.8) será menor o igual que el calculado, y

por ende la cantidad de errores por millón de oportunidades será menor, arrojando un número de sigma del proceso mayor, lo que quiere decir que la eficiencia y la eficacia (calidad) del proceso puede mejorar bajo estas condiciones.

El proceso actual de mantenimiento medido se considera como una secuencia de actividades con la finalidad de satisfacer solo las necesidades del cliente, más no las expectativas, ya que las características críticas establecidas por el cliente no coincidieron completamente con las que se buscan con el proceso. El proceso que se plantea en este proyecto considera tanto las necesidades como las expectativas del cliente, que como se ha explicado, es lo que marca la diferencia comparado con otros procesos o servicios.

Para poder generar cambios significativos en este proceso de mantenimiento hay que invertir dinero ya que se detectó que existen muchas fallas, no todas registradas en *RITE* y *QUEST*, que se deben mejorar. Se necesitan equipos aptos y en buenas condiciones funcionales para poder desempeñar mejor una labor establecida. Si los equipos con los que se cuentan no cubren las exigencias del trabajo, el rendimiento y la calidad de servicio se verán afectados.

La requisición de materiales se debe realizar para todos los accesorios trabajados en el laboratorio, como cabezas, adaptadores, dispositivos *CMTD*, *IDW*, etc., ya que las herramientas de registro no son manipuladas tan profundamente como se hace en el laboratorio de sondas y electrónica. Si los números de partes con los que se cuentan no abastecen la cantidad de mantenimientos que se necesitan hacer, lamentablemente la eficiencia del trabajo no será aceptable.

En este planteamiento se intenta optimizar directamente el tiempo de mantenimiento invertido en el laboratorio de *FIT* y *Accesorios* e indirectamente el dinero ya que se intenta reducir la cantidad de fallas que se están evidenciando en el proceso de mantenimiento del segmento, lo que se traduce en la reducción de gastos considerables.

La metodología *Six Sigma* ayuda realmente a detectar las fallas potenciales en un proceso bien sea de servicio o manufacturero, ayuda a conocer con certeza la manera de ofrecerle al cliente un producto o servicio de su agrado para poder mantener en lo más alto los niveles de calidad. En una de las actividades establecidas en el flujograma de funciones cruzadas del laboratorio de FIT está la realización de proyectos *LEAN*. Esto se planteó porque ha ocurrido que los días en que no hay actividades de mantenimiento por hacer el personal del laboratorio no se motivan por hacer otro tipo de actividad. Por esta razón, se plantea el planteamiento y aplicación de proyectos *LEAN* para la mejora continua del proceso.

La empresa posee mecanismos para monitorear y controlar el rendimiento de todos los procesos relacionados con el mantenimiento y las operaciones. A través de las aplicaciones *RITE.net* y *QUEST* es posible mantener un seguimiento de las actividades realizadas, medir el rendimiento del proceso considerando los KPI establecidos y detectar las fallas en los servicios siempre y cuando el personal tanto de mantenimiento como de operaciones utilice estas aplicaciones para registrar todas y cada una de los aspectos que se deben mejorar. Se debe incentivar al personal para que aumente su participación con las aplicaciones de la empresa para considerar hasta el más mínimo detalle que puede ser utilizado a la hora de desarrollar proyectos *LEAN* o proyectos de mejoramiento de procesos. De igual forma, se deben realizar reuniones mensualmente entre los equipos de mantenimiento y de operación (ingenieros de campo) para desarrollar prácticas de reconocimiento de fallas tempranas para reducir el efecto de las consecuencias y eliminarlas a tiempo, de raíz.

Es importante sembrar la idea de la mejora continua de la calidad del servicio porque ocurre muchas veces que si el nivel de alerta en estos aspectos no son altos, la calidad puede descuidarse y los niveles de satisfacción pueden caer repentinamente.

CONCLUSIONES

- Con la realización de este trabajo especial de grado se logró comprender y describir el proceso de Mantenimiento de *FIT y Accesorios* del Segmento *Wireline de Schlumberger* que, actualmente, ha evidenciado un rendimiento crítico para la compañía.
- Se identificaron las fallas potenciales presentes durante el proceso de mantenimiento del laboratorio de *FIT & Accesorios* resultando como principales: la ausencia de un proceso estándar de mantenimiento del laboratorio con un flujo secuencial definido en donde cada miembro del equipo tenga conocimiento de las actividades y responsabilidades que debe realizar, la mala distribución de las áreas de trabajo del laboratorio así como la identificación cada una de ellas para mejorar el orden del proceso y reducir las actividades que consumen tiempo y no generan valor agregado para el servicio que se le ofrece al cliente, la falta de materiales necesarios para realizar el mantenimiento como los números de partes y tapas protectoras de herramientas, la falta de un mecanismo de izaje de herramientas que permita movilizar las herramientas del *Rack de FIT* a los carros de transporte, la falta de carros de transporte suficientes para mantener un ritmo continuo y óptimo de operación.
- Comparando las fallas operacionales ocurridas en los meses de Enero a Julio con las fallas que se están evidenciando en el proceso de mantenimiento de *FIT y Accesorios*, se llega a la conclusión que el reemplazo de materiales usados y a la falta de supervisión fueron las principales causas de las fallas ocasionadas en los pozos

cuya responsabilidad es del Laboratorio de *FIT y Accesorios*. Estas fallas fueron evidenciadas por las cabezas de registro *LEH-QT* principalmente.

- Se logró definir y estandarizar un proceso de mantenimiento del Laboratorio *FIT y Accesorios*, en donde fueron eliminadas las actividades que realmente no son responsabilidad del personal del laboratorio y fueron añadidas unas que pueden lograr satisfacer un poco más las necesidades y expectativas de los clientes tanto internos como externos.
- De las diferentes fallas relacionadas al proceso de mantenimiento comprendidas entre el laboratorio de *FIT* y el lavadero, fueron planteadas sus respectivas soluciones con la intención de reducir el tiempo de mantenimiento invertido y aumentar la eficacia el proceso.
- Se pudo notar que las pérdidas que la compañía ha evidenciado con respecto a las diferentes fallas tanto operacionales como de procesos ha impactado considerablemente en la productividad de la compañía, lo que incentiva aún más a reducir o eliminar las raíces de las fallas que pueden estar presentes en el proceso de mantenimiento.
- El tiempo estimado del proceso de mantenimiento que se pretende alcanzar con la implementación de este proyecto es aproximadamente 4 horas y 40 minutos, lo que permite aprovechar un tiempo restante de 3 horas de la jornada laboral para realizar otro tipo de mantenimiento que se necesite para mejorar el rendimiento del laboratorio y para la aplicación de proyectos *LEAN* que permitan mejorar continuamente la calidad del servicio. La reducción del tiempo del proceso actual comparado con el propuesto está alrededor de las 3 horas.

- La metodología *Six Sigma* es una técnica muy poderosa para mejorar el rendimiento y la calidad de un proceso, ya que permite enfocar las soluciones a los problemas más importantes determinados mediante diferentes técnicas.
- Se estima que con el planteamiento de este nuevo proceso el rendimiento de las herramientas y accesorios utilizados en la base puede mejorar, reduciendo así las posibilidades de fallas operacionales en los trabajos de campo.
- El proceso propuesto en este trabajo considera tanto las necesidades del cliente como las expectativas, lo cual es importante para lograr la excelencia en un proceso de trabajo.
- No se garantiza que la implementación de esta propuesta elimine por completo las causas potenciales de ocurrencia de fallas en el proceso de mantenimiento del laboratorio de *FIT* y *Accesorios*, ya que la única forma de garantizarlo es implementándolo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda en los próximos estudios del proceso de mantenimiento del Laboratorio de FIT y Accesorios considerar una muestra un poco más grande para que el comportamiento se encuentre mucho más cerca del comportamiento de la población.
- Se recomienda aplicar la técnica de las 5S en todas las áreas del laboratorio, así como en las demás áreas de mantenimiento para poder obtener un área de trabajo más organizada y reducir tiempos importantes de trabajo que pueden ser aprovechados con nuevas tareas.
- Se recomienda la realización de proyectos LEAN constantemente en el laboratorio para continuar con las mejoras de la calidad de servicio que mantengan al cliente siempre satisfecho.
- La realización de proyectos LEAN y Six Sigma deben ser aplicados en todas las áreas de la empresa Wireline para que las probabilidades de que ocurran fallas en el proceso general reduzcan y el objetivo común sea alcanzado: mejorar la calidad del servicio. Se considera importante establecer un equipo LEAN para que se encargue de gestionar todos los proyectos factibles para la mejora de los procesos de la empresa, ya que la aplicación de esta metodología no es tan sencilla.
- Evaluar constantemente las expectativas del cliente porque, como ya se ha estudiado y demostrado, varían con el tiempo gracias a la tecnología, a la competencia. Es importante cubrir estos aspectos en el proceso para obtener altos niveles de satisfacción.

- Se recomienda el establecimiento definido de un proceso de trabajo en el lavadero para que el flujo de herramientas pueda llegar más rápido al laboratorio de FIT y las demás áreas consecutivas.
- Es importante que este proyecto sea evaluado por expertos en la metodología Six Sigma para que se puedan corregir las fallas o errores que se han podido cometer en este estudio, ya que la metodología aplicada requiere ser chequeada constantemente para que la implementación no empeore el proceso actual.

BIBLIOGRAFÍA

Bartés, A. et al. *Métodos Estadísticos – Control y Mejora de la Calidad*. Editorial UPC. Págs. 299.

Evans, J y Lindsay W. (2008). *Administración y Control de Calidad*. 7ma Edición. México. Cengage Learning Editores, S. A. Págs. 848.

Hirano, H. (1996). *5 Pillars of The Visual Workplace*. Estados Unidos. Productivity Press. Págs 121.

Ishikawa, K. (1997). *Qué es el Control de Calidad?* .11era Edición. Colombia. Grupo Editorial Norma. Págs. 282.

ISO 9000. (2001). *Sistemas de Gestión de la Calidad, Fundamentos y Vocabulario*. Ginebra. ISO 9000.

Kumar, D. (2009). *Six Sigmas Las mejores Prácticas*. Colombia: Bogotá. 3R Editores. Págs. 467.

Moulding, E. (2010). *5S A visual Control System for the Workplace*. Págs. 159.

Pérez, J. (2010). *Gestión Por procesos*. 4ta Edición. Madrid: España. Editorial ESIC. Págs. 290

Sacristán, F. (2005). *Las 5S – Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo*. Editorial FC. Madrid. Págs.. 166.

Schlumberger.(2010). *Products And Services Delivery Standard*. Intouch. Abelardo Gallo.

Schlumberger. (2011). *Wireline Maintenance Standard*. Intouch. Stephen Hinson.

Schlumberger. (2011). *GlobalTOPS Wellsite Reference Book*. Intouch. S. Carson, S. Giles, C. Mackay.

Schlumberger. (2010). *Integrated Depth Dual Wheel Spooler*. Intouch. Mike Shay.

Schlumberger (2012). *Cable Mounted Tension Device Maintenance Manual*. Intouch. Mike Shay.

Schlumberger (2011). *Heads Repair and Maintenance Manual*. Intouch. Kevin Zanca.

Schlumberger. (2012). *Rig Up Equipment Maintenance Manual*. Intouch. Simon Ross, Ryan Daniel.

Schlumberger (2011). *RITE.net Operations Reference Manual*. Intouch. Ryan O'Toole.

ANEXOS

Anexo 1: Pautas para el número de prioridad de riesgo (*RPN*). (tomado del libro *Six Sigmas, Las Mejores Prácticas*, autor Kumar, D. 2009).

CLASIFICACIÓN	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN
10	Si el proceso seguro falla sin aviso, crea peligro y efectos hostiles en el cliente. Viola políticas de la empresa	Falla asegurada	Los actuales controles no detectan positivamente la falla potencial
9	Si el proceso seguro falla sin aviso, crea peligro y efectos hostiles en el cliente. Viola políticas de la empresa	Falla casi asegurada	Los actuales controles muy probablemente no detectará falla potencial.
8	Muy alto nivel de insatisfacción debido a pérdida de función, pero sin impacto negativo sobre seguridad.	Alta tasa de falla (sin documentación de apoyo).	Muy alta posibilidad de que falla potencial no sea detectada o prevenida antes de próximo cliente.
7	Alto grado de insatisfacción del cliente debido a falla en componente sin pérdida completa de función, pero con productividad impactada por altos desperdicios.	Alta tasa relativa de falla (con documentación de apoyo)	Alta posibilidad de que falla potencial no sea detectada o prevenida antes de próximo cliente.
6	Quejas significativas sobre producción o proceso para la compañía.	Tasa moderada de falla (sin documentación de apoyo)	Lo más probable es que falla potencial no sea detectada o prevenida antes de próximo cliente.

5	Productividad del cliente reducida por continua degradación del servicio.	Tasa de falla relativamente moderada (sin documentación de apoyo).	Probabilidad moderada de que falla potencial alcance próximo cliente.
4	Cliente insatisfecho por reducido desempeño	Fallas ocasionales	Los controles pueden detectar o prevenir fallas potenciales desde próximo cliente.
3	Cliente fastidiado por ligera degradación del desempeño.	Baja tasa de falla (sin documentación de apoyo)	Baja probabilidad de que falla potencial alcance próximo cliente no detectado.
2	Cliente ligeramente fastidiado.	Baja tasa de falla(con documentación de apoyo)	Casi certeza de que falla potencial será encontrada o prevenida antes de próximo cliente.
1	Cliente no notará efecto.	Remota probabilidad de ocurrencia.	Certeza de que falla potencial adversa será encontrada o prevenida antes de próximo cliente.

Anexo 2: Probabilidad acumulada para z en una distribución normal.

normal	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,50000	0,50399	0,50798	0,51197	0,51595	0,51994	0,52392	0,52790	0,53188	0,53586
0,1	0,53983	0,54380	0,54776	0,55172	0,55567	0,55962	0,56356	0,56749	0,57142	0,57535
0,2	0,57926	0,58317	0,58706	0,59095	0,59483	0,59871	0,60257	0,60642	0,61026	0,61409
0,3	0,61791	0,62172	0,62552	0,62930	0,63307	0,63683	0,64058	0,64431	0,64803	0,65173
0,4	0,65542	0,65910	0,66276	0,66640	0,67003	0,67364	0,67724	0,68082	0,68439	0,68793
0,5	0,69146	0,69497	0,69847	0,70194	0,70540	0,70884	0,71226	0,71566	0,71904	0,72240
0,6	0,72575	0,72907	0,73237	0,73565	0,73891	0,74215	0,74537	0,74857	0,75175	0,75490
0,7	0,75804	0,76115	0,76424	0,76730	0,77035	0,77337	0,77637	0,77935	0,78230	0,78524
0,8	0,78814	0,79103	0,79389	0,79673	0,79955	0,80234	0,80511	0,80785	0,81057	0,81327
0,9	0,81594	0,81859	0,82121	0,82381	0,82639	0,82894	0,83147	0,83398	0,83646	0,83891
1,0	0,84134	0,84375	0,84614	0,84849	0,85083	0,85314	0,85543	0,85769	0,85993	0,86214
1,1	0,86433	0,86650	0,86864	0,87076	0,87286	0,87493	0,87698	0,87900	0,88100	0,88298
1,2	0,88493	0,88686	0,88877	0,89065	0,89251	0,89435	0,89617	0,89796	0,89973	0,90147
1,3	0,90320	0,90490	0,90658	0,90824	0,90988	0,91149	0,91308	0,91466	0,91621	0,91774
1,4	0,91924	0,92073	0,92220	0,92364	0,92507	0,92647	0,92785	0,92922	0,93056	0,93189
1,5	0,93319	0,93448	0,93574	0,93699	0,93822	0,93943	0,94062	0,94179	0,94295	0,94408
1,6	0,94520	0,94630	0,94738	0,94845	0,94950	0,95053	0,95154	0,95254	0,95352	0,95449
1,7	0,95543	0,95637	0,95728	0,95818	0,95907	0,95994	0,96080	0,96164	0,96246	0,96327
1,8	0,96407	0,96485	0,96562	0,96638	0,96712	0,96784	0,96856	0,96926	0,96995	0,97062
1,9	0,97128	0,97193	0,97257	0,97320	0,97381	0,97441	0,97500	0,97558	0,97615	0,97670
2,0	0,97725	0,97778	0,97831	0,97882	0,97932	0,97982	0,98030	0,98077	0,98124	0,98169
2,1	0,98214	0,98257	0,98300	0,98341	0,98382	0,98422	0,98461	0,98500	0,98537	0,98574
2,2	0,98610	0,98645	0,98679	0,98713	0,98745	0,98778	0,98809	0,98840	0,98870	0,98899
2,3	0,98928	0,98956	0,98983	0,99010	0,99036	0,99061	0,99086	0,99111	0,99134	0,99158
2,4	0,99180	0,99202	0,99224	0,99245	0,99266	0,99286	0,99305	0,99324	0,99343	0,99361
2,5	0,99379	0,99396	0,99413	0,99430	0,99446	0,99461	0,99477	0,99492	0,99506	0,99520
2,6	0,99534	0,99547	0,99560	0,99573	0,99585	0,99598	0,99609	0,99621	0,99632	0,99643
2,7	0,99653	0,99664	0,99674	0,99683	0,99693	0,99702	0,99711	0,99720	0,99728	0,99736
2,8	0,99744	0,99752	0,99760	0,99767	0,99774	0,99781	0,99788	0,99795	0,99801	0,99807
2,9	0,99813	0,99819	0,99825	0,99831	0,99836	0,99841	0,99846	0,99851	0,99856	0,99861
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997
4,0	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99997	0,99998	0,99998	0,99998	0,99998

Anexo 3: Probabilidad acumulada para Z en una distribución normal.

normal	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
-4,0	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00003	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
-3,9	0,00005	0,00005	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00003	0,00003
-3,8	0,00007	0,00007	0,00007	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00005	0,00005	0,00005
-3,7	0,00011	0,00010	0,00010	0,00010	0,00009	0,00009	0,00008	0,00008	0,00008	0,00008
-3,6	0,00016	0,00015	0,00015	0,00014	0,00014	0,00013	0,00013	0,00012	0,00012	0,00011
-3,5	0,00023	0,00022	0,00022	0,00021	0,00020	0,00019	0,00019	0,00018	0,00017	0,00017
-3,4	0,00034	0,00032	0,00031	0,00030	0,00029	0,00028	0,00027	0,00026	0,00025	0,00024
-3,3	0,00048	0,00047	0,00045	0,00043	0,00042	0,00040	0,00039	0,00038	0,00036	0,00035
-3,2	0,00069	0,00066	0,00064	0,00062	0,00060	0,00058	0,00056	0,00054	0,00052	0,00050
-3,1	0,00097	0,00094	0,00090	0,00087	0,00084	0,00082	0,00079	0,00076	0,00074	0,00071
-3,0	0,00135	0,00131	0,00126	0,00122	0,00118	0,00114	0,00111	0,00107	0,00104	0,00100
-2,9	0,00187	0,00181	0,00175	0,00169	0,00164	0,00159	0,00154	0,00149	0,00144	0,00139
-2,8	0,00256	0,00248	0,00240	0,00233	0,00226	0,00219	0,00212	0,00205	0,00199	0,00193
-2,7	0,00347	0,00336	0,00326	0,00317	0,00307	0,00298	0,00289	0,00280	0,00272	0,00264
-2,6	0,00466	0,00453	0,00440	0,00427	0,00415	0,00402	0,00391	0,00379	0,00368	0,00357
-2,5	0,00621	0,00604	0,00587	0,00570	0,00554	0,00539	0,00523	0,00508	0,00494	0,00480
-2,4	0,00820	0,00798	0,00776	0,00755	0,00734	0,00714	0,00695	0,00676	0,00657	0,00639
-2,3	0,01072	0,01044	0,01017	0,00990	0,00964	0,00939	0,00914	0,00889	0,00866	0,00842
-2,2	0,01390	0,01355	0,01321	0,01287	0,01255	0,01222	0,01191	0,01160	0,01130	0,01101
-2,1	0,01786	0,01743	0,01700	0,01659	0,01618	0,01578	0,01539	0,01500	0,01463	0,01426
-2,0	0,02275	0,02222	0,02169	0,02118	0,02068	0,02018	0,01970	0,01923	0,01876	0,01831
-1,9	0,02872	0,02807	0,02743	0,02680	0,02619	0,02559	0,02500	0,02442	0,02385	0,02330
-1,8	0,03593	0,03515	0,03438	0,03362	0,03288	0,03216	0,03144	0,03074	0,03005	0,02938
-1,7	0,04457	0,04363	0,04272	0,04182	0,04093	0,04006	0,03920	0,03836	0,03754	0,03673
-1,6	0,05480	0,05370	0,05262	0,05155	0,05050	0,04947	0,04846	0,04746	0,04648	0,04551
-1,5	0,06681	0,06552	0,06426	0,06301	0,06178	0,06057	0,05938	0,05821	0,05705	0,05592
-1,4	0,08076	0,07927	0,07780	0,07636	0,07493	0,07353	0,07215	0,07078	0,06944	0,06811
-1,3	0,09680	0,09510	0,09342	0,09176	0,09012	0,08851	0,08692	0,08534	0,08379	0,08226
-1,2	0,11507	0,11314	0,11123	0,10935	0,10749	0,10565	0,10383	0,10204	0,10027	0,09853
-1,1	0,13567	0,13350	0,13136	0,12924	0,12714	0,12507	0,12302	0,12100	0,11900	0,11702
-1,0	0,15866	0,15625	0,15386	0,15151	0,14917	0,14686	0,14457	0,14231	0,14007	0,13786
-0,9	0,18406	0,18141	0,17879	0,17619	0,17361	0,17106	0,16853	0,16602	0,16354	0,16109
-0,8	0,21186	0,20897	0,20611	0,20327	0,20045	0,19766	0,19489	0,19215	0,18943	0,18673
-0,7	0,24196	0,23885	0,23576	0,23270	0,22965	0,22663	0,22363	0,22065	0,21770	0,21476
-0,6	0,27425	0,27093	0,26763	0,26435	0,26109	0,25785	0,25463	0,25143	0,24825	0,24510
-0,5	0,30854	0,30503	0,30153	0,29806	0,29460	0,29116	0,28774	0,28434	0,28096	0,27760
-0,4	0,34458	0,34090	0,33724	0,33360	0,32997	0,32636	0,32276	0,31918	0,31561	0,31207
-0,3	0,38209	0,37828	0,37448	0,37070	0,36693	0,36317	0,35942	0,35569	0,35197	0,34827
-0,2	0,42074	0,41683	0,41294	0,40905	0,40517	0,40129	0,39743	0,39358	0,38974	0,38591
-0,1	0,46017	0,45620	0,45224	0,44828	0,44433	0,44038	0,43644	0,43251	0,42858	0,42465
0,0	0,50000	0,49601	0,49202	0,48803	0,48405	0,48006	0,47608	0,47210	0,46812	0,46414

Anexo 4: Tabla de conversión a largo plazo de un proceso sigma discreto.

Rendimiento a largo plazo (%)	Proceso sigma ST	Defectos por 1,000,000	Defectos por 100,000	Defectos por 10,000	Defectos por 1,000	Defectos por 100
99.99966	6.0	3.4	0.34	0.034	0.0034	0.00034
99.9995	5.9	5	1	0.05	0.005	0.0005
99.9992	5.8	8	1	0.08	0.008	0.0008
99.9985	5.7	15	1	0.15	0.015	0.0015
99.998	5.6	20	2	0.2	0.02	0.002
99.997	5.5	30	3	0.3	0.03	0.003
99.996	5.4	40	4	0.4	0.04	0.004
99.993	5.3	70	7	0.7	0.07	0.007
99.99	5.2	100	10	1	0.1	0.01
99.985	5.1	150	15	1.5	0.15	0.015
99.977	5.0	230	23	2.3	0.23	0.023
99.967	4.9	330	33	3.3	0.33	0.033
99.952	4.8	480	48	4.8	0.48	0.048
99.932	4.7	680	68	6.8	0.68	0.068
99.904	4.6	960	96	9.6	0.96	0.096
99.865	4.5	1,350	135	13.5	1.35	0.135
99.814	4.4	1,860	186	18.6	1.86	0.186
99.745	4.3	2,550	255	25.5	2.55	0.255
99.654	4.2	3,460	346	34.6	3.46	0.346
99.534	4.1	4,660	466	46.6	4.66	0.466
99.379	4.0	6,210	621	62.1	6.21	0.621
99.181	3.9	8,190	819	81.9	8.19	0.819
98.93	3.8	10,700	1,070	107	10.7	1.07
98.61	3.7	13,900	1,390	139	13.9	1.39
98.22	3.6	17,800	1,780	178	17.8	1.78
97.73	3.5	22,700	2,270	227	22.7	2.27
97.13	3.4	28,700	2,870	287	28.7	2.87
96.41	3.3	35,900	3,590	359	35.9	3.59
95.54	3.2	44,600	4,460	446	44.6	4.46
94.52	3.1	54,800	5,480	548	54.8	5.48

Tabla tomada del libro *Six Sigmas Las Mejores Prácticas*, del autor Kumar, D. (2009), pág. 196.

Anexo 5: Tabla de conversión a largo plazo de un proceso sigma discreto.

Rendimiento a largo plazo (%)	Proceso sigma ST	Defectos por 1,000,000	Defectos por 100,000	Defectos por 10,000	Defectos por 1,000	Defectos por 100
93.32	3.0	66,800	6,680	668	66.8	6.68
91.92	2.9	80,800	8,080	808	80.8	8.08
90.32	2.8	96,800	9,680	968	96.8	9.68
88.5	2.7	115,000	11,500	1,150	115	11.5
86.5	2.6	135,000	13,500	1,350	135	13.5
84.2	2.5	158,000	15,800	1,580	158	15.8
81.6	2.4	184,000	18,400	1,840	184	18.4
78.8	2.3	212,000	21,200	2,120	212	21.2
75.8	2.2	242,000	24,200	2,420	242	24.2
72.6	2.1	274,000	27,400	2,740	274	27.4
69.2	2.0	308,000	30,800	3,080	308	30.8
65.6	1.9	344,000	34,400	3,440	344	34.4
61.8	1.8	382,000	38,200	3,820	382	38.2
58	1.7	420,000	42,000	4,200	420	42
54	1.6	460,000	46,000	4,600	460	46
50	1.5	500,000	50,000	5,000	500	50
46	1.4	540,000	54,000	5,400	540	54
43	1.3	570,000	57,000	5,700	570	57
39	1.2	610,000	61,000	6,100	610	61
35	1.1	650,000	65,000	6,500	650	65
31	1.0	690,000	69,000	6,900	690	69
28	0.9	720,000	72,000	7,200	720	72
25	0.8	750,000	75,000	7,500	750	75
22	0.7	780,000	78,000	7,800	780	78
19	0.6	810,000	81,000	8,100	810	81
16	0.5	840,000	84,000	8,400	840	84
14	0.4	860,000	86,000	8,600	860	86
12	0.3	880,000	88,000	8,800	880	88
10	0.2	900,000	90,000	9,000	900	90
8	0.1	920,000	92,000	9,200	920	92

Tabla tomada del libro *Six Sigmas Las Mejores Prácticas*, del autor Kumar, D. (2009), pág. 196.

Anexo 7: Herramientas de registros trabajadas frecuentemente en el laboratorio de FIT y Accesorios.

- ***DTC-TCC-EDTC-PBMS (Cartuchos de telemetría).***

Estas herramientas de registro son cartuchos de telemetría que se ubican generalmente en la parte superior de la sarta de herramientas para procesar todas las señales provenientes de todas las herramientas. Dependiendo del tipo de sistema de telemetría que emplean las herramientas, se selecciona el cartucho de telemetría que se debe utilizar. En caso de que se requiera utilizar herramientas que empleen diferentes sistemas de telemetría, se utilizan adicionalmente adaptadores de telemetría específicos para realizar la conversión deseada.

- ***SGT – EDTC – UPCT – PBMS – PGGT - HGNS (Detectores de rayos gamma).***

Existen muchas herramientas que tienen como función única o como una de sus funciones captar los rayos gamma de la formación, bien sean inducidos o naturales en pozos revestidos o desnudos con la finalidad de detectar zonas prospectivas y para realizar correlaciones.

- ***EMS (Enviroment Measure Sonde)***

El EMS es una herramienta de registro de hoyo abierto que permite conocer la resistividad del lodo de perforación, la temperatura, el diámetro del hoyo y la aceleración con la que está bajando la herramienta para el efecto de corregir mediciones. Esta herramienta está conformada por tres partes: un cartucho EMC, y dos sondas (EMM y EMA).

El EMC es un cartucho que contiene la electrónica de la herramienta y el acelerómetro. El EMM es una sonda que contiene seis (6) brazos y se encuentra conectada por debajo del cartucho EMC. Esta sonda tiene la capacidad de medir

diámetros de 30" si la herramienta está eccentralizada y 17 pulgadas si no lo está. Los brazos de esta sonda no tienen mucha fuerza y por ende no debería utilizarse como centralizador porque puede colapsar (no es recomendable utilizarlo en un pozo desviado). Finalmente el EMA, que es una especie de adaptador del EMS, es otra sonda que tiene la funcionalidad de medir la resistividad del lodo y la temperatura.

- ***PPC (Power Positioning Device and Caliper)***

El PPC es otro caliper de cuatro (4) brazos que también permite conocer el diámetro del hoyo con menor exactitud que el registro arrojado por el EMS. Esta herramienta puede trabajar hasta 350 °F y 20 kpsi sin ningún problema y normalmente puede registrar hoyos de 5" hasta 18" (con una extensión de brazos puede llegar hasta 40").

HRLT (High Resolution Laterolog Tool)

Esta herramienta es de la familia de los *laterolog* la cual permite realizar mediciones a diferentes profundidades de investigación. El HRLT tuvo como propósito reemplazar a la herramienta *Dual Laterolog Deep/Shallow Pair*, para no tener que trabajar con dos modos profundo y superficial, y porque también proporciona mediciones más exactas.

Se puede combinar fácilmente con otras herramientas (PEX-Platform Express, etc.). Su medición es menos afectada por estratos adyacentes y la resistividad verdadera es más exacta. También permite realizar estimaciones cualitativas de la permeabilidad de la formación y los índices de la dirección y focalización de la corriente transmitida es mejor que las herramientas anteriores.

AIT (Array Induction Tool)

El AIT es una herramienta que emplea un principio de inducción electromagnética. Su principio de operación consiste en energizar una bobina transmisora por medio

de una corriente a una sola frecuencia, que va a generar un campo magnético alrededor de la herramienta. Este campo magnético creado por la bobina va a inducir un campo magnético en sentido opuesto en la formación el cual va generar una corriente inducida en la formación. Esta corriente inducida será detectada por las bobinas receptoras de la herramienta que son ocho, cada una ubicado a determinada distancia del emisor. Es una herramienta muy utilizada en lodo base aceite y en su parte final tiene un adaptador o sensor encargado de medir el potencial espontáneo SP y la resistividad del lodo para corregir las mediciones. Esta herramienta se encuentra dividido en tres secciones,: el AIC que es el cartucho contenedor de la parte electrónica de la herramienta y se encarga de recibir las señales medidas para su codificación; el AIS que es la sonda en donde se encuentran los receptores, transmisores y el sistema compensador de presión, y finalmente un adaptador SPE en la parte final de la herramienta (*Bottom Nose*).

ZAIT (Rt Scanner)

Esta herramienta es una versión mejorada del AIT y es denominado Rt Scanner porque permite determinar con más detalle y exactitud la resistividad verdadera, conociendo mejor la resistividad del lodo, de la zona invadida y de la zona de transición. El AIT Scanner (fig. xx) está compuesta por una sola pieza la cual está dividida en varias secciones comenzando por la parte superior con la sección que contiene la electrónica de la herramienta, en donde se recibirán todas las señales para ser procesadas; luego se encuentra la sección que contiene los transmisores y receptores, junto con un sistema hidráulico compensador de presión para evitar que la herramienta colapse por la presión en el pozo; y finalmente se encuentra el “bottom nose” que justamente es la sección final de la herramienta la cual permite determinar el potencial espontáneo de la formación y la resistividad del lodo con la intención de corregir las mediciones de resistividad hechas por la sonda que son afectadas por el efectos del hoyo.

Esta herramienta contiene receptores y transmisores en arreglos triaxiales, donde cada uno de ellos está orientado en una eje distinto (X, Y y Z) permitiendo así determinar con exactitud la anisotropía de la formación y crear una imagen que represente la geometría del hoyo. Así como el AIT, el AIT Scanner es una herramienta de inducción cuya medición se basa en la conductividad de la formación. El AIT Scanner posee tres bobinas transmisores orientadas en cada eje, tres bobinas receptoras uniaxiales y seis arreglos de bobinas triaxiales. Es una herramienta de arreglos triaxiales porque cada transmisor funciona en conjunto con cada receptor. En este caso se van a generar tres campos magnéticos ortogonales entre sí.

MRX (Magnetic Resonance eXpert)

Es una herramienta de resonancia magnética de las más recientes que se encuentran en la base Wireline-Schlumberger. Está compuesta por tres secciones bien delimitadas que son: MRXP (es el cartucho de poder de la herramienta), el MRXC (es el cartucho que contiene la parte electrónica de la herramienta) y el MRXS (la sonda).

En la sonda se encuentran tres antenas que se encargan de captar los parámetros que mide la herramienta en el pozo: una principal que opera a múltiples frecuencias y se ocupa de realizar mediciones profundas (24 inches), y dos antenas de alta resolución ubicadas una en la sección superior y otra en la inferior, con profundidades de investigación menores a la de la antena principal (7.5 inches).

Su principio de funcionamiento consiste en realizar mediciones de la resonancia magnética nuclear pulsada de los protones (hidrógenos) que se encuentran en la formación, pertenecientes a los fluidos que se encuentran en los espacios porosos. Esto consiste en la detección del tiempo en el que los protones de la formación se alinean y desalinean en un campo magnético estático generado por un imán de la

herramienta (B_0), y un campo magnético (B_1) perpendicular a B_0 , creado mediante un pulso de radiofrecuencia que envían las antenas de la herramienta una vez que los protones se alinean en el campo magnético estático. Estos tiempos (T_1 y T_2) permiten obtener información dinámica acerca del volumen y el tipo de fluido que hay en la formación, la permeabilidad y porosidad de la roca.

HGNS (Highly Integrated Gamma Ray Neutron Sonde).

Esta herramienta es muy utilizada porque es capaz de desempeñar muchas funciones y es combinable con muchas herramientas. EL HGNS posee un acelerómetro, un detector de Gamma Ray, dos detectores de neutrones y el contenedor de la fuente radioactiva. El detector de Gamma Ray es utilizado para correlacionar las arenas de un pozo y para evaluar el contenido de lutitas (litología de la formación) y el detector de neutrones permite determinar la porosidad de la formación. Esta última medición es dependiente del contenido de fluidos que se encuentren en la formación como agua, gas o hidrocarburo. Esta herramienta está dividida en dos secciones: el HGNC que es el cartucho electrónico y la sonda HGNS.

HRMS (High Resistivity Measure Sonde)

Esta herramienta (fig xx) es una de las más utilizadas en la industria de registros eléctricos y tiene la posibilidad de realizar muchas mediciones y funciones. El HRMS es empleado para detectar la microresistividad del hoyo, es decir, la resistividad que existe en la zona más cercana del hoyo (paredes del hoyo- zona invadida), en donde se puede determinar la resistividad del lodo, del revoque y de la zona que ha sido invadida por el lodo de perforación durante la perforación. El sensor que mide la microresistividad se encuentra en la parte media del brazo o patín de la sonda, el cual va pegado a la pared del hoyo a medida que realiza el registro. El funcionamiento consiste en suministrarle una corriente determinada a la formación la cual es detectada luego por el sensor para procesar la medición.

La herramienta también puede operar como *TLD (Three Detector of Lithology Density)*, que es un modo en el cual tiene la capacidad medir la densidad de la formación para luego calcular su porosidad, propiedades de la roca a nivel de los minerales que la componen y su estructura, así como el diámetro del hoyo en un solo eje. Los tres sensores que se encuentran en el patín (*skid pad*) pueden detectar las interacciones de los rayos Gamma que ocasionan cuando los neutrones de la carga radioactiva invaden la formación. Dependiendo de la intensidad con que los rayos alcanzan los sensores de la herramienta, la porosidad es calculada.

USIT (Ultra Sonic Imager Tool)

Es una herramienta utilizada tanto en hoyo revestido como en hoyo abierto y puede desempeñar diferentes funciones dependiendo de la combinación que se utilice. En hoyo revestido permite evaluar las condiciones del cemento y el nivel de corrosión del revestidor a través de la medición de su radio interno y espesor en una buena resolución, y en hoyo abierto arroja imágenes de la formación en los 360° junto con las mediciones de las formas de las ondas ultrasónicas y su respectivo tiempo de tránsito.

El USIT está formado por tres secciones las cuales son:

- USIC: es el cartucho que contiene la electrónica de la herramienta.
- USIS: es la sonda que contiene un sistema hidráulico para compensar los efectos de la presión en el hoyo y dos centralizadores para mantener la herramienta centralizada en el hoyo.
- USRS: es el sensor que se ubica en la parte final de la herramienta y es un transductor que funciona como transmisor y receptor. Este sensor gira 360° a medida que se va realizando el registro para poder hacer la medición de las características que se necesitan en todos los ángulos del revestidor y hoyo.

En hoyo revestido, la herramienta hace vibrar una porción del revestidor por el envío de varios pulsos cortos ultrasónicos los cuales son reflejados y refractados hasta llegar a la formación. Cuatro mediciones pueden ser realizadas:

- **Amplitud:** indicador de la condición interna del revestidor.
- **Radio Interno:** calculado por el tiempo de tránsito del eco.
- **Espesor del revestidor:** calculado a partir de la frecuencia de resonancia.
- **Impedancia Acústica** del material que está por detrás del revestidor. Este parámetro se calcula por la forma de la resonancia y se puede conocer el estado del cemento.

EL USIT-D puede adoptar cuatro tipos de sensores USRS para diferentes mediciones y diferentes tamaños de revestidor.

DSLIT (DIPOLAR SONIC LOGGING TOOL)

Es una de las herramientas sónicas más común en hoyos revestidos, aunque también presenta buenas aplicaciones en hoyos desnudos. Está formado por dos transmisores y cuatro receptores ubicados entre los dos transmisores, que se encargan de medir el tiempo de tránsito que emplean las ondas reflejadas por el hoyo en llegar a los receptores. La diferencia de las velocidades es la velocidad de la formación (llamada también *slowness* o *delta t medida en $\mu s/ft$*). Solamente se detectan las ondas compresionales. En divido en dos herramientas: una superior DSLC que representa el cartucho electrónico de la herramienta y la inferior DSLS que es la sonda que mide las propiedades del hoyo.

Esta herramienta puede ser empleada en registros a hoyo abierto donde permite correlacionar los datos de sísmica de superficie, propiedades mecánicas de la roca de la formación y hacer una estimación de su porosidad. En hoyos revestidos permite determinar la adherencia del cemento a la tubería de revestimiento y a la formación.

DSI (Dipolar Sonic Imaging Tool)

Es una herramienta sónica más sofisticada que el DSLT y posee un arreglo de tres transmisores y ocho estaciones receptoras. Una de las ventajas que presenta esta herramienta es que los receptores y transmisores se encuentran orientados en diferentes direcciones permitiendo realizar una medición más completa de las propiedades del hoyo. En hoyo abierto permite analizar fracturas y las propiedades de la roca, permite detectar estratos saturados de gas y ayuda a complementar los análisis de permeabilidad. Es una herramienta muy útil también la anisotropía de la formación.

GLOSARIO

A

Área de chequeo: área de la base en donde se chequean las herramientas antes de ser transportadas a un pozo.

ATTB: dispositivo utilizado para realizarle el chequeo eléctrico a las herramientas.

B

Base: locación en donde se encuentra el segmento Wireline.

C

Caporal: persona encargada de la supervisión del trabajo de los operadores de equipos.

Inventarios: es la realización de un listado de las herramientas que se encuentran en los rack de chequeo para determinar qué tipo de mantenimiento les falta, en especial *TRIM* y *Q-check*.

Certificaciones: es la documentación necesaria para poder utilizar algún equipo, en donde se certifica su uso cumpliendo con las normas de seguridad y calidad.

CMTD: dispositivo utilizado en el segmento *Wireline de Schlumberger* para medir la tensión de la guaya.

E

Epm: errores o defectos por millón.

Epmo: errores por millón de oportunidades.

Epu: errores o defectos por unidad.

Equipo de Oxicorte: es un equipo necesario para la realización de una técnica auxiliar a la soldadura, que se utiliza para la preparación de los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesor considerable, para realizar el corte de chapas, etc.

F

FIT: *Fast Inspection of Tools*, inspección rápida de la herramienta.

FE/FS: *Field Engineer/Field Specialist*. Ingeniero de Campo y Especialista de Campo, respectivamente.

G

Grúa puente: maquinaria de alta capacidad de carga que permite izar cuerpos pesados y transportarlos de un lugar a otro.

I

IDW: dispositivo utilizado en el segmento Wireline de Schlumberger para determinar la profundidad de la herramienta de registro.

K

KPI: *Key Performance Indicator*. Indicador clave para el estudio del desempeño de un proceso compañía.

L

LEAN: es una filosofía que se basa en la reducción de tiempo y de pérdidas de dinero para un proceso de trabajo haciéndolo más eficiente y eficaz.

LSL: Lower Specific Limit, límite inferior específico.

Llave C: llave de mano especial utilizada para conectar y desconectar herramientas de registro.

O

O-rings: son gomas con forma de anillos, que sirven como sello en las conexiones de las herramientas.

Q

QUEST: Aplicación que emplea la empresa como base de datos para registrar todas las eventualidades de cualquier grado severidad evidenciada en las áreas de calidad, de ambiente, de seguridad y bienestar de la empresa.

Q-Check: chequeo de calidad. Es el más profundo de los chequeos y comprende el mantenimiento *FIT* y *TRIM*.

R

Rig Up: vestir el pozo, es decir, operación relacionada a la instalación de todos los equipos en el taladro necesarios para poder correr las herramientas en el pozo.

RASCI: matriz que refleja los roles de Responsable, Supervisor, Soporte, Consultor e Informado en las diferentes acciones.

RITE: Report and Inspection Tool and Equipment. Aplicación en donde se reportan todas las movilizaciones, mantenimiento, fallas y características necesarias de las herramientas y equipos.

RPN: Número de Prioridad de Riesgos. Parámetro utilizado para priorizar las posibles causas que pueden estar afectando un proceso.

Rack = una estructura, coloquialmente denominada “burro”, en donde son colocadas las herramientas para ser almacenadas mientras no son utilizadas.

S

Sondas: herramientas de registro encargada de realizar la medición en el fondo del pozo. Contiene los sensores y emisores de las señales al pozo y también posee un

sistema hidráulico para compensar la presión del pozo y evitar el colapso de la herramienta.

T

TRIM: *Tool Review and Inspection Monthly*. Inspección mensual que se le hace a un equipo.

TOFE: total de oportunidades para errar o por error.

U

USL: *Upper Specific Limit*, límite superior específico.

W

Wireline: Segmento de Schlumberger relacionada con guaya eléctrica.