

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD A EQUIPOS DE PERFORACIÓN
PETROLERA**

**Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela**

por los bachilleres:

Chang R. Luis J.

Orta U. César E.

**Para optar al título
de Ingeniero Mecánico**

Caracas, Noviembre de 2004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD A EQUIPOS DE PERFORACIÓN PETROLERA

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Jesuardo Areyán

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Pedro Castillo

**Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela**

por los bachilleres:

Chang R. Luis J.

Orta U. César E.

**Para optar al título
de Ingeniero Mecánico**

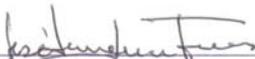
Caracas, Noviembre de 2004

Caracas, 24 de noviembre de 2004

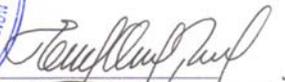
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres Luis Chang y César Orta, titulado:

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN CONFIABILIDAD A EQUIPOS DE PERFORACIÓN
PETROLERA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al título de Ingeniero Mecánico


Prof. Ing. José Luis Perera




Ing. Erick Omaña


Prof. Ing. Jesuado Areyán

Chang, Luis

Orta, César

**ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD A
EQUIPOS DE PERFORACIÓN PETROLERA**

Tutor Académico: Prof. Ing. Jesuardo Areyán.

Tutor Industrial: Ing. Pedro Castillo.

Tesis. Caracas, U. C. V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica.

2004. Número de Páginas: 132

Palabras Claves: Confiabilidad, Criticidad, Disponibilidad, Análisis de Modos y Efectos de Falla, Perforación Petrolera, Weibull.

RESUMEN

En el trabajo se elaboró un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos más críticos pertenecientes a Helmerich & Payne de Venezuela C.A, empresa de perforación petrolera. Se analizaron las fallas del período 2001-2004 del Top Drive del HP-113 para determinar frecuencias de fallas y tiempo empleado para repararlas, para así realizar un análisis de criticidad, por medio de una encuesta de criticidad a los Superintendentes, para determinar el sistema componente mas crítico, y un análisis de modos y efectos de fallas para tener una lista de las posibles razones de falla de este equipo. Se realizó un inventario de todos los equipos pertenecientes a H&P. Se determinó la confiabilidad del equipo usando la distribución de Weibull, como también se calculo la disponibilidad. Por último, se elaboraron rutinas de mantenimiento para el Top Drive, tanto de lubricación como de operación.

Este trabajo especial de grado, que como su nombre lo indica, es especial, se lo dedico a mis padres, a mis herman@s, a mi familia, y a mis amigos. Ustedes fueron mi guía todo el tiempo, de ustedes aprendí muchas cosas así como yo les enseñé un pocotón.

Hay 2 personas muy especiales en esta dedicatoria

Má: te dedico este trabajito por enseñarme de donde vengo, mis raíces; donde estamos, mi presente; y hacia donde quiero ir, ¿se podrá decir, futuro?. Te amo.

Pá: te dedico estas líneas, porque tú dedicaste mucho de tu vida en mí. Gracias por los retos que me proponías y ayudarme a vencerlos.

Las líneas siguientes están dedicadas para las personas que lean esta página y estén desesperados y desesperanzados:

I don't feel the suns comin' out today
its staying in, its gonna find another way.
As I sit here in this misery, I don't
think I'll ever see the sun from here.

And oh as I fade away,
they'll all look at me and say, and they'll say,
Hey look at him! I'll never live that way.
But that's okay
they're just afraid to change.

When you feel your life ain't worth living
you've got to stand up and
take a look around you then a look way up to the sky.
And when your deepest thoughts are broken,
keep on dreaming boy, cause when you stop dreamin' it's time to die.

And as we all play parts of tomorrow,
some ways will work and other ways we'll play.
But I know we all can't stay here forever,
so I want to write my words on the face of today.
and then they'll paint it

And oh as I fade away,
they'll all look at me and they'll say,
Hey look at him and where he is these days.
When life is hard, you have to change.

CHANGE, por Shanoon Hoon.

César E. Orta U.

*A mis padres Luís Martín y Rosa Elena,
por ser día a día ejemplo de trabajo.*

Luís J.

Agradezco a la Harina PAN, porque llevo 25 años comiendo arepas, y hasta ahora no hay motivos para no comprar la mencionada harina de maíz. A Má, Pá, Tití, Humberto, Suge, Juan E, Juani, Francisco, Marly, Oriana, César Eduardo Y Annalouis, Ocupan la mayor parte de mi corazón. Marro, David, Nico, Dari y Omar el Viejo, y al resto de los Alizo (Silvia, te quiero). A Margarita Graterol, gracias por lo bueno y bonito de todo. A la gente de Anaco, mi tía Libby, mi tío Abel: Gracias por tenerme en su casita durante mi estadía. A la Gente de H&P, Pedro Castillo y su dupla Aníbal Medrano, se que no tienen mucho apoyo, pero le están echando una y parte de la otra, gracias por compartir sus conocimientos conmigo; todos los mecánicos del Patio Anaco, al operador del montacargas del HP-127 (gracias por la pasta); y no se me pueden olvidar: gracias CHICAS INCE. Al Flor de Luna, porque me vio crecer junto a mis amigos, muchos de ellos fuera del país y algunos todavía están luchando aquí en Venezuela. A mi primera novia. A la primera birra. A la música, la buena música, y a la gente que hace la buena música; panas, se la están comiendo cada día mas. A los integrantes de la escuela de Ing. Mecánica de la UCV, tanto la Old School como los contemporáneos conmigo. A la chama que me enseñó a patinar. A Venezuela por tener bonitas mujeres y bonitos paisajes. A los libros (buenos y malos), al Internet, a la fotocopidora, al WC, al G-string (lo que muchos llaman “pabilo”). A los que están, a los que no están, a los que no se saben si están o no. A los autores de Horizontes y Resplandor (libros de primaria). A El Furrial por enseñarme a compartir con la gente. A Mireyita, A Oliver (donde estás!!!!!!!), a la gente de Margarita, Estrella ¿Dónde estás?. A la colombiana. En fin, a todos los que me conocen, y si por casualidad se me escapa alguien ya sabrá que tiene doble trabajo si se pone de mal humor.

Epa, pásame el tabule de.....

César AKA “manny” E. Orta U

Gracias a todos los que colaboraron de alguna forma u otra al desarrollo de este trabajo especial de grado, empezando por nuestro tutor académico Prof. Jesuardo Areyan por tendernos una mano cuando el resto nos dio la espalda, en Anaco a nuestro tutor industrial Ing. Pedro Castillo por compartir su experiencia y conocimientos y por su apoyo dentro y fuera de H&P, a Lisbeth y Abel por estar ahí pendientes de todo; en Maturín a Francisco y su combo latino por abrirle los brazos a un extraño (YO); en Caracas a Cesar (Marihuano) por sus ideas y dedicación y a su Má por los desayunos salvadores. A mis panas de “Tasca Nelly”: Alex, Alberto, Cesar, Freddy, Fernando (Nandito), José (el Gordisimo), los Morochos (José y Ramón), Len, Teofilo y Nelly. A los panas de la escuela de ingeniería mecánica porque nunca te dejan morir: Bernardo(s), Boris, Lorenzo, Julio, Luís J. (El Pollo), Fernando, Geffrey, José (goyo), José Gil, Camlett, Grecia, Paúl y a la gente de la fotocopiadora. A “La Comunidad del Anillo”: Mario, Verito, Gabriela, Felipe, Morillo, Erick, Nacho y al pana Frank (donde quiera que estés). Al “Escuadrón Mete la Pata”: Mauricio, Daniel R., John, Daniel V. y Williston. A la Polar, la Pepsi-Cola, la HP 48GX (La Mejor), a la Ingeniería, Internet, a la música y al Fútbol. A la empresa Distribuidora Diamed C.A., al Callejón y a Loma Linda por enseñarme o darme una perspectiva de como es el mundo.

Y por supuesto a toda mi familia junto a mi tío Vladi por haber creído en mí siempre.

...ni nos vimos!

Luís J. Chang R.

ÍNDICE DE GENERAL

RESUMEN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	I

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Alcances.....	5
1.4 Justificación de la Investigación.....	6

CAPÍTULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Bibliográficos.....	7
2.1.2 Internet.....	9
2.2 Tipo de la Investigación.....	12
2.3 Diseño de la Investigación.....	13

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO

3.1 Actividad Petrolera.....	15
3.1.1 Reseña Histórica.....	15
3.1.2 Ventajas y Desventajas de la Perforación a Percusión.....	16
3.1.3 Perforación Rotatoria.....	17
3.1.3.1 Sistema de Izamiento.....	18
3.1.3.1.1 La Estructura de Soporte (Torre o Cabria).....	19
3.1.3.1.1.1 La Torre.....	19
3.1.3.1.1.2 El Mástil.....	21

3.1.3.1.1.3 La Subestructura.....	21
3.1.3.1.1.4 Terminología de la Estructura de Soporte.....	22
3.1.3.1.1.4.1 Cornisa.....	22
3.1.3.1.1.4.2 Encuelladero.....	22
3.1.3.1.1.4.3 Planchada de Taladro.....	22
3.1.3.1.1.4.4 Rampa de Tubería.....	22
3.1.3.1.1.4.5 El Sótano.....	23
3.1.3.1.1.5 Características Generales de las Cabrias.....	24
3.1.3.1.1.5.1 Altura.....	24
3.1.3.1.1.5.2 Capacidad de Carga.....	24
3.1.3.1.1.5.3 Fuerza del Viento.....	24
3.1.3.1.2 Equipos de Izamiento.....	25
3.1.3.1.2.1 El Malacate.....	25
3.1.3.1.2.2 Herramientas de Levantar.....	26
3.1.3.1.2.2.1 Bloque Corona.....	26
3.1.3.1.2.2.2 Bloque Viajero.....	27
3.1.3.1.2.2.3 Gancho.....	27
3.1.3.1.2.2.4 Parrillas Elevadoras.....	27
3.1.3.1.2.2.5 Elevadores.....	28
3.1.3.1.2.2.6 La guaya de Perforación.....	28
3.1.3.2 Sistema de Rotación.....	29
3.1.3.3 Sistema de Circulación.....	31
3.1.3.3.1 Las Bombas de Circulación.....	32
3.1.3.3.2 La Tubería de Perforación.....	34
3.1.3.4 Sistema de Potencia.....	36
3.1.3.5 Sistema de Seguridad.....	38
3.2 Mantenimiento.....	41
3.2.1 Objetivo del Mantenimiento.....	41
3.2.2. Mantenimiento Preventivo.....	41
3.2.2.1 Ventajas del Mantenimiento Preventivo.....	43
3.2.3 Mantenimiento Correctivo.....	43
3.2.3.1 Procedimiento de Mantenimiento Correctivo.....	43
3.2.4 Mantenimiento Predictivo.....	44
3.2.4.1 Ventajas del Mantenimiento Predictivo.....	44
3.2.5 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).....	45
3.2.5.1 Ventajas del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	46
3.2.5.2 Implantación del MCC.....	46
3.2.5.2.1 Aspectos Preliminares.....	46
3.2.5.2.2 Descripción General de la Instalación.....	47
3.2.5.3 Grupo de Trabajo.....	48
3.2.5.3.1 Naturaleza.....	48
3.2.5.3.2 Funciones del Grupo de Trabajo.....	48
3.2.5.4 Actividades a Realizar.....	49

3.2.5.4.1 Estudio y Preparación.....	50
3.2.5.4.2 Definición y Selección del Sistema.....	50
3.2.5.4.3 Análisis Funcional de las Fallas.....	50
3.2.5.4.4 Selección de Ítems Críticos.....	51
3.2.5.4.4.1 Análisis de Criticidad (AC).....	52
3.2.5.4.4.2 Análisis de Modos Y Efectos de Fallas (AMEF).....	54
3.2.5.4.4.3 Selección de Tareas de Mantenimiento.....	56
3.3 Indicadores de Mantenimiento.....	60
3.3.1 Confiabilidad.....	60
3.3.1.1 Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF).....	60
3.3.1.2 Tasa de Fallas.....	60
3.3.1.3 Estimación de la Confiabilidad.....	61
3.3.1.3.1 Configuración en Serie.....	61
3.3.1.3.2 Configuración en Paralelo.....	62
3.3.2 Mantenibilidad.....	62
3.3.3 Disponibilidad.....	62
3.3.3.1 Tipos de Indisponibilidad.....	63
3.3.3.1.1 Disponibilidad Genérica (D).....	63
3.3.3.1.2 Disponibilidad Intrínseca (DI).....	63
3.3.3.1.3 Disponibilidad Alcanzada (DA).....	63
3.3.3.1.4 Disponibilidad Operacional (DO).....	63
3.3.3.2 Estimación de la Disponibilidad.....	64
3.3.3.2.1 Configuración en Serie.....	65
3.3.3.2.2 Configuración en	65
Paralelo.....	
3.4 Índices de Productividad.....	65
3.4.1 Tiempo Improductivo.....	65
3.4.2 Tiempo de Operación.....	66
3.4.3 Porcentaje de Improductividad.....	66

CAPÍTULO IV RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.1 Tiempos Improductivos y Frecuencias de Fallas.....	67
4.2 Sistemas.....	77
4.3 Análisis de Criticidad.....	78
4.3.1 Encuesta de Criticidad.....	80
4.3.2 Criterios de Evaluación.....	80
4.3.3 Resultados del Análisis de Criticidad.....	82
4.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas.....	83
4.5 Cálculo de Confiabilidad y Disponibilidad.....	87
4.5.1 Cálculo de Confiabilidad del Equipo de Perforación.....	87
4.5.2 Cálculo de Disponibilidad del Equipo de Perforación.....	90

CAPÍTULO V PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1 Descripción General de la Instalación.....	92
5.2 Descripción de Procesos.....	95
5.3 Aspectos Relacionados con los Recursos Humanos.....	100
5.3.1 Visión.....	100
5.3.2 Misión.....	100
5.3.3 Organización del Personal.....	100
5.3.4 Funciones y Responsabilidades.....	101
5.3.4.1 Superintendente de Mantenimiento.....	101
5.3.4.2 Ingeniero de Mantenimiento.....	101
5.3.4.3 Administrador de Mantenimiento.....	101
5.3.4.4 Secretaria.....	102
5.3.4.5 Superintendente de Taladro.....	102
5.3.4.6 Supervisor de 24 horas.....	102
5.3.4.7 Perforador.....	102
5.3.4.8 Cuadrilla de Perforación.....	102
5.3.4.9 Mecánicos.....	103
5.3.4.10 Electricistas.....	103
5.4 Codificación de los Equipos de Perforación Petrolera.....	103
5.5 Inventario de los Equipos de Perforación Petrolera.....	106
5.6 Pasos para la Ejecución del Mantenimiento Correctivo de los Equipos de Perforación Petrolera.....	107
5.7 Pasos para la Ejecución del Mantenimiento Preventivo de los Equipos de Perforación Petrolera.....	108
5.8 Documentación.....	111
5.8.1 Documentación Actual.....	111
5.8.1.1 Reporte Mecánico Diario.....	111
5.8.2 Documentación Propuesta.....	113
5.8.2.1 Reporte de Mantenimiento.....	113
5.8.2.1.1 Instructivo de Llenado.....	113
5.8.2.2 Orden de Trabajo de Mantenimiento.....	115
5.8.2.2.1 Instructivo de Llenado.....	115
5.8.2.3 Base de Datos del Departamento de Mantenimiento.....	116
5.9 Descripción del Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.....	119
5.9.1 Programa de Lubricación.....	120
5.9.2 Operaciones de Mantenimiento.....	120
5.9.3 Inspecciones.....	121
5.10 Programa de Mantenimiento para la Unidad de Propulsión Superior.....	121

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	129
ANEXOS A (INVENTARIOS).....	133
ANEXOS B (REPORTES).....	148
ANEXOS C (EQUIPOS DE PEROFRACIÓN PETROLERA).....	150
ANEXOS D (FALLA DEL TOP DRIVE HP-113 JUNIO 2004).....	153
ANEXOS E (MANTENIMIENTO CORRECTIVO ESPECIAL AL MALACATE 101-7).....	155
ANEXOS F (ENCUESTAS DE CRITICIDAD).....	158
ANEXOS G (CÁLCULO DE α Y β DE WEIBULL).....	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1 Componentes del Equipo de Perforación a Percusión.....	17
Figura N°2 Cabria de Perforación.....	20
Figura N°3 Mástil.....	21
Figura N°4 Cornisa y Encuelladero.....	22
Figura N°5 Planchada y Rampa de Tubería.....	22
Figura N°6 Arreglo de BOP's en el Sótano del Taladro.....	23
Figura N°7 Malacate.....	25
Figura N°8 Aparejo de Poleas.....	26
Figura N°9 Gancho.....	27
Figura N°10 Parrillas Elevadoras y Elevador.....	27
Figura N°11 Guaya de Perforación.....	28
Figura N°12 Configuración y Disposición de los Elementos del Cable de Perforación.....	29
Figura N°13 Componentes Principales del Top Drive.....	30
Figura N°14 Bomba de Lodo de Perforación.....	33
Figura N°15 Partes de la Bomba de Lodo.....	33
Figura N°16 Patio de almacenaje de los distintos tipos de tubería de perforación, revestidores y de producción.....	37
Figura N°17 Motor Diesel.....	38
Figura N°18 Conjunto de BOP's simple, doble y anular.....	38
Figura N°19 Múltiple de Ahogo.....	39
Figura N°20 Acumulador.....	40
Figura N°21 Acumulador.....	40
Figura N°22 Consola del Arreglo de BOP's.....	40
Figura N°23 Modelo Básico de Criticidad.....	53
Figura N°24 Número de Ciclos.....	58
Figura N°25 Patrones de Fallas 3era Generación.....	59
Figura N°26 Tiempos Improductivos HP-113.xls.....	68
Figura N°27 Diagrama de Bloques del Sistema Total.....	89
Figura N°28 Ubicación de Taladros en los Edos. Anzoátegui y Monagas.....	92
Figura N°29 Ubicación del Taladro HP-135 en el Edo. Zulia.....	93
Figura N°30 Plano de Configuración del HP-113.....	94
Figura N°31 Flujograma de Energía.....	99
Figura N°32 Codificación de los Equipos.....	105
Figura N°33 Ejemplo de Codificación.....	106
Figura N°34 Ejecución del Programa de Mantenimiento Correctivo.....	109
Figura N°35 Ejecución del Programa de Mantenimiento Prventivo.....	110
Figura N°36 Reporte Diario de Mantenimiento.....	112

Figura N°37 Reporte de Mantenimiento.....	117
Figura N°38 Orden de Trabajo de Mantenimiento.....	118
Figura N°39 Descripción gráfica del Programa de Mantenimiento.....	119
Figura N°40 Rutina de Lubricación para el Top Drive.....	122
Figura N°41 Rutinas de Operación de Mantenimiento del Top Drive.....	123
Figura N°42 Rutinas de Lubricación para el Pipehandler.....	124
Figura N°43 Rutinas de Operación de Mantenimiento del Pipehandler.....	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N ^a 1 Efectos de las Fallas.....	55
Tabla N ^a 2 Probabilidades de Fallas.....	56
Tabla N ^a 3 Factor de Riesgo de Fallas.....	56
Tabla N ^a 4 Encuesta de Criticidad.....	79
Tabla N ^a 5 Criterios de Evaluación.....	81
Tabla N ^a 6 Valores de Criticidad de los Sistemas.....	82
Tabla N ^a 7 Efectos de las Fallas.....	84
Tabla N ^a 8 Probabilidades de Fallas.....	84
Tabla N ^a 9 Factor de Riesgos de Fallas.....	85
Tabla N ^a 10 Factor de Riesgos de las Fallas de los Componentes del Top Drive del HP-113.....	86
Tabla N ^a 11 Codificación de los Equipos.....	105
Tabla A Parámetros de Forma y Vida Característica de cada Sistema.....	88
Tabla B Valores de Confiabilidad de cada Sistema y del Equipo Entero de Perforación.....	89
Tabla C Valores para los TPFS.....	90
Tabla D Valores para los TPO.....	90
Tabla E Valores de Resultados de los Sistemas.....	91
Tabla F Valores de Disponibilidad por Taladro.....	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N°1 Promedio de Fallas del Sistema de Potencia.....	70
Gráfico N°2 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Potencia.....	70
Gráfico N°3 Promedio de Fallas del Sistema de Izamiento.....	71
Gráfico N°4 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Izamiento.....	71
Gráfico N°5 Promedio de Fallas del Sistema de Rotación.....	72
Gráfico N°6 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Rotación.....	72
Gráfico N°7 Promedio de Fallas del Sistema de Circulación.....	73
Gráfico N°8 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Circulación.....	73
Gráfico N°9 Promedio de Fallas de las Herramientas Auxiliares.....	74
Gráfico N°10 Promedio de Tiempo para Reparar de las Herramientas Auxiliares.....	74
Gráfico N°11 Promedio de Fallas del Sistema de Seguridad.....	75
Gráfico N°12 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Seguridad.....	75
Gráfico N°13 Promedio de Fallas de cada Sistema.....	76
Gráfico N°14 Promedio de Tiempo para Reparar de cada Sistema.....	76
Gráfico N°15 Valores de Criticidad de los Sistemas.....	83

INTRODUCCIÓN

Presentación de la Empresa

Helmerich & Payne De Venezuela, C.A., es una empresa contratista de perforación de pozos de petróleo y gas, la cual posee como principal cliente a Petróleos de Venezuela S.A. (P.D.V.S.A) El principal objetivo de la empresa es proveer servicio de los equipos de perforación.

Helmerich & Payne de Venezuela cuenta con una serie de departamentos los cuales se enlazan entre sí, para brindar un excelente servicio que proporcione satisfacción a sus clientes. Las actividades de sus departamentos, las cuales poseen como objetivo principal optimizar las condiciones operativas de los equipos de perforación (taladros), evitando así tiempos improductivos causados por el reemplazo de algún equipo o de alguna parte de equipo, por presentar desgaste o rotura cuando el taladro se encuentra operando.

La industria petrolera venezolana no escapa a esta realidad y por lo tanto los diversos equipos se procuran mantener en estado óptimo ya que este es el sector más importante de la economía venezolana. La elevada inversión económica que se realiza al adquirir cualquier equipo que tenga que ver con la industria petrolera, así como también los altos costos de mantenimiento han obligado a las compañías dedicadas al negocio de la perforación de pozos petroleros a dar un giro significativo en lo que respecta al mantenimiento de estos

Reseña Histórica

Durante cuarenta años, H&P de Venezuela ha representado una parte importante de las operaciones de perforación líder en Venezuela; hoy en día tiene 4 contratos y todos son equipos de perforación de H&P.

La empresa Helmerich & Payne de Venezuela C.A., cuenta con tres oficinas, la sede principal se encuentra en Anaco, Estado Anzoátegui, y sus sucursales en Maturín, en el Estado Monagas y Ciudad Ojeda, en el Estado Zulia.

La sede principal se encuentra ubicada en la carretera Negra, Km. 98, detrás del Club Los Molinos, en Anaco, Estado Anzoátegui.

Actualmente H&P, cuenta con los siguientes equipos de perforación: HP-113, HP-115, HP-116, HP-127, HP-128, HP-129, HP-135, HP-150, HP-153 y próximamente el HP-174.

Objetivos De La Empresa

Helmerich & Payne de Venezuela es una empresa contratista de perforación, encargada de la perforación de pozos de petróleo y gas, por lo cual tiene como objetivos:

- Proveer el servicio de los equipos de perforación (taladros).
- Garantizar operaciones seguras y eficientes de todo el equipo de perforación.
- Prevención de accidentes y proteger la salud del personal puesto que, en H&P de Venezuela, la seguridad no implica un gasto, es una inversión.

Importancia del Tema

Los programas de mantenimiento centrados en confiabilidad constituyen la base fundamental de las empresas para la conservación y buen funcionamiento de sus equipos durante períodos de tiempos estipulados, donde garantiza que cumplan con la acción de producir o la funcionar según el requerimiento de la empresa.

El siguiente trabajo presenta la elaboración de un programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos de perforación petrolera pertenecientes a la empresa Helmerich & Payne de Venezuela C.A.

La presentación del trabajo está distribuida en 6 capítulos; el primer capítulo presenta la justificación e importancia de la investigación y el planteamiento del objetivo general y los específicos y los alcances. El segundo capítulo describe la metodología y las técnicas de recopilación de información para el desarrollo del trabajo, donde se presenta el tipo de investigación, las técnicas e instrumentos utilizados en el procesamiento y análisis de datos. En el tercer capítulo se comenta acerca de la actividad petrolera y su evolución; se definen los sistemas y componentes que forman un taladro de perforación así como la terminología básica aplicada; se exponen los fundamentos teóricos del mantenimiento, del mantenimiento centrado en confiabilidad, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas; se definen ciertos índices representativos del mantenimiento; se realiza una breve reseña del trabajo que realizaron algunos autores anteriores a este trabajo. En el cuarto capítulo se presenta de manera tabulada la información recopilada: el resultado de las encuestas de criticidad, análisis de los modos y efectos de las fallas, los sistemas y componentes más críticos. En el quinto capítulo se expone la propuesta del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para los equipos más críticos y algunos no críticos. Finalmente, en el capítulo sexto, se plantean las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente, el Departamento de Mantenimiento de Helmerich & Payne de Venezuela C. A (H&P), se plantea la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para sus equipos, para así disminuir los tiempos improductivos que genera uno o varios equipos que salgan de servicio temporal o definitivamente, de manera no programada, debido a reparaciones y/o reemplazo de los mismos, los cuales pueden ser reducidos aumentando la confiabilidad y disponibilidad del equipo de perforación mediante la implementación de este plan, obteniéndose una mayor eficiencia en cada operación reduciendo los costos de mantenimiento, como también clientes satisfechos por haber contratado servicio excelente. Al mismo tiempo, se obtiene una historia documentada de cada equipo de perforación, como también se mejora la comunicación entre el Departamento de Mantenimiento y el personal ubicado en las distintas locaciones donde se encuentran los equipos de perforación por medio de diversos documentos generados por este plan de mantenimiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

- Realizar un análisis sistemático, objetivo y documentado para determinar un Plan de Mantenimiento centrado en Confiabilidad, fácil y entendible, para los equipos más críticos pertenecientes a H&P.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar los datos obtenidos en los reportes diarios.
- Determinar los equipos más críticos pertenecientes a los taladros.
- Reducir los tiempos improductivos de los equipos críticos.
- Aumentar los tiempos de servicio continuo.
- Realizar un análisis de criticidad, basado en los criterios de PDVSA.
- Realizar un análisis de modos y efectos de fallas para los equipos críticos pertenecientes a los taladros. Determinar la confiabilidad y disponibilidad del equipo entero de perforación.
- Describir las características técnicas, procedimientos y tiempos de ejecución de las rutinas a realizar, definidas durante la elaboración del proyecto. Elaboración de planes y/u órdenes de mantenimiento.
- Reducir los costos de mantenimiento.

1.3 Alcances

- Obtención de las rutinas a realizar, con sus respectivas frecuencias, y de esta manera el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad de los equipos más críticos, basadas en el diagnóstico de los datos anteriormente mencionados, recomendaciones de los fabricantes y experiencia del personal que labora en la empresa.
- Dar un entrenamiento al personal en el mantenimiento de los equipos mediante un programa intensivo de formación.
- Descripción de los equipos.
- Suministrar archivos históricos sobre cada equipo.
- Generación de recomendaciones y conclusiones.

1.4 Justificación De La Investigación

La perforación petrolera es una de las actividades con más incertidumbre cuando se lleva del proyecto a la realización de la misma, y esto es debido a que los estudios realizados en la etapa de exploración del pozo no son muy precisos. Es imposible predecir todo lo que puede ocurrir en una perforación, muchas decisiones deben ser tomadas tanto por la empresa operadora como por la empresa contratista una vez iniciada la misma. Debido a esta situación, se presentan hechos donde una falla de cualquier tipo de un equipo pudiera provocar una parada no programada, e incluso un accidente pudiéndose presentar pérdidas humanas y materiales, los cuales conllevan a grandes gastos, por diversos motivos, para cualquier empresa.

La elevada inversión al adquirir un equipo de perforación y los altos costos de mantenimiento por repuestos y mano de obra, han obligado al personal de mantenimiento de las diferentes empresas de perforación a dar mucho énfasis al mantenimiento de sus equipos. La necesidad de poseer buenas condiciones en el taladro y en todos sus componentes reviste una gran importancia, ya que el cuidado del equipo ayudará a las diferentes compañías a conservarse activas en la industria, pudiendo enfrentarse a la competencia y ofreciendo trabajo continuo a su personal.

Los hombres trabajan más seguros y con mayor satisfacción cuando disponen de buenas herramientas y procedimientos correctos de mantenimiento. Esta práctica además de predecir fallas, le permite al usuario prolongar la vida de los equipos; efectuar mejoras, optimizar la calidad de los repuestos, realizar ajustes y tolerancias reales y finalmente aumentar el tiempo medio entre fallas del equipo de perforación completo.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Antecedentes.

2.1.1 Bibliográficos.

En [11] realizaron un plan de mantenimiento preventivo para los MOTORES PROPULSORES de la Draga Catatumbo, unidad de producción adscrita a la Gerencia del Canal de Maracaibo del Instituto Nacional de Canalizaciones. El mismo se concretó a los Motores Propulsores, por ser estas máquinas complejas, de alta tecnología y ser un equipo crítico, es decir, vital para la producción de la Draga Catatumbo. Para lograr esto fue necesario conocer en primer lugar los entes relacionados con el mantenimiento de la Draga Catatumbo, las funciones de mantenimiento a ellos asignadas y evaluar el mantenimiento realizado actualmente a la Draga. Se procedió a elaborar un inventario de los equipos de producción instalados en la unidad con el fin de incluirlos en un futuro, al plan de mantenimiento preventivo presentado por ellos. A continuación se determinaron las rutinas de mantenimiento necesarias, el tiempo empleado por rutinas, la ubicación de la información técnica, así como la sucesión de trabajos que cada una involucra. Toda esta información se concentró en folletos de práctico uso. También se elaboró el listado de stock de repuestos y herramientas necesarios para la implementación del presente plan de mantenimiento preventivo.

En [12] plantearon la factibilidad y alcances de una buena organización de un sistema de mantenimiento para plantas metalmecánicas. Se muestra un fundamento teórico completo sobre costos de operación y mantenimiento, se hacen consideraciones de tipo económica para la implementación del programa de

mantenimiento preventivo. Se realiza un pequeño marco teórico para el desarrollo y realización de un manual para mantenimiento donde se contemplan una serie de normas y procedimientos dentro del sistema de mantenimiento de la empresa y se evalúa la estructura organizativa actual de mantenimiento en la planta.

Los autores de [7] desarrollaron un programa de Mantenimiento Preventivo a las unidades de bombeo mecánico (balancines), ubicadas en la Faja Petrolífera del Orinoco, específicamente en el Distrito Sur División de Oriente de la Empresa LAGOVEN S.A... El desarrollo de este programa se realizó a través de un estudio estadístico de las fallas más representativas presentadas en los diferentes componentes de los balancines e incluye:

- 1) Elaboración de guías que indiquen los parámetros de funcionamiento a controlar en la vida útil de las mismas, en base al análisis de las fallas referidas anteriormente.
- 2) Listados de repuestos, determinando máximos y mínimos a tener en almacén, tomando en cuenta el número de unidades existentes de cada modelo, frecuencia de reemplazo de dichos repuestos según las fallas analizadas, tiempo de entrega y costo de los mismos.
- 3) Programación indicando la periodicidad con la cual se realizará el mantenimiento preventivo a los balancines, según horas de servicios, ubicación física y recursos disponibles.

WILLIAM EDWARDS DEMING ("Salida de la Crisis"). Deming planteó catorce puntos para mejorar las empresas y su administración. Estos catorce puntos son: constancia, nueva filosofía, la inspección, las compras, mejoramiento continuo, entrenamiento, liderazgo, el miedo, barreras, slogans, cuotas, logros personales, capacitación y transformación. Estos puntos marcaron el advenimiento del concepto, aseguramiento de la calidad total. Conscientes del significado de estos puntos, la unión de científicos e ingenieros japoneses invitó en junio de 1950 a Deming a exponer sus ideas relativas a la administración de la calidad. Tal fue el éxito que

alcanzaron sus ideas, que Japón instituyó el premio Deming a la calidad. Las ideas generan una forma distinta de analizar los procesos y en Japón, bajo la orientación de Deming, se postula una concepción ligada a la orientación de la calidad total, las 5'S, siendo estas:

- o Seiri: clasificar, organizar, arreglar apropiadamente,
- o Seiton: orden,
- o Seiso: limpieza,
- o Seiketsu: limpieza estandarizada y
- o Shitsuke: disciplina.

Así, tendencias actuales como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) el cual combina la práctica del mantenimiento preventivo, los conceptos de la calidad total con el completo involucramiento del personal, y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), que no es otra cosa que un proceso lógico para satisfacer los requerimientos de manutención de los equipos en su entorno operacional cumpliendo la expectativa de confiabilidad del equipo. Ambas herramientas de gestión tienen sus orígenes en las ideas indicadas precedentemente y su data es de mitad del siglo pasado.

2.1.2 Internet

SIMSE CIER 2003 - Seminario Internacional sobre Mantenimiento y Servicios Asociados en Sistemas Eléctricos: "Mantenimiento: estrategia empresarial de competitividad" (Cartagena de Indias, Colombia 10-13 Agosto, 2003) El evento fue estructurado con la realización de conferencias, mesas redondas, cursos, exposiciones y sesiones técnicas, en separado, para las áreas de generación, transmisión y distribución. Se observa, de los trabajos técnicos presentados, que los nuevos mercados así como los diferentes marcos regulatorios del sector plantean nuevas ecuaciones técnico-económicas a las mismas, que han impuesto cambios, en lo referido a estrategias de mantenimiento, en el diseño de los planes de

mantenimiento, en la búsqueda de lograr una optimización de los recursos, humanos y materiales direccionados hacia la mejora continua y una reducción de los tiempos de indisponibilidad del equipamiento y una disminución de los costos de mantenimiento. Se presentó la evolución cronológica de las distintas estrategias de mantenimiento adoptadas por diferentes empresas y la tendencia actual hacia la optimización del gerenciamiento. Se presentaron técnicas particulares así mismo como nuevos materiales empleados tendientes a mejorar las tareas de mantenimiento. Fueron presentados 22 trabajos algunos de los cuales fueron en común con Generación, Transmisión y Distribución.

Los trabajos presentados describen las estrategias de mantenimiento empleadas por distintas empresas con el objetivo de garantizar el mantenimiento de los equipos de acuerdo con una evaluación técnico-económica de sus redes de distribución, en la búsqueda de obtener una reducción de costos para los requerimientos técnicos, operativos y regulatorios. Se presentaron softwares aplicativos a tal efecto. Se expusieron conceptos generales de la calidad del servicio utilizando la metodología probabilística y las tasas de falla de los circuitos. En la búsqueda de cumplimentar una política de mejora continua de la calidad del servicio se plantearon sistemas de gestión de activos con mediciones y controles de cada una de las actividades del proceso.

El contenido de los trabajos presentados apunta al establecimiento de metodologías tales como: mantenimiento basado en condición, el mantenimiento basado en tiempo y el mantenimiento basado en confiabilidad y la facilitación de esas técnicas mediante software aplicativos.

Se discutieron modelos de mantenimiento para el sistema de distribución buscando la optimización de los recursos técnicos y económicos mediante la

planificación del mantenimiento y del análisis estadístico de los datos de fallas de los circuitos.

Los temas tratados, están orientados al incremento de la confiabilidad y eficiencia de los equipos eléctricos relacionados con los Sistemas de Distribución a través de:

- Nuevos criterios de planeación, ejecución y control de mantenimiento.
- Utilización de materiales con nuevas tecnologías que incrementa la confiabilidad del sistema tales como: cable cubierto, postes y crucetas de fibra vidrio.
- Herramientas de estudio para la priorización de la atención de mantenimiento en redes de baja tensión.
- Herramientas informáticas que permiten mantener la conectividad de clientes-transformador- red, sistemas que permiten compilar la información gerencial de la organización en cuanto a la calidad del servicio brindado a los clientes, bases de datos georreferenciadas de instalaciones y uso de terminales portátiles para envío de ordenes de trabajo y registro de actividades en campo.
- Nuevos equipos localizadores de fallas para alumbrado público
- Metodologías que permite mejorar la coordinación de protecciones a efectos de obtener mayor selectividad y probabilidades de reconexiones, la implementación de cambiadores de tensión bajo carga que garantizarán que las variaciones de tensión se mantengan dentro de los rangos permisibles, mantenimientos predictivos en subestaciones GIS por medios acústicos y métodos de trabajo de línea viva, tratamiento de aceites y subestaciones móviles que permiten realizar los mantenimiento sin corte para los clientes.

Todas ellas orientan las decisiones hacia la optimización de costos de mantenimiento, disminución del número de interrupciones, disminución de los

tiempos de atención, disminución del impacto ambiental y aumento en la seguridad que se requiere en la manipulación de estos sistemas.

Es de hacer notar, que estos temas reflejan un alto grado de creatividad e innovación, con complejidades manejables.

ING. CARLOS A. PÍREZ BENÍTEZ (Subdirector de la E. R. M. M. "Andrés González Lines". Ciudad de la Habana. Cuba 2002) En el trabajo se da una panorámica de la situación general de la situación económica cubana y en específico de la Industria de Materiales de la Construcción desde el comienzo del periodo especial donde ha sufrido un proceso de descapitalización intelectual y tecnológica y se explica la situación de un grupo de empresas dedicadas al mantenimiento, reparación y otras actividades técnicas cuyos niveles de actividades sufrieron sensibles bajas y para las cuales se trazó una estrategia de unificación para salvar y asumir la problemática tecnológica en la Organización.

Se hace una presentación de esta Empresa de nueva creación, su misión y principales objetivos, así como su conformación estructural, para de esta forma llegar a una comprensión de su futura actividad y la necesidad de ejercer las funciones básicas de la Gestión Tecnológica.

Según la hipótesis planteada se trata de obtener un diagnóstico de la Empresa a partir del inventario del patrimonio tecnológico de las UEB y áreas técnicas que la componen utilizando para su análisis la Matriz tecnología-producto, el cuadro de potencial intrínseco del patrimonio tecnológico y otras herramientas afines.

2.2 Tipo de la investigación.

Este trabajo es una investigación exploratoria-proyectiva-cuantitativa; es exploratoria porque H&P nunca había diseñado y/o aplicado un plan de

mantenimiento centrado en confiabilidad a sus equipos de perforación; es proyectiva (proyecto factible) porque es una propuesta que soluciona el problema que ocasiona los altos costos de mantenimiento generados por los correctivos que se le aplican a estos equipos; es cuantitativa porque se analizan e identifican las fallas que pudiesen ocurrir en los equipos de perforación que generasen tiempos improductivos.

2.3 Diseño de la investigación.

La investigación se realizó en 3 etapas:

La primera está conformada por una revisión en las hojas de fallas para determinar los equipos que generan más tiempo improductivo y así diseñar una hoja de cálculo donde se registran todos los datos concernientes a la investigación.

La segunda consta de la recolección de datos, en hojas de cálculo, de las fallas ocurridas en los equipos de perforación petrolera pertenecientes a H&P en un período de 4 años, comprendido entre enero del año 2001 y Septiembre del año 2004. Los datos de las fallas se recopilan por medio de lectura de los Reportes de Fallas que posee el Dpto. de Mantenimiento de H&P y lectura de los Reportes de Operaciones que posee el Dpto. de Operaciones de H&P.

La tercera parte está formada por el análisis de criticidad, basado en los criterios de PDVSA, a los sistemas que componen la instalación para definir cuales son los equipos más críticos. Se definen el o los sistemas y equipos críticos, y a éstos se les realiza un flujograma; un Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF) para generar las tareas de mantenimiento, así como se determina la confiabilidad y disponibilidad de la instalación entera. Se define el contenido concreto de las actividades específicas que deben realizarse y sus frecuencias de ejecución correspondientes. Con la información acerca de las fallas, es decir la función de razón

de fallos, las consecuencias, etc. se determinan los intervalos óptimos de mantenimiento.

Una vez seleccionadas las actividades de mantenimiento consideradas más eficientes para los diferentes componentes analizados, se establecen las recomendaciones finales del estudio y se llevará a cabo su implantación.

...”para que las reciba de mi mano y me sirvan de prueba de que yo (Abraham) he abierto este pozo.”
(Génesis XXI:30).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Actividad Petrolera

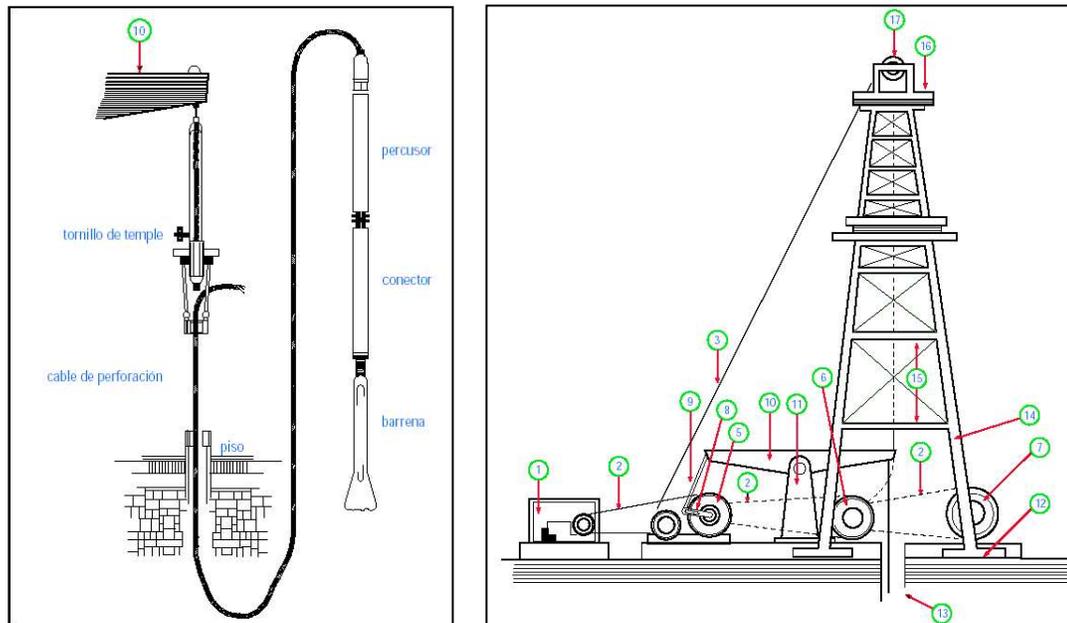
3.1.1 Reseña Histórica

Con el inicio (1859) de la industria petrolera en los Estados Unidos de América, para utilizar el petróleo como fuente de energía, el abrir pozos petrolíferos se tornó en tecnología que, desde entonces hasta hoy, ha venido marcando logros y adelantos en la diversidad de tareas que constituyen esta rama de la industria. La perforación confirma las perspectivas de descubrir nuevos yacimientos, deducidas de la variedad de informaciones obtenidas a través de la aplicación de conocimientos de exploración: Ciencias de la Tierra. La industria petrolera comenzó en 1859 utilizando el método de perforación a percusión, llamado también “a cable”. Se identificó con estos dos nombres porque para desmenuzar las formaciones se utilizó una barra de configuración, diámetro y peso adecuado, sobre la cual se enrosca una sección adicional metálica fuerte para darle más peso, rigidez y estabilidad. Por encima de esta pieza se enrosca un percutor eslabonado para hacer efectivo el momento de impacto (altura x peso) de la barra contra la roca. Al tope del percutor va conectado el cable de perforación. Las herramientas se hacen subir una cierta distancia para luego dejarlas caer libremente y violentamente sobre el fondo del hoyo. Esta acción repetitiva desmenuza la roca y ahonda el hoyo.

3.1.2 Ventajas y desventajas de la perforación a percusión

El uso de la perforación a percusión fue dominante hasta la primera década del siglo XX, cuando se estrenó el sistema de perforación rotatoria. Muchos de los iniciados en la perforación a percusión consideraron que para perforar a profundidad somera en formaciones duras, este sistema era el mejor. Además, recalcan que se podía tomar muestras grandes y fidedignas de la roca desmenuzada del fondo del hoyo. Consideraron que esta perforación en seco no perjudicaba las características de la roca expuesta en la pared del hoyo. Argumentaron también que era más económico. Sin embargo, la perforación a percusión es lenta cuando se trata de rocas muy duras y en formaciones blandas la efectividad de la barra disminuye considerablemente.

La circularidad del hoyo no es lisa por la falta de control sobre el giro de la barra al caer al fondo. Aunque la fuerza con que la barra golpea el fondo es poderosa, hay que tomar en cuenta que la gran cantidad de material desmenuzado en el fondo del hoyo disminuye la efectividad del golpeteo y reduce el avance de la perforación. Si el hoyo no es achicado oportunamente y se continúa golpeando el material ya desmenuzado lo que se está haciendo es volver polvillo ese material. Como se perfora en seco, el método no ofrece sostén para la pared del hoyo y, por ende, protección contra formaciones que por presión interna expelen sus fluidos hacia el hoyo y luego, posiblemente, hasta la superficie. De allí la facilidad con que se producían reventones, o sea, el flujo incontrolable de los pozos al penetrar la barra un estrato petrolífero o uno cargado de agua y/o gas con excesiva presión. No obstante todo lo que positiva o negativamente se diga sobre el método de perforación a percusión, la realidad es que por más de setenta años fue utilizado provechosamente por la industria.



1. Máquina de Vapor.
2. Correas de transmisión
3. Cable para achicar
4. Malacate
5. Malacate de transmisión
6. Malacate para carga pesada
7. Malacate para cable de perforación
8. Biela

9. Eje conector
10. Viga maestra (balancín)
11. Puntal mayor
12. Bases de la torre
13. Sótano
14. Patas de la torre
15. Travesaños
16. Cornisa
17. Poleas

Figura Nª 1 Componentes del equipo de perforación a percusión ([8] p. 91).

3.1.3 Perforación Rotatoria

La perforación rotatoria se utilizó por primera vez en 1901, en el campo de Spindletop, cerca de Beaumont, Texas, descubierto por el capitán Anthony F. Lucas, pionero de la industria como explorador y sobresaliente ingeniero de minas y de petróleos. Este nuevo método de perforar trajo innovaciones que difieren radicalmente del sistema de perforación a percusión, que por tantos años había servido a la industria.

El nuevo equipo de perforación fue recibido con cierto recelo por las viejas cuadrillas de perforación a percusión. Pero a la larga se impuso y, hasta hoy, no obstante los adelantos en sus componentes y nuevas técnicas de perforación, el principio básico de su funcionamiento es el mismo. Las innovaciones más marcadas fueron: el sistema de izamiento, el sistema de circulación del fluido de perforación y los elementos componentes de la sarta de perforación.

La Función principal de la moderna operación de perforación rotatoria es: perforar un hueco debajo de la superficie hasta penetrar una formación de potencial productivo de petróleo y/o gas. El hueco hecho, luego revestido con tubería, conecta la formación productora con la superficie y de esta manera es posible recuperar el petróleo y/o gas.

Estas operaciones de perforación son realizadas mediante el uso de un sofisticado complejo de perforación (un taladro de perforación rotatoria). El taladro está formado por cinco (5) componentes principales:

- Sistema de Izamiento.
- Sistema de Rotación.
- Sistema de Circulación.
- Sistema de Potencia.
- Sistema de Seguridad.

3.1.3.1 Sistema de Izamiento

Este sistema es el entarimado de la torre y sus accesorios en un equipo de perforación rotatoria. La torre, también llamada cabria o mástil, domina el complejo moderno de perforación, de tal manera que donde se vea una cabria, se está dando a conocer que hay operaciones de perforación rotatoria en cualquier parte del mundo que se encuentre. La silueta de una cabria de perforación es como un símbolo de la

industria petrolera. La estructura de la torre, de hecho representa el sistema de izamiento de un equipo moderno de perforación y es probablemente, el más reconocido de todos los sistemas componentes. Sin embargo, la importancia del sistema de izamiento además de simbólico, es un sistema indispensable en cualquier complejo moderno de perforación rotatoria. Su primera función consiste en servir de soporte al sistema pesado de rotación en la perforación de un pozo, proveyendo el equipo apropiado y las áreas de trabajo necesarias para levantar, bajar y suspender los pesos tan grandes requeridos por el sistema de rotación. El sistema de izamiento consta de dos subcomponentes principales que son:

- La estructura de Soporte (Cabria).
- Los Equipos de Izamiento.

3.1.3.1.1 La Estructura de Soporte (Torre o Cabria)

Es una armadura de acero ensamblada que se levanta sobre el suelo en el sitio de perforación del pozo y que soporta los enormes pesos de los equipos usados por el sistema de rotación para perforar superficie. Esta estructura de soporte incluye las partes siguientes:

- La Subestructura.
- La Planchada del Taladro.
- La Torre de Perforación (Cabria) o Mástil, que se levanta arriba de la planchada del taladro y de la subestructura.

Hay 2 tipos básicos de torres de perforación: 1) La torre propiamente dicha y 2) El Mástil.

3.1.3.1.1.1 La Torre

Las torres han sido usadas para pozos en tierra, pero hoy son mas usadas en pozos costa afuera. Las torres son mas grandes que los mástiles y son erigidas y

desmantelables pieza por pieza. Toda la plataforma del taladro está encerrada debajo de la armadura de la torre proveyendo una gran área de trabajo.

Se fabrican varios tipos de torres: portátil y autopropulsada, montadas en un vehículo adecuado; telescópicas o trípodes que sirven para la perforación, para el reacondicionamiento o limpieza de pozos.

La parte superior de esta subestructura, que forma el piso de la torre, puede tener una altura de 4 a 8,5 metros. Esta altura permite el espacio libre deseado para trabajar con holgura en la instalación de las tuberías, válvulas y otros aditamentos de control que se ponen en la boca del hoyo o del pozo. Entre pata y



Figura N° 2 Cabria de Peroración

La distancia puede ser de 6,4 a 9,1 metros, según el tipo de torre, y el área del piso estaría entre 40 y 83 metros cuadrados. La altura de la torre puede ser de 26 a 46 metros. A unos 13, 24 ó 27 metros del piso, según la altura total de la torre, va colocada una plataforma, donde trabaja el encuellador cuando se está metiendo o sacando la sarta de perforación. Esta plataforma forma parte del arrumadero de los tubos de perforación, los cuales por secciones de dos en dos (pareja) o de tres en tres (triple) se paran sobre el piso de la cabria y por la parte superior se recuestan y aseguran en el encuelladero.

3.1.3.1.1.2 El Mástil

El mástil reemplaza a la torre en los pozos de tierra porque son más portátiles. Estos pueden ser preensamblados, erigidos y movidos eficientemente de un sitio a otro más que a una torre. El mástil es angosto, usualmente montado hacia atrás y cerca de la rampa de tubería encerrando solamente una parte de la plataforma del taladro.



Figura N° 3 Mástil

3.1.3.1.1.3 La Subestructura

La subestructura es una armadura grande de acero que se ensambla directamente sobre el sitio de la perforación. La subestructura provee espacio de trabajo para los equipos y los hombres sobre y debajo del piso del taladro. Su altura está determinada por el tipo de taladro y por la altura del ensamblaje de las válvulas impide reventones. La subestructura está diseñada para soportar enormes pesos, incluyendo la torre o mástil, el equipo de izamiento, la mesa rotatoria, la sarta de

perforación (tubería, lastrabarrenas – portamechas-, etc.) y las cargas de la tubería de revestimiento.

3.1.3.1.4 Terminología de la Estructura de Soporte

3.1.3.1.4.1 Cornisa

Es una plataforma localizada en el tope de la torre o más donde se coloca el Bloque Corona.

3.1.3.1.4.2 Encuelladero

Es una plataforma de trabajo localizada en un lado de la torre o mástil y arriba del piso del taladro donde el encuellador coloca las parejas de tubería y lastrabarrenas durante los viajes (operaciones de sacar o meter tubería) o después de hacer una conexión (operación periódica de adherir una nueva junta de tubería de perforación).

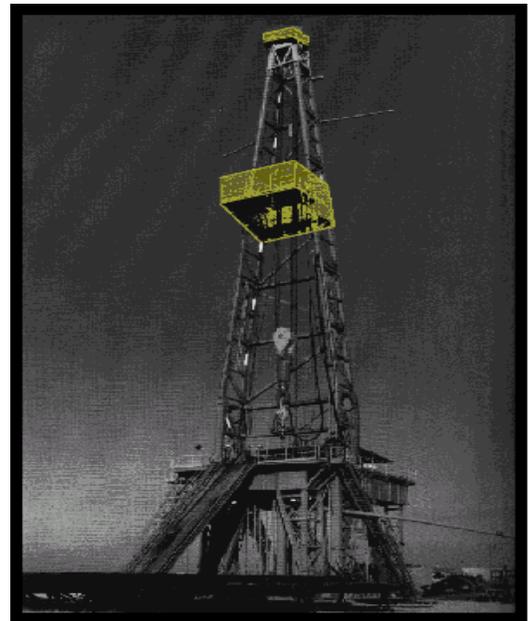


Figura N° 4 Cornisa y Encuelladero



Figura N° 5 Planchada y Rampa de Tubería

3.1.3.1.4.3 Planchada del taladro

Es una cobertura colocada sobre el tope de la subestructura que provee una plataforma de trabajo para las operaciones de perforación.

3.1.3.1.4.4 Rampa de tubería

La rampa está ubicada en el frente de la cabria, donde se coloca la tubería para luego

levantarla a la planchada del taladro, cuando se necesita añadir un tubo a la sarta o cuando se deja caer la tubería o las lastrabarrenas.

3.1.3.1.1.4.5 El Sótano

Es un hoyo cuadrado localizado en la tierra debajo de la planchada del taladro, el cual provee altura adicional entre la planchada y el cabezal de revestimiento para acomodar las válvulas impide reventones. No todos los taladros tienen sótano.

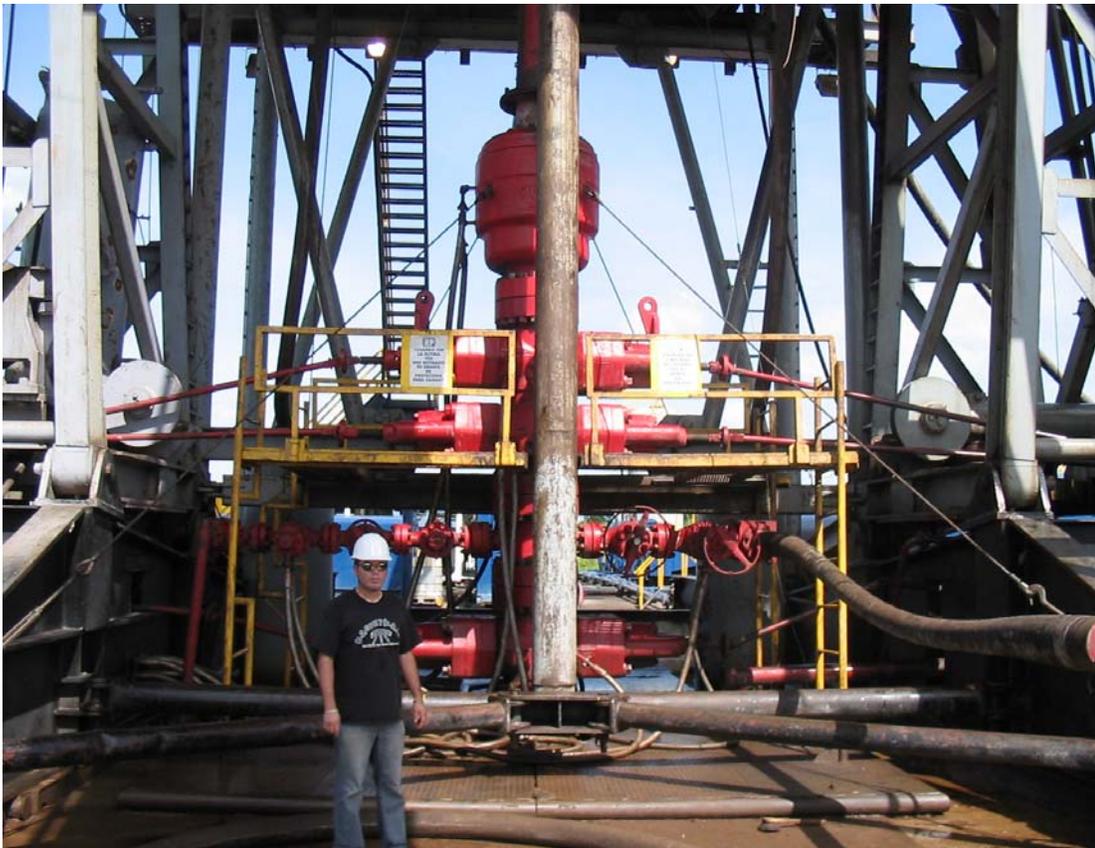


Figura N° 6 Arreglo de BOP's en el sótano del taladro

La estructura de soporte (cabria) provee los espacios de trabajo apropiados y requeridos para el uso de los equipos especializados de izamiento.

3.1.3.1.1.5 Características Generales de las Cabrias

3.1.3.1.1.5.1 Altura

Las torres y los mástiles varían en altura desde 69' hasta 189'. La torre más común es la de 142'. La altura es un indicador de la capacidad de la cabria para manejar secciones de la sarta de perforación. Las secciones llamadas "parejas" que pueden ser de dos (2) tubos 60', tres (3) tubos 90' y cuatro (4) tubos 120'. Todos los tubos rango 2. Algunas secciones o tubos pueden ser mas largas (tubos rango 3). Mientras más alta sea la torre o mástil, menos conexiones se hacen durante las operaciones de perforación.

3.1.3.1.1.5.2 Capacidad de Carga

Las torres y los mástiles son diseñados en términos de la fuerza o carga vertical que pueden suspender. Este valor de diseño es conocido como capacidad del taladro, que es la carga total que puede soportar. Las cabrias en base a esto pueden ser ligeras, medianas y pesadas, basadas en su capacidad de carga. Las capacidades de carga más comunes son: entre 250 hasta 750 toneladas. Las subestructuras son diseñadas para soportar grandes pesos, tanto para tubería de perforación como para tubería de revestimiento.

3.1.3.1.1.5.3 Fuerza del viento

Las torres y los mástiles son diseñados en términos de cuanto viento pueden soportar y mantenerse vertical, mientras se suspende toda la carga de la sarta de tubería sin que sea necesario sujetar las torres con guayas externas a la superficie del terreno. La mayoría de las torres pueden soportar vientos de 100 a 130 mph. Las torres más comunes son para velocidades de viento de 75 mph, con tubería parada en la torre y 115 mph sin la tubería parada.

3.1.3.1.2 Los Equipos de Izamiento.

Son equipos especializados que levantan, bajan y suspenden la sarta de perforación (tubería de perforación, lastrabarrenas, barrenas, tubería de revestimiento, etc.) en un pozo en perforación. Están localizados en áreas específicas dentro de la estructura de soporte e incluye:

- El Malacate.
- Las herramientas de levantar.
- El Bloque Corona.
- El Bloque Viajero.
- El Gancho.
- Las Parrillas Elevadoras.
- Los Elevadores.
- La Guaya de Perforación.

3.1.3.1.2.1 El Malacate

Ubicado entre las dos patas traseras de la cabria, sirve de centro de distribución de potencia para el sistema de izamiento y el sistema rotatorio. Su funcionamiento está a cargo del perforador, quien es el jefe inmediato de la cuadrilla de perforación.



Figura N° 7 Malacate

El malacate consiste en un carrete principal siendo muy similar a un winche gigante, de diámetro y longitud proporcionales según el modelo y especificaciones generales. El carrete sirve para devanar y mantener arrollados cientos de metros de cable de perforación. Por medio de adecuadas cadenas de transmisión, acoplamientos, embragues y mandos, la potencia que le transmite la planta de fuerza motriz puede ser aplicada al carrete principal o a los ejes que accionan los carretes auxiliares, utilizados para enroscar y desenroscar la tubería de perforación y las de revestimiento o para manejar tubos, herramientas pesadas u otros implementos que sean necesarios llevar al piso del taladro. De igual manera, la fuerza motriz puede ser dirigida y aplicada a la rotación de la sarta de perforación. La transmisión de fuerza la hace el malacate por medio de la disponibilidad de una serie de bajas y altas velocidades, que el perforador puede seleccionar según la magnitud de la carga que representa la tubería en un momento dado y también la ventaja mecánica de izamiento representada por el número de cables que enlazan el conjunto de poleas fijas en la cornisa de la cabria con las poleas del bloque viajero.

El malacate es una máquina cuyas dimensiones de longitud, ancho y altura varían, naturalmente, según su potencia. Su peso puede ser desde 4,5 hasta 35,5 toneladas, de acuerdo con la capacidad de perforación del taladro.

3.1.3.1.2.2 Herramientas de Levantar

3.2.5.4.4.3.1 Bloque corona

La polea de corona es un juego de roldadas una al lado de otra, girando en un eje montado en la punta del mástil.

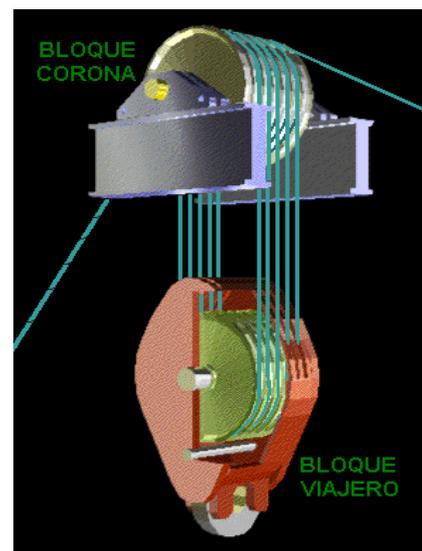


Figura N° 8 Aparejo de Poleas

3.2.5.4.4.3.2 Bloque viajero

El bloque viajero es una pieza muy robusta que puede pesar entre 1,7 y 11,8 toneladas y tener capacidad de carga entre 58 y 682 toneladas, según sus dimensiones y especificaciones. Forma parte del bloque viajero un asa muy fuerte que lleva en su extremo inferior, del cual cuelga el gancho.

3.2.5.4.4.3.3 Gancho

Sirve para sostener la junta giratoria del sistema de rotación durante la perforación.



Figura N° 9 Gancho

3.2.5.4.4.3.4 Parrillas elevadoras

Son un par de eslabones que cuelgan al elevador, estos sirven para colgar o sujetar el elevador de tubería, para ayudar a meter o sacar la tubería de perforación. Los eslabones del elevador se conectan al adaptador de eslabones de la unidad de propulsión superior (Top Drive).

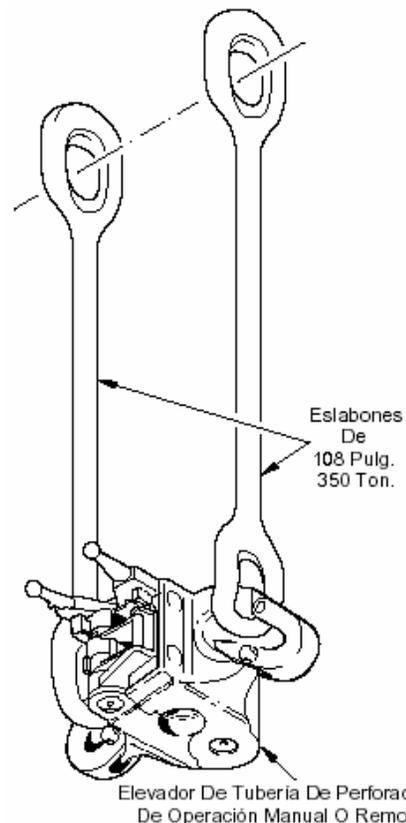


Figura N° 10 Parrillas elevadoras y Elevador

3.2.5.4.4.3.5 Elevadores

El elevador de tubería se encuentra conectado a las parrillas. Al activar el sistema de inclinación de eslabones, el elevador es extendido para facilitar la operación de sostener y recoger la tubería.

3.1.3.1.2.2.6 La Guaya de Perforación

El cable o guaya de perforación, que se devana y desenrolla del carrete del malacate, enlaza los otros componentes del sistema de izamiento como son el cuadernal de poleas fijas ubicado en la cornisa de la cabria y el cuadernal del bloque viajero. El cable de perforación consta generalmente de seis ramales torcidos. Cada ramal está formado a su vez por seis o nueve hebras exteriores torcidas también que recubren otra capa de hebras que envuelven el centro del ramal. Finalmente, los ramales cubren el centro o alma del cable que puede ser formado por fibras de acero u otro material como cáñamo.

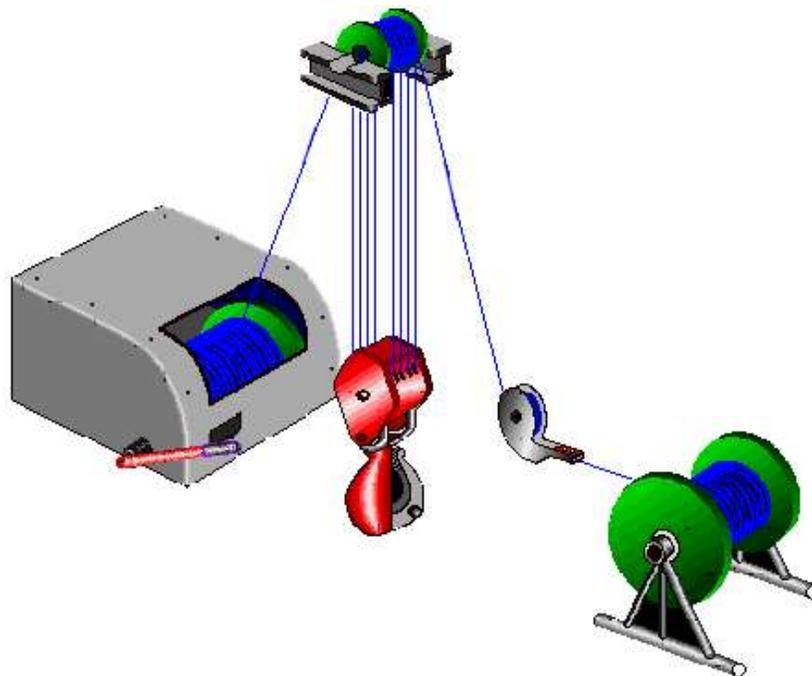


Figura N° 11 Guaya de Perforación

La torcida que se le da a los ramales puede ser a la izquierda o a la derecha, pero para los cables de perforación se prefiere a la derecha. Los hilos de los ramales pueden ser torcidos en el mismo sentido o contrario al de los ramales. Estas maneras de fabricación de los cables obedecen a condiciones mecánicas de funcionamiento que deben ser satisfechas.

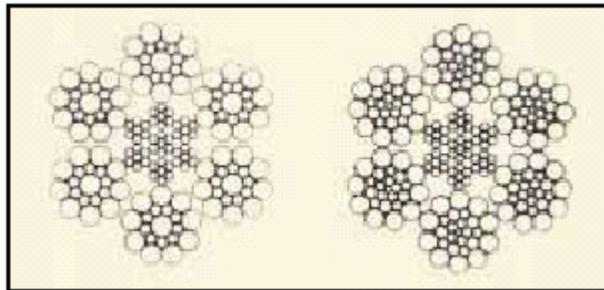


Figura Nª 12 Configuración y disposición de los elementos del cable de perforación.

El cable tiene que ser fuerte para resistir grandes fuerzas de tensión; tiene que aguantar el desgaste y ser flexible para que en su recorrido por las poleas el tanto doblarse y enderezarse no debilite su resistencia; tiene que ser resistente a la abrasión y a la corrosión. Normalmente, el diámetro de los cables de perforación es de 22 mm a 44 mm; con valores intermedios que se incrementan en 3,2 mm, aproximadamente. Según el calibre y el tipo de fabricación del cable, su resistencia mínima de ruptura en tensión puede ser de 31 a 36 toneladas, y la máxima de 75 a 139 toneladas. El peso por metro de cable va desde 2 kg hasta 8,5 kg según el diámetro. Por tanto, el peso de unos 100 metros de cable representa 200 a 850 kg.

3.1.3.2 Sistema de Rotación

Durante muchos años se usaba una mesa rotatoria, un buje de cuadrante y un cuadrante de 45 pies para la perforación de los pozos petroleros. Durante muchas décadas, los perforadores agregaron tubos nuevos a la sarta de perforación mediante un proceso realizado con la mesa rotatoria, el cuadrante, las llaves de tubería, el torno auxiliar del malacate, un buje maestro, tazones y cuñas. Este método de manipular la

tubería y realizar las conexiones permaneció constante, aparte de algunas mejoras menores tales como los giradores de cuadrante, hasta la llegada de los sistemas de perforación con unidades de propulsión superior (Top Drive).

La unidad Top Drive, proporciona la misma energía de torsión que una mesa rotatoria convencional, eliminando la necesidad de utilizar la combinación unión giratoria/cuadrante. La unidad TDS no interfiere con los equipos convencionales existentes. Permite hacer viajes, mantener circulación y rotación y correr el revestidor así como escariar hacia arriba en secciones de 90 pies para reducir las posibilidades de pegar la tubería.

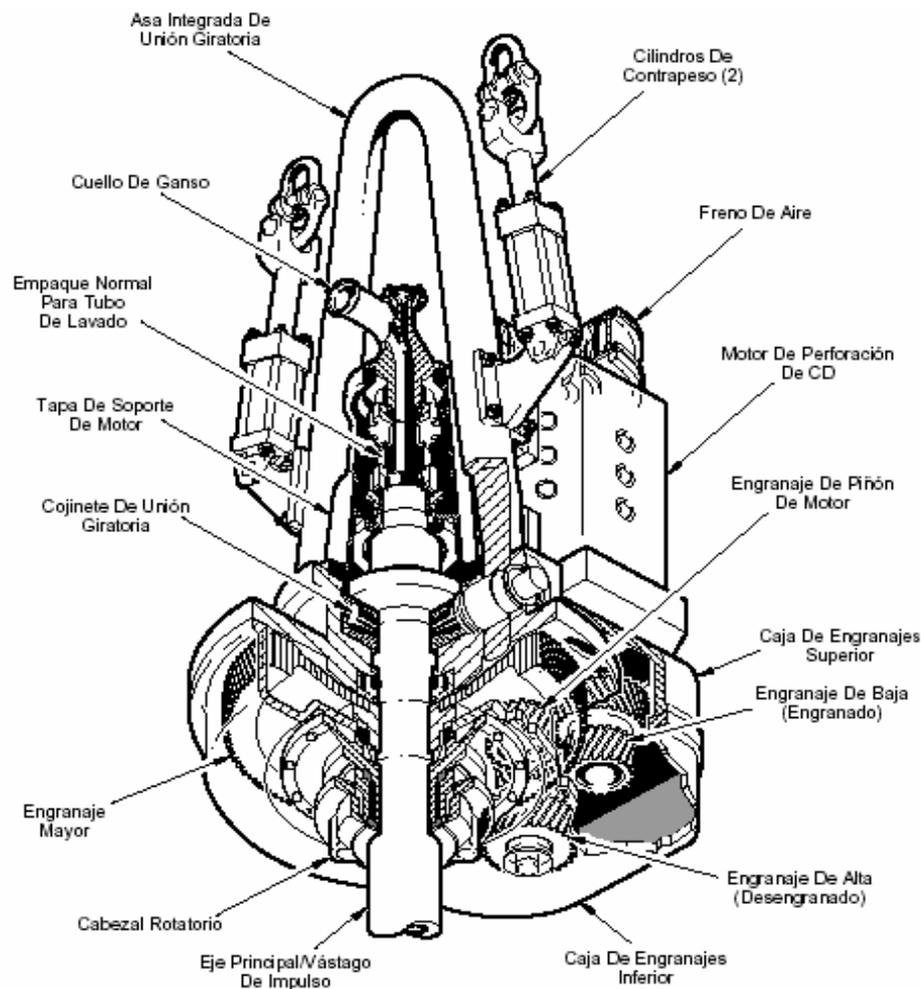


Figura Nª 13 Componentes principales del Top Drive

El vástago de impulso integrado funciona como la flecha principal que impulsa a la sarta de perforación. El motor eléctrico y la transmisión de perforación, ubicados adyacente al vástago, hacen girar el vástago. El motor DC se conecta a la parte superior de la caja de engranajes, llamada la tapa de soporte de motor. El armazón del motor y la carretilla de guía se conectan al conjunto del motor. El ensamble completo se desplaza verticalmente en dos carriles instalados en la torre. Los carriles verticales resisten la torsión del motor durante las operaciones de perforación y mantienen el Top Drive en posición sobre el centro del pozo. El TDS cambio la forma en la que la flecha de perforación es rotada durante la perforación y ha ganado aceptación como un método más productivo y seguro. Los productos para el manejo de tubería (vertical y horizontalmente) también incluyen sistemas que permiten el manejo mecanizado y automatizado de los diferentes tamaños de tuberías en un equipo de perforación.

Actualmente los TDS son utilizados predominantemente en plataformas marinas de perforación y en sólo algunos equipos de tierra. Recientemente ha emergido un mercado creciente para su uso en equipos de perforación terrestre convencionales. El éxito en este mercado requiere un TDS que sea ligero, portátil y menos costoso que los sistemas tradicionales.

3.1.3.3 Sistema de Circulación

El sistema de circulación del fluido de perforación es parte esencial del taladro. Sus dos componentes principales son: el equipo que forma el circuito de circulación compuesto por tres bombas de embolo y el fluido propiamente llamado “Lodo”.

Las tres bombas de émbolo desplazan al fluido de perforación en una sola dirección mientras que los émbolos succionan y descargan alternadamente el fluido hacia una línea de alta presión la cual conecta a una tubería colocada a lo largo de la

torre que llega hasta la mitad de ella, esta tubería (Stand Pipe) está conectada a la manguera giratoria que a su vez se conecta al Top Drive en una tubería llamada cuello de ganso, de ahí pasa a través del “Wash Pipe” y el fluido sigue viajando a través de la sarta de perforación hasta la barrena, luego el fluido viaja por el espacio anular que hay entre la sarta y la formación, llegando al arreglo BOP y de ahí al niple campana, luego atraviesa una tubería llamada “Flow Line” hasta llegar a los equipos de remoción de sólidos regresando a los tanques activos donde se repite el ciclo.

3.1.3.3.1 Las bombas de circulación

La función principal de la(s) bomba(s) de circulación es mandar determinado volumen del fluido a determinada presión, hasta el fondo del hoyo, vía el circuito descendente formado por la tubería de descarga de la bomba, el tubo de paral, la manguera, el sistema de rotación, la sarta de perforación (compuesta por la tubería de perforación y la sarta lastrabarrena) y la barrena para ascender a la superficie por el espacio anular creado por la pared del hoyo y el perímetro exterior de la sarta de perforación.

Del espacio anular, el fluido de perforación sale por el tubo de descarga hacia el cernidor, que separa del fluido la roca desmenuzada (ripio) por la barrena y de allí sigue por un canal adecuado al foso o tanque de asentamiento para luego pasar a otro donde es acondicionado para vaciarse continuamente en el foso o tanque de toma para ser otra vez succionado por la(s) bomba(s) y mantener la continuidad de la circulación durante la perforación, o parada ésta se continuará la circulación por el tiempo que el perforador determine por razones operacionales.

La selección de las bombas depende de la profundidad máxima de perforación del taladro, que a la vez se traduce en presión y volumen del fluido en circulación. Las bombas son generalmente de dos (gemela) o tres (triple) cilindros. Cada cilindro de la gemela (dúplex) descarga y succiona durante una embolada, facilitando así una

circulación continua. La succión y descarga de la triple es sencilla pero por su número de cilindros, la circulación es continua.

Para evitar el golpeteo del fluido durante la succión y descarga, la bomba está provista de una cámara de amortiguación. Como en la práctica el volumen y la presión requeridas del fluido son diferentes en las etapas de la perforación, los ajustes necesarios se efectúan cambiando la camisa o tubo revestidor del cilindro por el de diámetro adecuado, y tomando en cuenta la longitud de la embolada se le puede regular a la bomba el número de emboladas para obtener el volumen y presión deseadas.

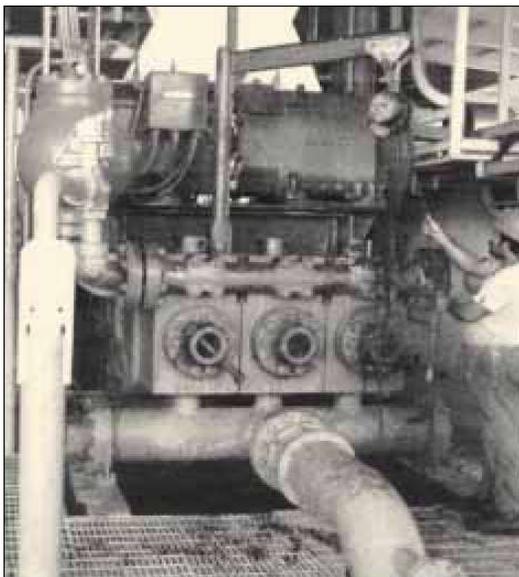


Figura N° 14 Bomba de Lodo de Perforación

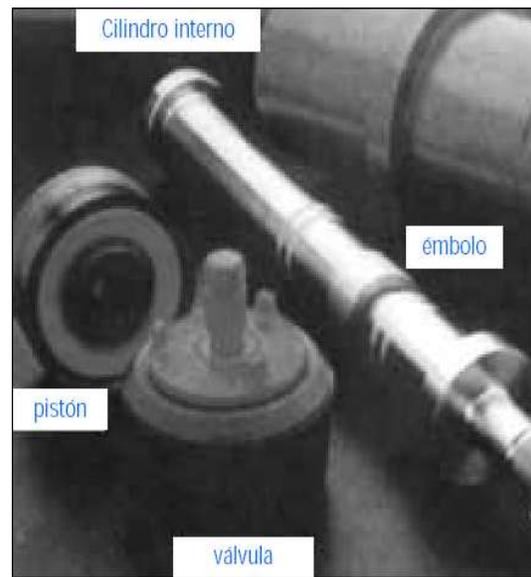


Figura N° 15 Partes de la bomba de Lodo

La potencia (h.p.) requerida por la bomba se la imparte la planta de fuerza motriz del taladro, por medio de la transmisión y mandos apropiados. La potencia máxima de funcionamiento requerida por la bomba especifica su capacidad máxima. Entre el diámetro máximo y mínimo del émbolo, cada bomba puede aceptar tres o cuatro diámetros intermedios y cada cual dará relaciones diferentes de presión,

caballaje y volumen, que pueden satisfacer situaciones dadas. Por tanto, al seleccionar la bomba, el interesado debe cotejar las especificaciones del fabricante con las necesidades del taladro para informarse sobre otros detalles importantes como son el diámetro del tubo de succión y el de descarga; tipo de vástago para el émbolo y empacadura, lubricación y mantenimiento general de la bomba; tipos de engranajes y relaciones de velocidad, montaje y alineación, y todo cuanto propenda al funcionamiento eficaz de la bomba. La bomba está sujeta a fuertes exigencias mecánicas de funcionamiento, las cuales se hacen más severas en perforaciones profundas. Aunque su funcionamiento es sencillo, su manufactura requiere la utilización de aleaciones de aceros específicos para garantizar su resistencia al desgaste prematuro. La bomba es una pieza costosa y se podrá apreciar su valor al considerar que además de la tecnología de fabricación que la produce, el peso del acero de sus componentes puede ser de 7 a 22 toneladas.

3.1.3.3.2 La tubería de perforación

La tubería de perforación va conectada al lastrabarrena superior y su último tubo se enrosca al Sistema de Rotación, el cual le imparte a la barrena y a toda la sarta el movimiento rotatorio. Esta sección de la sarta de perforación va aumentando en longitud a medida que se va ahondando el hoyo. Además de las funciones de hacer girar e imponer peso a la barrena, la tubería de perforación es parte esencial del conducto que lleva el fluido de perforación desde las bombas al fondo del hoyo, a través de la barrena. Por tanto, la tubería de perforación está expuesta a fuertes fuerzas de rotación, de tensión, de compresión, de flexión y pandeo, de torsión, de aprisionamiento por derrumbe del hoyo, de roce, de fatiga, de rebote y desgaste general. De allí que la fabricación se haga utilizando aleaciones especiales de acero, cuyas características soporten los esfuerzos a que están sujetos en el hoyo tanto cada tubo como las conexiones que los unen.

La tubería de perforación se fabrica en una variada selección de diámetros externos nominales desde 25,4 hasta 317,5 milímetros. Los diámetros por debajo de 76 milímetros y los mayores de 139,7 milímetros se emplean para casos especiales. Generalmente, los diámetros de uso corriente son de 88,9; 101,6; 114,3; 127 y 139,7 milímetros que, respectivamente, corresponden a 3¹/₂, 4, 4¹/₂, 5, 5¹/₂ pulgadas. La longitud de cada tubo varía según el rango API. El rango 1 abarca una longitud de 5,5 a 6,7 metros; el rango 2, de 8,2 a 9,1 metros y el rango 3, de 11,6 a 13,7 metros.

Las siderúrgicas y suplidores de tuberías para la industria petrolera ofrecen una variada selección corriente de tubos pero también pueden satisfacer pedidos especiales de los usuarios.

Cuando se requiere una sarta de perforación debe pensarse en las características deseadas: longitud total de la sarta y rango de longitud de los tubos; diámetro nominal e interno del tubo; grado del material (D, E u otro especial); punto cedente en tensión (carga); punto cedente en torsión (momento); peso por metro de longitud; tipo de conexión; longitud, recalcado interior o exterior o ambos, y momento necesario de torsión de enrosque. La selección de los componentes principales de toda la sarta, así como dispositivos auxiliares necesarios, dependen fundamentalmente del diámetro y de la profundidad del hoyo como también de las características y comportamiento de los estratos que ha de desmenuzar la barrena. La selección se hace aún muchísimo más importante para áreas donde se dificulta mantener el hoyo recto, debido al buzamiento y al grado de dureza e intercalación de estratos diferentes.

De igual manera, merece atención si en el área de la perforación existe la presencia de sulfuro de hidrógeno (H₂S), que por su acción corrosiva puede someter a la sarta a severo debilitamiento de sus características metalúrgicas. La inspección, la protección de las roscas, el adecuado transporte, arrume y manejo de la sarta, y

lubricación apropiada de las conexiones cada vez que cada tubo se mete en el hoyo son tareas importantes para conservar la sarta en buen estado. Por sí, la sarta con todos sus componentes representa una inversión que se hace más cuantiosa en relación a su longitud, ya que la capacidad del taladro puede ser para hacer hoyos muy profundos hasta 9.145 metros o más.

En la búsqueda de yacimientos en formaciones del Cretáceo, las perforaciones que desde 1980 hizo Lagoven en el Zulia son de las más profundas registradas en Venezuela: Urdaneta 5.740 metros; Cabimas 5.049 metros; Sur-Oeste-Lago 5.263 metros; Tía Juana 5.379 metros; Aricuaisá 5.685 metros; Alturitas 5.263 metros; San Julián 5.635 metros, donde Corpoven terminó un magnífico productor, 1.495 b/d de petróleo de 34,3° API, cuya profundidad final llegó a 5.678 metros. En Oriente, la perforación profunda en áreas conocidas y nuevas tuvo éxito en Quiriquire 5.490 metros, Orocuá 4.320 metros, Amarilis 5.948, El Furrial 4.750, Piedritas 4.941. Costafuera de la península de Paria y la región del delta del Orinoco se perforaron pozos profundos: Patao 4.146, Caracolito 5.675 y Tajalí 4.560 metros.

Toda esta actividad indica que en el país hay experiencia y capacidad para realizar la perforación de pozos profundos, al igual que en las áreas de operaciones más destacadas del mundo. Los pozos profundos de exploración de nuevos yacimientos son costosos.



Figura N° 16 Patio de almacenaje de los distintos tipos de tuberías de perforación, de revestidores y de producción

3.1.3.4 Sistema de Potencia

La potencia de la planta debe ser suficiente para satisfacer las exigencias del sistema de izamiento, del sistema rotatorio y del sistema de circulación del fluido de perforación. La potencia máxima teórica requerida está en función de la mayor profundidad que pueda hacerse con el taladro y de la carga más pesada que represente la sarta de tubos requerida para revestir el hoyo a la mayor profundidad. Por encima de la potencia teórica estimada debe disponerse de potencia adicional. Esta potencia adicional representa un factor de seguridad en casos de atascos de la tubería de perforación o de la de revestimiento, durante su inserción en el hoyo y sea necesario templar para librarlas. Naturalmente, la torre o cabria de perforación debe tener capacidad o resistencia suficientes para aguantar la tensión que se aplique al sistema de izamiento.

La planta consiste generalmente de dos o más motores para mayor flexibilidad de intercambio y aplicación de potencia por engranaje, acoplamientos y embragues adecuados a un sistema particular.



Figura N° 17 Motor Diesel

3.1.3.5 Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad está compuesto por un arreglo de impide reventones (Blow Out Preventors, BOP, por sus siglas en inglés), el múltiple de ahogo o línea de matar el pozo y un acumulador.

El propósito de tener un arreglo de BOP's es de evitar que flujo incontrolado de fluidos de la formación perforada lleguen a la superficie. Si la presión en el hoyo de perforación es menor que la presión contenida en los fluidos de la formación, éstos podrían fluir hacia el hoyo. Si este fluido llegase a fluir hacia la superficie, la situación se puede tornar peligrosa.



Figura N° 18 Conjunto de BOP's simple, doble y anular

Cuando esta situación se presenta, se dice que es una arremetida o amago de reventón. Toda arremetida que no pueda ser controlada termina en reventón, con sus graves consecuencias de posibles daños personales, destrucción segura de equipos y hasta posible pérdida el pozo.

El BOP está diseñado para detener el flujo a la superficie cuando el pozo sufre una arremetida. Los arreglos de BOP's están diseñados para soportar hasta 10000 psi, aunque en la mayoría de las perforaciones se diseñan para soportar presiones menores. El diseño del arreglo depende de las presiones de la formación esperadas en el área a ser perforada. Los tipos mas usados de BOP son el anular, el simple y el doble y los arreglos mas comunes son los de 1 BOP doble, uno simple y uno anular, en orden ascendente. Este arreglo está ubicado en el sótano del taladro.

Como su nombre lo indica, los BOP's ayudan a prevenir un reventón si es usado apropiadamente. Los BOP's pueden ser cerrados a control remoto hidráulicamente o manualmente desde el mismo arreglo.

Cuando ocurre una arremetida, se cierran los BOP's por medio de unos arietes, sellando así el espacio anular entre el pozo y la sarta de perforación, y el fluido es dirigido al múltiple de ahogo o línea de matar el pozo. Este múltiple es un conjunto de válvulas conectadas entre sí con el propósito de manejar grandes



Figura Nª 19 Múltiple de ahogo

presiones de gas, petróleo o lodo de perforación lejos del arreglo de BOP's, mantenimiento el pozo bajo control seguro. El múltiple de control tiene 2 válvulas de ahogo, una de reserva, y así se puede manejar las altas presiones de distintas maneras a una velocidad moderada.

Los BOP cuando son cerrados hidráulicamente, un fluido a alta presión es bombeado hacia unos compartimientos especiales en el BOP que cierran los arietes. Este fluido proviene de un equipo llamado Acumulador. Este equipo se encarga de tener disponible siempre gran cantidad de fluido a presión para cerrar los BOP's, incluso cuando no exista potencia eléctrica en el taladro.



Figuras N° 20 y 21 Acumulador

El arreglo de BOP's puede ser cerrado desde la consola del perforador, el Acumulador o desde otra parte del taladro donde exista una consola del arreglo BOP.



Figura N° 22 Consola del arreglo BOP

3.2 Mantenimiento

Es un conjunto de acciones necesarias utilizadas para conservar, mantener o reestablecer las instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos, de una empresa las cuales garantizan las condiciones normales de funcionamiento. El mantenimiento en la industria actual se entiende entonces como el conjunto de actividades que conllevan a la conservación de las maquinas, equipos, edificaciones, etc., en buen estado de funcionamiento.

3.2.1 Objetivos del Mantenimiento

- Mantener en condiciones operativas las maquinarias y equipos que se encuentren en la empresa y preservar las instalaciones o equipos con el propósito de que trabajen dentro de los límites del diseño con el menor número de fallas posibles.
- Reducir paros inoportunos en las maquinarias y equipos.
- Reducir costos excesivos en el consumo de horas-hombre y compra de repuestos.
- Mantener los equipos e instalaciones operando en un porcentaje óptimo de tiempo y confiabilidad.

3.2.2 Mantenimiento Preventivo

Es el conjunto de actividades programadas (cuidado sistemático, revisión y chequeo periódico), que se realiza sobre un equipo o sistema de equipo para mantenerlo en perfectas condiciones de funcionamiento; detectar y corregir pequeñas fallas antes de que éstas aparezcan o causen mayores daños. [4]

Es aquel que consiste en un grupo de tareas planificadas que se ejecutan periódicamente, con el objetivo de garantizar que los activos cumplan con las funciones requeridas durante su ciclo de vida útil dentro del contexto operacional

donde su ubican, alargar sus ciclos de vida y mejorar la eficiencia de los procesos. En la medida en que optimizamos las frecuencias de realización de las actividades de mantenimiento logramos aumentar las mejoras operacionales de los procesos. [A]

Es el conjunto de acciones necesarias para conservar un equipo en buen estado, independientemente de la aparición de una falla, también se puede definir como una actividad planificada que abarca la inspección técnica, la detección y la prevención de fallas incipientes.

Un mantenimiento preventivo es el que se efectúa a espacios regulares. Un programa completo y efectivo de mantenimiento preventivo debe:

- Mantener la seguridad de los humanos y de los equipos.
- Tener conocimientos del funcionamiento de los equipos para controlar los costos.
- Seguir programas rutinarios de inspección e instalación de los equipos.
- Realizar programas de evaluación de rendimiento de los equipos.
- Tener conocimientos de el cómo localizar fallas en el funcionamiento y cómo corregirlos.

Todas las empresas deben considerar los beneficios de un programa de mantenimiento preventivo que pueda llevar a una reducción del tiempo perdido en reparaciones. Durante muchos años la práctica ha sido la de utilizar una pieza hasta que falle. Un programa de mantenimiento preventivo bien realizado puede razonablemente pronosticar el problema y de esta forma cambiar las partes antes de que fallen, lo que originará ahorro en tiempo y dinero.

3.2.2.1 Ventajas del mantenimiento preventivo

- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Con las investigaciones se pueden corregir las causas de uso indebido, mala operación o equipo obsoleto.
- Cambio de mantenimiento ineficiente, a un mantenimiento programado menos costoso y a un mejor control de trabajo.
- Mejor control de los repuestos que conllevan a un inventario mínimo.
- Mayor seguridad para los operarios.

3.2.3 Mantenimiento Correctivo

Este tipo de mantenimiento consiste en reestablecer al equipo sus condiciones normales de operación, luego de la ocurrencia de una falla y se caracteriza porque invariablemente hay daños en algún componente del sistema.

3.2.3.1 Procedimientos de Mantenimiento Correctivo

Primero se deben realizar un primer grupo de acciones alternativas si es posible para reponer la condición u operación del equipo mediante reemplazo, bypass u otros. Una vez realizada las acciones alternativas se debe empezar en cuanto sea posible la toma de acciones que conduzcan a la solución del problema.

Las condiciones resultantes del primer grupo de acciones son de carácter temporal. El segundo grupo de acciones debe conducir a soluciones tan permanentes o definitivas como sea posible.

- Cuando existe un buen mantenimiento no debe haber fallas repetitivas que provoquen situaciones de emergencia.
- El manejo efectivo de fallas en equipos y los informes de no conformidades en mantenimientos.

- Investigación de las causas de las fallas, registrándose debidamente los resultados de la investigación.
- Determinación de la acción correctiva necesaria para eliminar las fallas de funcionamiento.
- Aplicación de controles para garantizar que se emprenda la acción correctiva y que ésta sea eficaz.

3.2.4 Mantenimiento Predictivo

Es el proceso de determinar el estado de la máquina en funcionamiento, permitiendo la reparación de ésta antes de que se produzca el fallo. El control y supervisión no sólo ayuda al personal del equipo a reducir la posibilidad de fallo catastrófico o grave, sino que también les permite disponer de los recambios con anterioridad, planificar los trabajos y otras reparaciones.

3.2.4.1 Ventajas del Mantenimiento Predictivo

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite controlar la evolución de un defecto en el tiempo.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Permite conocer el tiempo límite de actuación, evitando el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Confección de formas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

3.2.5 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad MCC es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado, que puede ser aplicado a cualquier tipo de instalación industrial, útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento. [E]

Es una metodología que procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, y detectar los modos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables. [A]

Según Bunny Snellok¹ el MCC es “El Mantenimiento que debes hacer para que las instalaciones hagan lo que la Empresa desea que hagan”, en otras palabras es la alineación del mantenimiento con la misión de la empresa.

Desarrollada por la United Airline de Estados Unidos, el MCC analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, para la determinación de las raíces de las causas.

La idea central del MCC es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos.

¹ Bunny Snellok RCM (+) Training Manual, The Woodhouse Partnership Limited, Inglaterra. 1999

Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan, éstas últimas son las fallas.

3.2.5.1 Ventajas del MCC

Las ventajas más características del MCC son:

- Mayor protección y seguridad en el entorno.
- Se logran aumentar los rendimientos operativos.
- Optimización de los costos de mantenimiento.
- Se extiende el período de vida útil de los equipos.
- Se genera una amplia base de datos de mantenimiento.
- Motivación en el personal.
- Mayor eficiencia en el trabajo de grupo.

3.2.5.2 Implantación del MCC

Para llevar a cabo la implantación del MCC, deben sostenerse según un plan definido del MCC los procedimientos adicionales que se muestran a continuación:

3.2.5.2.1 Aspectos preliminares

El MCC, como herramienta estructurada de análisis a partir de la información específica de los equipos y la experiencia de los usuarios, trata de determinar qué tareas de mantenimiento son las más efectivas, así mejorando la fiabilidad funcional de los sistemas relacionados con la seguridad y disponibilidad, previniendo sus fallos y minimizar el costo de mantenimiento.

3.2.5.2.2 Descripción general de la instalación.

Para describir la instalación a la cual se le realizará el MMC, se deberá hacer énfasis en lo siguiente:

- Nombre de la instalación, haciendo una breve descripción de la actividad.
- Fecha de inicio de operaciones.
- Ubicación de la instalación o proyecto.
- Superficie total de la instalación o proyecto y superficie requerida para el desarrollo de la actividad [m²].
- Descripción de accesos (marítimos, terrestres y/o aéreos).
- Infraestructura necesaria. Para el caso de ampliaciones, deberá indicar en forma de lista la infraestructura actual y la proyectada.
- Actividades conexas (industriales, comerciales y/o de servicios) que tengan vinculación con las actividades que se desarrollan o pretendan desarrollar.
- Número de personal en la operación de la instalación.

Para describir el proceso de la instalación a la cual se le realizará el MMC, se tomará en cuenta:

- Descripción detallada del proceso por líneas de producción (debiendo anexar diagramas de bloques).
- Describir equipos de proceso y auxiliares, especificando características, tiempo estimado de uso y localización. Asimismo, anexar plano a escala del arreglo general de la instalación o proyecto.
- Condiciones de operación. Anexar los diagramas de flujo, indicando la siguiente información:
 - Balance de materia.
 - Temperaturas y presiones de diseño y operación.
 - Estado físico de las diversas corrientes de proceso.
 - Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes).

3.2.5.3 Grupo de Trabajo

3.2.5.3.1 Naturaleza.

El grupo de trabajo es establecido y debe incluir una persona de la función de mantenimiento y de operación y un facilitador especialista en MMC. El grupo de proyecto MCC define y clasifica los objetivos y el alcance del análisis, requerimientos y políticas de criterio de aceptación con respecto a la seguridad y protección del medio ambiente. Tal como se resume a continuación:

El equipo de trabajo debe ser multidisciplinario altamente proactivo, conformado por personas de los departamentos de mantenimiento, operaciones y especialistas. Estas personas deberán estar altamente familiarizadas con los temas que les competen.

El grupo será dirigido por un facilitador que podrá o no provenir de los departamentos nombrados anteriormente. El mejoramiento del desempeño implica contribuciones en actitudes, organización, conocimiento, patrones culturales y resultados.

3.2.5.3.2 Funciones del grupo de trabajo.

Las funciones del grupo de trabajo están enmarcadas en realizar actividades de mejoramiento continuo en las operaciones de la empresa. Estas pueden ser agrupadas en dos frentes de trabajo:

- 1.-Actividades reactivas: Análisis Causa Raíz (ACR), solución de problemas.
- 2.-Actividades proactivas: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Con el análisis funcional y análisis de criticidad de equipos.

3.2.5.4 Actividades a realizar.

- Preparar el grupo de trabajo.
- Seleccionar personal de perfil acorde a la naturaleza del proyecto.
- Seleccionar reemplazos naturales para cada miembro del grupo, la mejor manera de lograr esto es tener redundancia, es decir dos operadores (por ejemplo), pudiendo estar en cada reunión uno o ambos, garantizando ente ellos mantenerse siempre informados del avance de las actividades. Tener reemplazos que trabajen sólo en caso de emergencia, tiene asociados diversos problemas de índole práctico.
- Preparar un inventario de sistemas a analizar u oportunidades de mejora.
- Realizar el análisis funcional y de criticidad o el análisis de oportunidades de mejora.
- Preparar un orden de implantación del MCC.
- Seleccionar el sistema o problema de mayor impacto posible y de mayor probabilidad de éxito.
- Definir claramente las funciones de los sistemas o la naturaleza de los problemas.
- Establecer una misión precisa y clara en consenso, definir los objetivos del grupo de trabajo.
- Lograr consenso con la gerencia de la planta sobre los puntos anteriores.
- Comenzar el análisis, partiendo de una sencilla pero concisa documentación de los pasos anteriores.
- Completar el análisis.
- Sugerir soluciones.
- Evaluar la factibilidad económica de las soluciones, recordar que muchas posibles soluciones no son viables desde el punto de vista económico.
- Documentar todo el proceso anterior, realizando pequeños resúmenes a presentar a la gerencia.

-
-
- Presentar los resultados a la gerencia de planta, los resultados deberán estar con un completo juicio económico que soporte su implantación.
 - Convertir en realidad las sugerencias propuestas y justificadas por el equipo de trabajo.
 - Realizar un seguimiento a las actividades y sus resultados, tomar medidas de ser requerido, recordar que se trata de un mejoramiento continuo y no de una mejora por salto al más alto nivel de desempeño.
 - Verificar si las actividades son aplicables en otras áreas de la organización e implantarlas de ser necesario.

3.2.5.4.1 Estudio y Preparación

Definir claramente los objetivos que se persiguen con el análisis que se va a realizar, ya que su definición condicionará el alcance del estudio. Se selecciona los sistemas objeto de evaluación y se establece el monograma del proyecto, identificándose los recursos necesarios.

3.2.5.4.2 Definición y Selección de Sistemas

Después de la definición para la ejecución del análisis MCC en la planta, se consideran dos preguntas:

¿Para cuál de los sistemas el análisis es beneficioso, comparado con la planificación tradicional?

¿A qué nivel de instalación (planta, sistema, subsistemas, etc.) debe ser conducido la ejecución del MCC?

3.2.5.4.3 Análisis funcional de la falla

Finalizado el anterior paso, el siguiente es definir e identificar las funciones de los equipos y componentes de los equipos en estudio. Para el sistema seleccionado en el subtítulo anterior en análisis, deben considerarse los siguientes aspectos:

- Identificar y describir las funciones de los sistemas y el criterio de ejecución.
- Describir los requerimientos de operación del sistema.
- Identificar las formas cómo pueden fallar las funciones de los equipos seleccionados.

La aplicación del Análisis de Modos y Efectos de Fallas es recomendado para este estudio.

3.2.5.4.4 Selección de Ítems Críticos

El objetivo fundamental de esta tarea es la identificación de los componentes que se consideran críticos para el adecuado funcionamiento del sistema en cuestión. La catalogación de un componente como crítico supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo que permita impedir sus posibles causas de fallo.

Para la determinación de la criticidad del fallo de un equipo deben considerarse dos aspectos: su probabilidad de aparición y su severidad. La probabilidad de aparición mide la frecuencia estimada de ocurrencia del fallo considerado, mientras que la severidad mide la gravedad que el impacto que ese fallo puede provocar sobre la instalación.

Si no se dispone de una base de datos fiable y eficiente para el cálculo de las probabilidades mencionadas, se puede considerar como criterio único para catalogar la criticidad de los fallos de los equipos su impacto sobre la función o funciones definidas para el sistema objeto de análisis, si bien conviene establecer las medidas adecuadas para que, en un futuro, se pudiera disponer de la información relativa al término de probabilidad.

En algunos casos, puede resultar conveniente subdividir el sistema objeto de evaluación en varios subsistemas claramente delimitados para facilitar su análisis. Estos subsistemas que se analizan como si se tratase de sistemas principales, se caracterizan por desarrollar una función específica en el sistema considerado y están constituidos por uno o determinados componentes o equipos. Las interfases del sistema en cuestión constituirán sus fronteras con otros sistemas de la planta y en su interior están, normalmente, todos los componentes cuya criticidad se va a analizar.

En los procedimientos técnicos del proyecto MCC, normalmente se establece una lista de tipos de componentes que, con criterio general, se excluyen del análisis (por ejemplo: válvulas manuales menores de dos pulgadas, soportes rígidos, termopares, etc.).

3.2.5.4.4.1 Análisis de Criticidad (AC).

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta compleja, permitiendo subdividir los elementos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable².

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

² **Revista N°6 Septiembre 2001.** Autor: Ing. Rosendo Huerta Mendoza. Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad del Zulia, Venezuela, con amplia experiencia en las áreas de equipos rotativos, planificación de mantenimiento preventivo, análisis de fallas y mantenimiento predictivo. Actualmente se desempeña como Analista de confiabilidad en Petróleos de Venezuela S.A. (Pdvs) en el área de Occidente. Es profesor de las cátedras de Tribología Industrial y Control de Actividades y Costos de Mantenimiento de la Universidad Rafael María Baralt, también es instructor de los cursos: Introducción a la Confiabilidad Operacional, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y Métodos para Resolver Problemas con la Metodología de ACR en el Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED) de PDVSA.

Donde la frecuencia esta asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y, la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad.
- Ambiente.
- Producción.
- Costos (operacionales y de mantenimiento).
- Tiempo promedio para reparar.
- Frecuencia de falla.

Un modelo básico de análisis de criticidad, es equivalente al mostrado en la figura N^a 23. El establecimiento de criterios se basa en los seis (6) criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

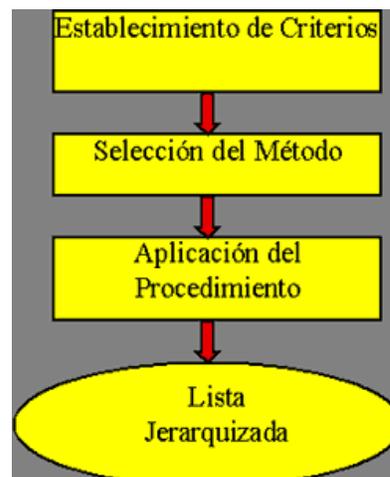


Figura N^a 23 Modelo básico de criticidad

Emprender un análisis de criticidad tiene su máxima aplicabilidad cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades:

- Fijar prioridades en sistemas complejos.
- Administrar recursos escasos.
- Crear valor.
- Determinar impacto en el negocio.
- Aplicar metodologías de confiabilidad operacional.

El análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

En el ámbito de mantenimiento; Al tener plenamente establecido cuales sistemas son más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la prioritarización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

3.2.5.4.4.2 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Es un método de análisis de confiabilidad que permite identificar las razones de la posible falla de un equipo. El AMEF, mediante la identificación de las causas de

una falla y sus frecuencias, genera un insumo para las tareas de mantenimiento; suministra una lista de las razones que generan las fallas y que podrían prevenirse mediante acciones de mantenimiento.

Una vez definidos los sistemas se elaboran las tablas de efectos de fallas, probabilidades de fallas y factores de riesgo en los cuales se deben tomar en cuenta los criterios establecidos para AC.

A continuación se presenta la tabla de efectos de las fallas:

Código	Efectos
A	Relacionados con seguridad. Potencial para lesiones personales.
B	Efecto mayor en el desempeño de la planta. Largo tiempo de reparación o alto costo de mantenimiento. Altas pérdidas de producción.
C	Efecto moderado en el desempeño de la planta. Tiempo de reparación o costo de mantenimiento significantes. Pérdida de producción medible.
D	Nada significativa en el desempeño de la planta. Tiempo de reparación o costos de mantenimiento mínimos. Posible daño a otros equipos.
E	Nada significativa en el desempeño de la planta. Costo mínimo de reparación.

Tabla N° 1 Efecto de las fallas

Esta tabla se debe diseñar acorde con las necesidades y características de la empresa. A continuación se presenta la tabla de probabilidades de fallas:

Probabilidad de Falla	Frecuencia de Falla
REMOTA	Mayores a 3 años
MUY BAJA	Entre 1 a 3 años
BAJA	Entre 6 meses a 1 año
MODERADA	Entre 3 mes y 6 meses
ALTA	Entre 1 mes y 3 meses
MUY ALTA	Entre 1 semana y 1 mes
EXTREMA	Todos los días

Tabla N° 2 Probabilidades de Fallas

A continuación se presenta la tabla de los factores de riesgos, la cual es la combinación de la tabla de efectos de falla y la de probabilidad de falla:

Efecto	Posibilidad de falla						
	Extrema	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Remota
A	11	10	9	8	7	6	5
B	10	9	8	7	6	5	4
C	9	8	7	6	5	4	3
D	8	7	6	5	4	3	2
E	7	6	5	4	3	2	1

	Crítico
	Medio
	Operar hasta que falle

Tabla N° 3 Factor de riesgo de la falla

3.2.5.4.4.3 Selección de Tareas de Mantenimiento

Por ultimo, se debe seleccionar una tarea de mantenimiento para combatir las consecuencias de una determinada causa de falla que dependerá:

- Si existe o no una tarea técnicamente posible.

- Que valga la pena realizar la tarea técnicamente posible.
- Que pueda especificarse otra acción si no existe una tarea técnicamente posible o si no vale la pena realizar ninguna de las tareas posibles.

Las estrategias para las tareas de mantenimiento bajo un ambiente MCC, puede ser:

- Estrategias Pro-activas: Buscan evitar las consecuencias de fallas funcionales, bien sea mejorando la confiabilidad de los sistemas o mediante la detección temprana de las fallas. Estas se clasifican en:
 - Tareas de Prolongación: Buscan la eliminación de raíz de las posibles causas de fallas o una disminución de la frecuencia de la misma. Se basa en la revisión de tareas de lubricación, entonación, calibración, ajustes, balanceo, etc.
 - Tareas Preventivas: Se tratan de tareas ejecutadas con una frecuencia fija. Para elegir este tipo de tarea es necesario conocer la relación entre la edad del equipo y la probabilidad de la falla como se explica a continuación:

La mayoría de las fallas no son más probables cuando el equipo envejece. Durante décadas, la experiencia convencional sugería que la mejor forma de optimizar el desempeño de activos físicos era restaurarlos o reponerlos a intervalos fijos. Esto se basaba en la premisa de que hay una correlación directa entre el tiempo (número de ciclos) que el equipo está en servicio, y la probabilidad de que falle, como muestra la Figura N°24. Esto sugiere que la expectativa es que la mayoría de los equipos operarán confiablemente por un período de tiempo determinado, y luego se desgastan.

El pensamiento clásico sostenía de que el período de tiempo determinado podía ser obtenido a partir de registros históricos sobre fallos de equipos (hojas de vida), permitiendo a los usuarios la toma de acciones preventivas poco antes de que el ítem estuviese por fallar en el futuro. En efecto, esta correlación predecible entre “edad” y “falla” es válida para algunos modos de fallo. Tiende a encontrarse en casos en que el equipo está en contacto directo con el producto. Ejemplos: impulsores de bombas, refractarios de hornos, asientos de válvulas, recubrimiento de trituradoras, transportadores a tornillo y así siguiendo. Los fallos relacionados con la edad muchas veces también se asocian con fatiga y corrosión.

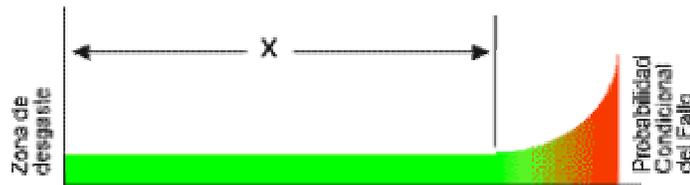


Figura N° 24 Numero de Ciclos

Sin embargo, en general los equipos actualmente son mucho más complejos de lo que eran hace quince años. Esto ha llevado a cambios asombrosos en los patrones de falla de los equipos, como muestra la Figura N° 25. Los gráficos muestran la probabilidad condicional de fallo en función de la edad de operación para una gran variedad de ítems eléctricos y mecánicos.

El patrón A es la bien conocida “curva de bañera” y el patrón B es el mismo de la Figura N° 9. El patrón C muestra una probabilidad lentamente creciente de fallo, sin una edad específica de desgaste. El patrón D muestra una baja probabilidad inicial y luego un rápido incremento a un nivel constante, mientras el patrón E muestra una probabilidad constante a cualquier edad y es la característica principal de los equipos electromédicos. Se debe garantizar un funcionamiento óptimo las 24 horas del día motivado a la importancia que representan los mismos para la recuperación progresiva del paciente que requiera su uso. El patrón F comienza con una alta

probabilidad de mortandad infantil para decaer a una probabilidad baja y constante o ligeramente creciente de fallo.

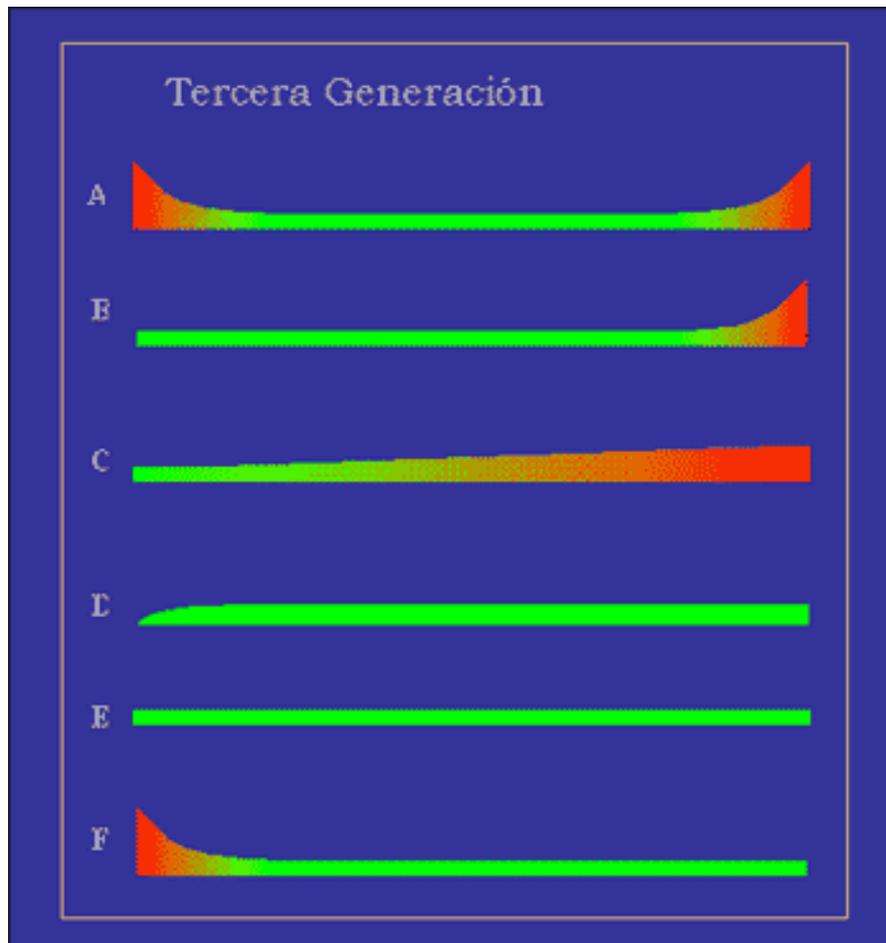


Figura N° 25 Patrones de Fallas. Tercera Generación

A medida que los equipos se tornan más complejos, más y más ítems se comportan de acuerdo con los patrones de fallo E y F).

- Estrategias por Omisión: Son ejecutadas si no hay ninguna manera aplicable y efectiva de evitar la ocurrencia de fallas funcionales y vienen a responder. Se dividen en:
 - Pesquisa de Fallas: Es la búsqueda sistemática y programada de fallas ocultas mediante las pruebas de funciones de operación.

- Operación hasta la falla: Se trata la decisión justificada de operar hasta la falla y soportar las consecuencias.
- Modificaciones del diseño: Se refiere a cualquier cambio a realizar de materiales, distribuidores, modelos de equipos o parte de instalaciones de seguridad donde el rediseño es recomendable.

3.3 Indicadores de Mantenimiento

3.3.1 Confiabilidad (R)

Es la capacidad de un equipo de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

La confiabilidad de un equipo depende de la confiabilidad de sus componentes y de la forma en que están integrados entre si. La confiabilidad es por lo tanto un parámetro que depende exclusivamente del diseño, y su modificación implica cambiar el diseño. Si sustituimos un componente de un equipo por otro de calidad inferior, la confiabilidad del equipo disminuirá, y viceversa, si aumentamos la calidad de un componente de un equipo puede aumentar la confiabilidad del equipo.

3.3.1.1 Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)

Un parámetro característico de la confiabilidad es el tiempo medio entre fallas y se puede expresar analíticamente en la forma siguiente:

$$\text{TMEF} = \frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Numero de Fallas}}$$

3.3.1.2 Tasa de Fallas.

Es el inverso del TMEF y expresa las veces que se repara un sistema o un equipo por unidad de tiempo, y se expresa

$$\lambda = \frac{1}{\text{TMEF}}$$

3.3.1.3 Estimación de la Confiabilidad

Dentro de un análisis de confiabilidad, se puede considerar el activo a un nivel específico, por lo que es común conseguir un activo constituido por diversos sistemas de variable grado de complejidad.

Estos sistemas se pueden encontrar con las siguientes configuraciones:

- Sistemas con configuración en serie.
- Sistemas con configuración en paralelo (todos activos)

3.3.1.3.1 Configuración en serie

Representa la configuración más sencilla y su característica es que la pérdida de la función de un componente implica la pérdida de la función del sistema. Generalmente este tipo de arreglo genera niveles de confiabilidades bajos en comparación con otros.

La expresión matemática que define la confiabilidad para este tipo de configuración es la siguiente:

$$R(t) = R_1 \cdot R_2 \cdot \dots \cdot R_n$$

El enunciado de esta ecuación es: La confiabilidad total de un sistema cuyos componentes están arreglados en serie, viene dado por el producto de las confiabilidades parciales de los mismos.

3.3.1.3.2 Configuración en paralelo (Todos los equipos Activos)

Representa una configuración muy común dentro de la industria. Su característica principal es que aún cuando un componente presente una pérdida total de la función, el sistema puede seguir funcionando aunque por debajo de las exigencias del contexto operacional. Generalmente este tipo de arreglos genera niveles de confiabilidad medios en comparación con otros.

La expresión matemática que define la confiabilidad para este tipo de configuración es la siguiente:

$$R(t) = 1 - ((1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdot \dots \cdot (1 - R_n))$$

3.3.2 Mantenibilidad.

La mantenibilidad es la probabilidad de que un activo retorne a servicio dentro de un lapso de tiempo y condiciones preestablecidas. La mantenibilidad se puede definir también como, la habilidad de un activo de ser mantenido. Este factor puede ser expresado en términos de tiempo de mantenimiento, frecuencia de mantenimiento y costo de mantenimiento.

El parámetro característico de la mantenibilidad es el tiempo medio para reparar y se puede expresar analíticamente en la forma siguiente:

$$\text{TMPR} = \frac{\text{Tiempo Total de Reparaciones}}{\text{Número Total de Reparaciones}}$$

3.3.3 Disponibilidad (A).

Es la medida de la capacidad del equipo para cumplir con la función para la cual esta destinado en un tiempo dado. La disponibilidad de un equipo aumenta si el tiempo fuera de servicio del mismo disminuye, lo cual se logra mejorando la

operación, el entrenamiento de los operadores, los procedimientos mantenimiento, calidad de repuestos utilizados, la dotación de herramientas y los sistemas administrativos.

3.3.3.1 Tipos de Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo o sistemas de equipos puede definirse en distintas formas de acuerdo al resultado que se desee mostrar, las más comunes son:

3.3.3.1.1 Disponibilidad Genérica (D)

Proporciona el valor más conservador de disponibilidad, es ideal para la evaluación general de un sistema productivo. Se define como el cociente que se obtiene al dividir el tiempo entre fallas (TMEF) entre la sumatoria del tiempo medio entre fallas (TMEF) más el tiempo fuera de servicio (TMFS), como se indica en la siguiente ecuación:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMFS}$$

3.3.3.1.2 Disponibilidad Intrínseca (DI)

Evalúa la disponibilidad del equipo únicamente, con el único factor ajeno al equipo que es la capacidad y organización del personal que repara. Se define como el cociente que se obtiene al dividir el tiempo medio entre fallas (TMEF) entre la sumatoria del tiempo medio entre fallas (TMEF) más el tiempo medio para reparar (TMPR), como se indica en la siguiente ecuación:

$$DI = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR}$$

3.3.3.1.3 Disponibilidad Alcanzada (DA)

Evalúa la disponibilidad tomando en cuenta los factores propios de la organización de mantenimiento. Es el valor que le conviene más a la organización de mantenimiento debido a que arroja el valor más alto. Se define como el cociente que

se obtiene al dividir el tiempo medio entre mantenimientos (TMEM), entre la sumatoria del tiempo medio entre mantenimientos (TMEM) más el tiempo medio para mantener (TMPM), (preventivo más correctivo), como se indica en la siguiente ecuación:

$$DA = \frac{TMEM}{TMEM + TMPM}$$

3.3.3.1.4 Disponibilidad Operacional (DO)

Evalúa la disponibilidad sin tener en cuenta los tiempos debidos a espera operacional. Se define como el cociente que se obtiene al dividir el tiempo medio entre mantenimientos (TMEM), entre la sumatoria del tiempo medio entre mantenimientos (TMEM) más el tiempo medio fuera servicio (TMFS), (incluye demoras administrativas, como se indica en la siguiente ecuación:

$$DO = \frac{TMEM}{TMEM + TMFS}$$

3.3.2 Estimación de la Disponibilidad

Dentro de un análisis de disponibilidad, se puede considerar el activo a un nivel específico, por lo que es común conseguir un activo constituido por diversos sistemas de variable grado de complejidad.

Estos sistemas se pueden encontrar con las siguientes configuraciones:

- Sistemas con configuración en serie.
- Sistemas con configuración en paralelo (todos activos)

3.3.2.4 Configuración en serie

Representa la configuración más sencilla y su característica es que la pérdida de la función de un componente implica la pérdida de la función del sistema.

La expresión matemática que define la disponibilidad para este tipo de configuración es la siguiente:

$$A = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots \cdot A_n$$

3.3.1.3.2 Configuración en paralelo (Todos los equipos Activos)

Representa una configuración muy común dentro de la industria. Su característica principal es que aún cuando un componente presente una pérdida total de la función, el sistema puede seguir funcionando aunque por debajo de las exigencias del contexto operacional.

La expresión matemática que define la disponibilidad para este tipo de configuración es la siguiente:

$$A = 1 - ((1 - A_1) \cdot (1 - A_2) \cdot \dots \cdot (1 - A_n))$$

3.4 Índices de Productividad.

3.4.1 Tiempo Improductivo.

En el contrato convenido entre la empresa OPERADORA y la empresa CONTRATISTA, se entiende por Tiempo Improductivo, a aquella porción del tiempo que no genera ganancias para la CONTRATISTA, provocada por negligencia de ésta o por paradas no programadas de cualquier índole. Generalmente coincide con el tiempo que dura la reparación de la falla (su promedio es el Tiempo Medio para Reparar) que originó esa parada no programada. Se denota con TI y se mide en horas.

3.4.2 Tiempo de Operación.

En el contrato convenido entre la empresa OPERADORA y la empresa CONTRATISTA, se entiende por Tiempo de Operación, a aquel tiempo que la OPERADORA está obligada a pagarle a la CONTRATISTA a una tasa horaria acordada entre las partes. Se denota TO y se mide en horas.

3.4.3 Porcentaje de Improductividad.

Es la relación que hay entre el tiempo improductivo y el tiempo de operación. Es un número adimensional, y se representa en porcentaje. Se denota %I y se calcula mediante:

$$\%I = \frac{TI}{TO} \cdot 100$$

Este valor debe ser menor o igual a 1% para cumplir con los requerimientos de la empresa.

CAPÍTULO IV

RECOLECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.1 Tiempos Improductivos y Frecuencia de Fallas.

Los Tiempos Improductivos y las fallas fueron registrados en hojas de cálculo diseñadas para tal fin, donde a continuación se explica el contenido de éstas, así como su procedimiento para llenarlas.

La siguiente figura representa una hoja de cálculo que contiene la información de un año para todos los taladros de perforación (Hoy día existen 9 Taladros activos: 113, 115, 116, 127, 128, 129, 135, 150 y 153, pero el 135 comenzó a operar en julio de 2004 y por ello no entra en la recolección de datos), en la cual se exponen las veces que fallan los equipos pertenecientes a los diversos sistemas (Izamiento, Circulación, Potencia, Rotación, Seguridad y Herramientas Auxiliares) y el tiempo que toma reparar dichas fallas. Esta hoja de cálculo proviene de un archivo llamado “frecuencia de fallas AAAA.xls” (AAAA indica el año al que pertenecen los datos que se están recolectando), creado con el software Microsoft Office EXCEL. Este archivo contiene 13 hojas de cálculo, 1 para cada mes del año en estudio y una para reunir toda la información de ese año.

Una breve descripción de la hoja de cálculo es la siguiente: la primera columna presenta el sistema y sus equipos componentes. Las columnas siguientes presentan el taladro en estudio, las veces que falla el equipo y el tiempo que toma reparar esas fallas.

La manera de introducir los datos a la hoja es la siguiente: Se analiza el reporte de operaciones y el reporte de fallas de H&P, se localiza la hoja del mes en análisis, en la primera columna se busca el sistema y el equipo que falla, en las otras columnas se busca el taladro al cual pertenece ese equipo y se coloca un 1 (uno) en la falla y el tiempo que toma reparar la falla, de manera que cuando se encuentre con otra falla en la hoja de fallas, ésta se vaya sumando a la anterior

Para promediar los datos recogidos entre los 4 años de estudio, se utiliza una hoja similar, sólo que calcula el promedio de la cantidad de fallas de cada sistema, el promedio de los tiempos de reparación y suma todos esos promedios respectivamente para tener el resultado de cuantas veces falló la instalación y cuanto tiempo tomó para reparar todas las fallas.

Ahora a continuación se presentan, utilizando gráficos de torta, los datos recolectados anteriormente en las hojas de cálculo.

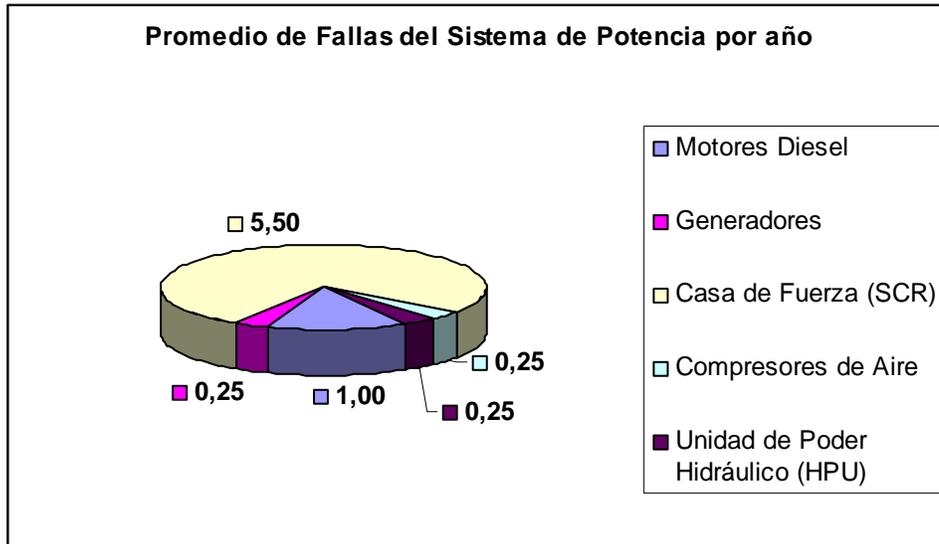


Gráfico Nº 1 Promedio de Fallas del Sistema de Potencia

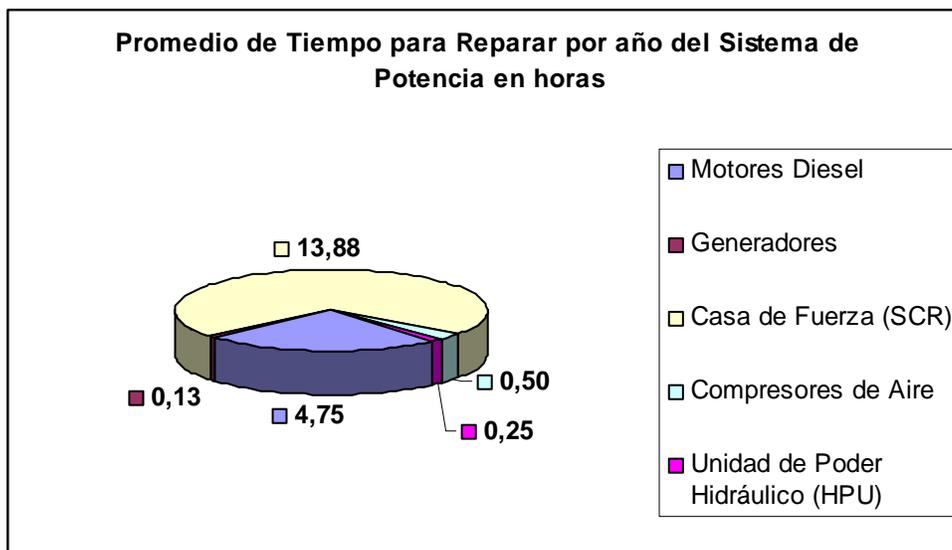


Gráfico Nº 2 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Potencia

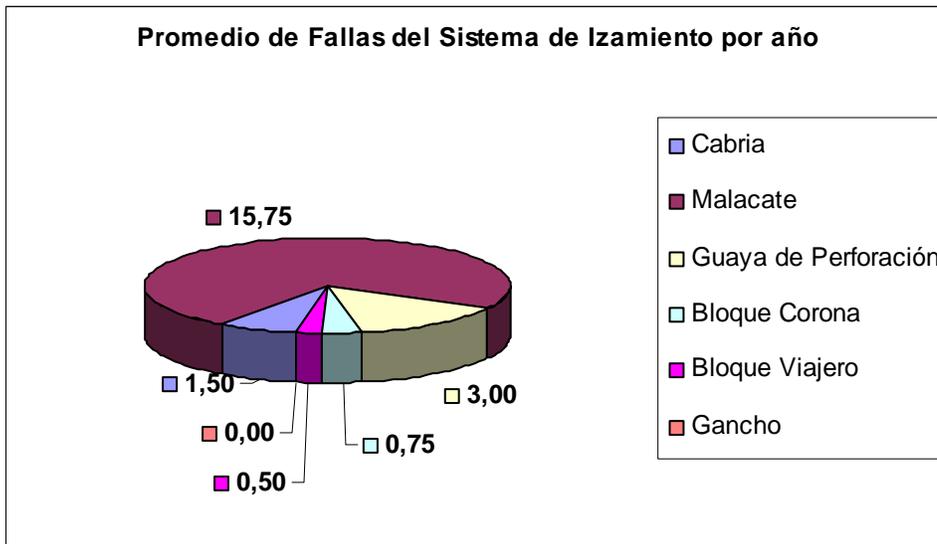


Gráfico N° 3 Promedio de Fallas del Sistema de Izamiento

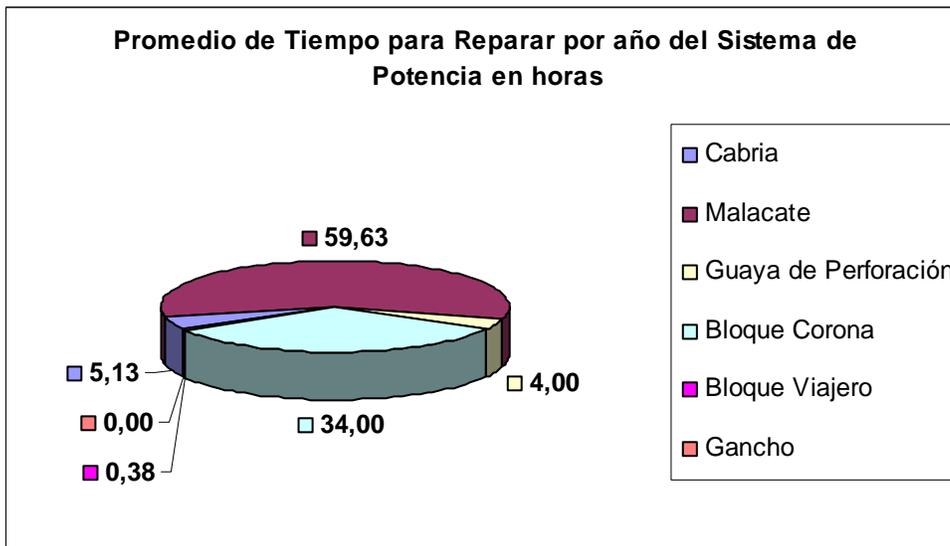


Gráfico N° 4 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Izamiento

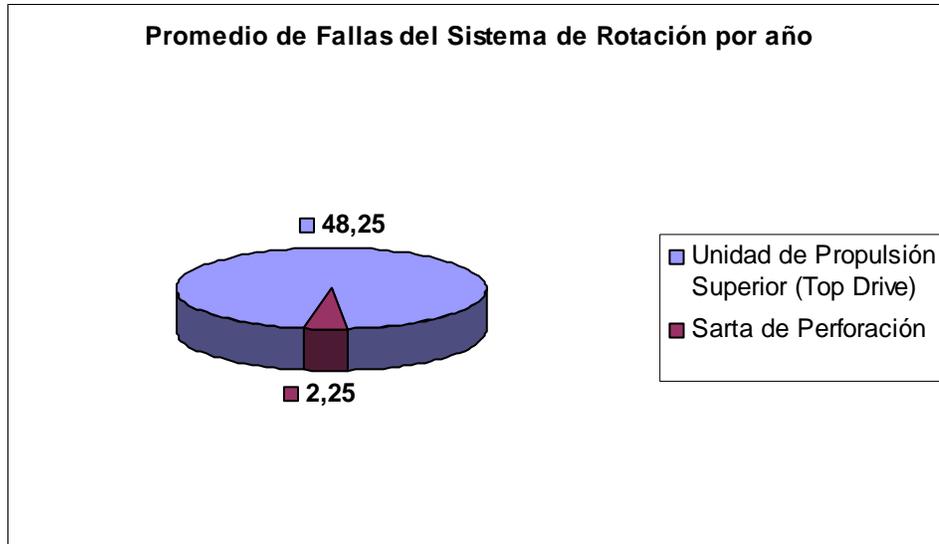


Gráfico Nº 5 Promedio de Fallas del Sistema de Rotación

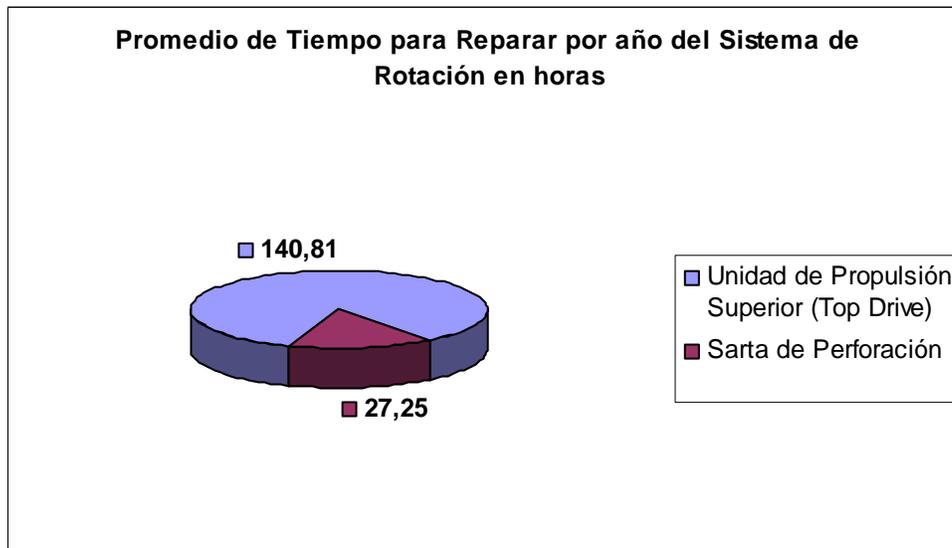


Gráfico Nº 6 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Rotación

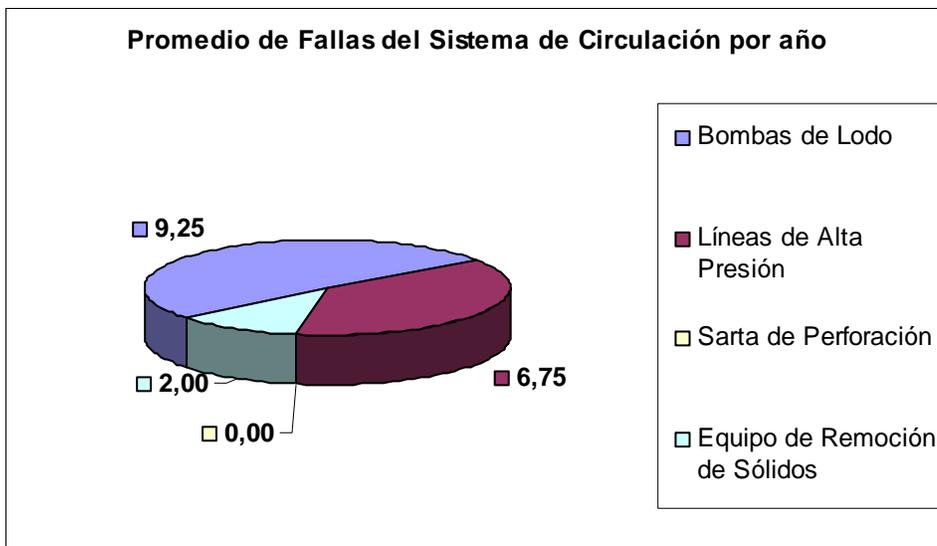


Gráfico N° 7 Promedio de Fallas del Sistema de Circulación

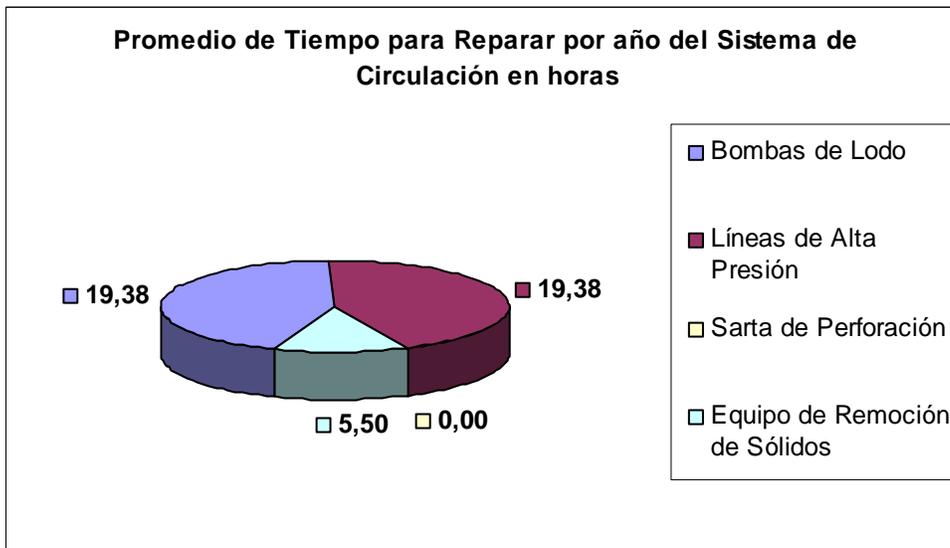


Gráfico N° 8 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Circulación

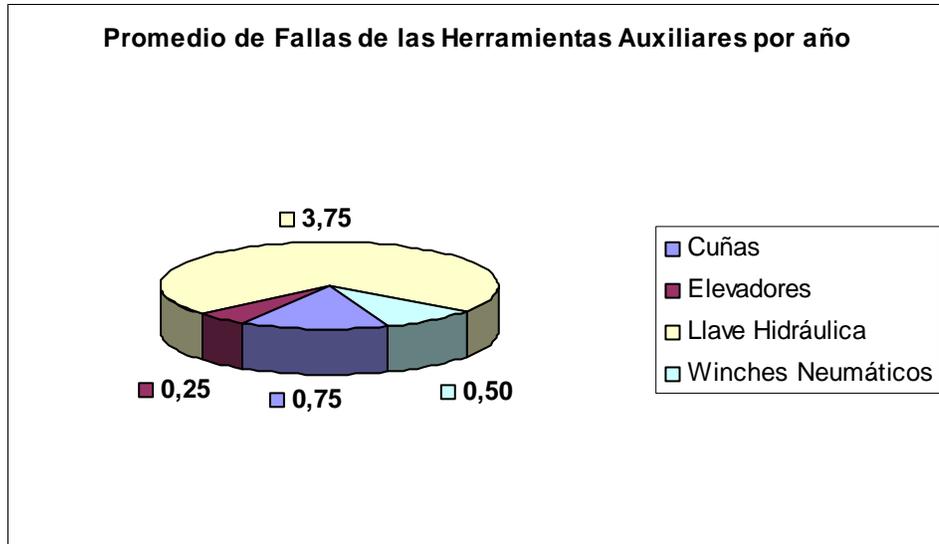


Gráfico N° 9 Promedio de Fallas de las Herramientas Auxiliares

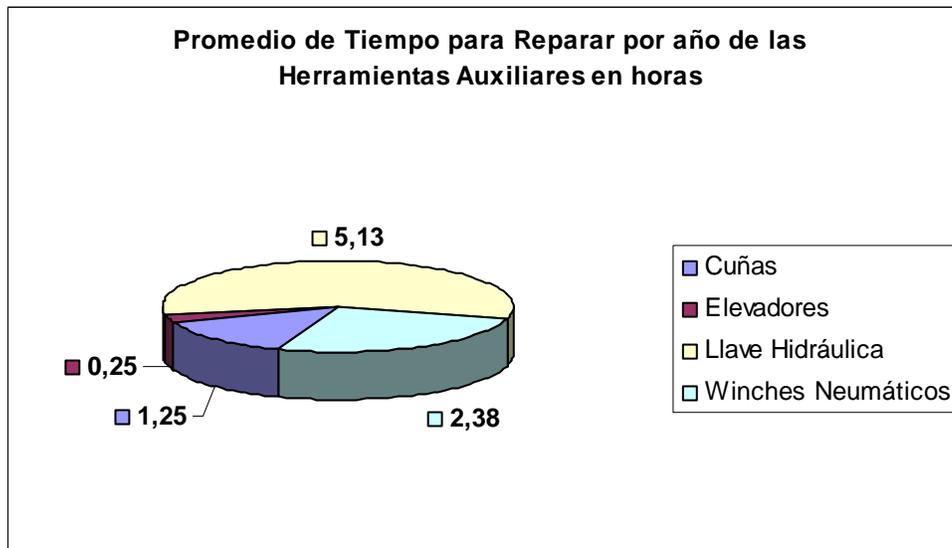


Gráfico N° 10 Promedio de Tiempo para Reparar de las Herramientas Auxiliares

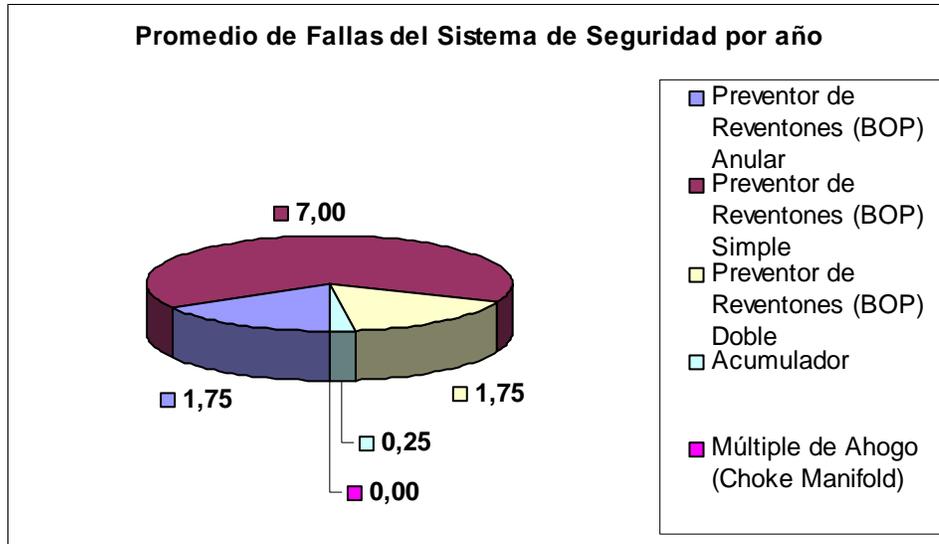


Gráfico N° 11 Promedio de Fallas del Sistema de Seguridad

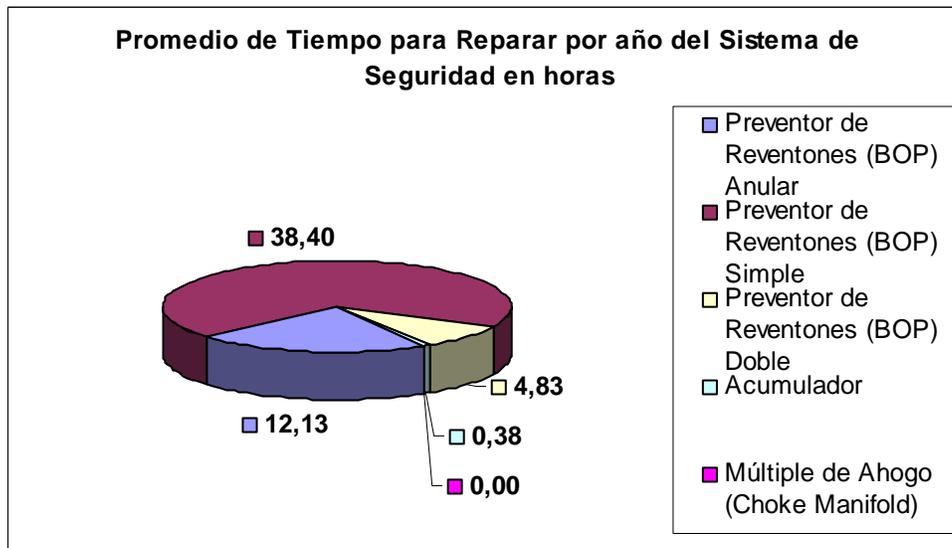


Gráfico N° 12 Promedio de Tiempo para Reparar del Sistema de Seguridad

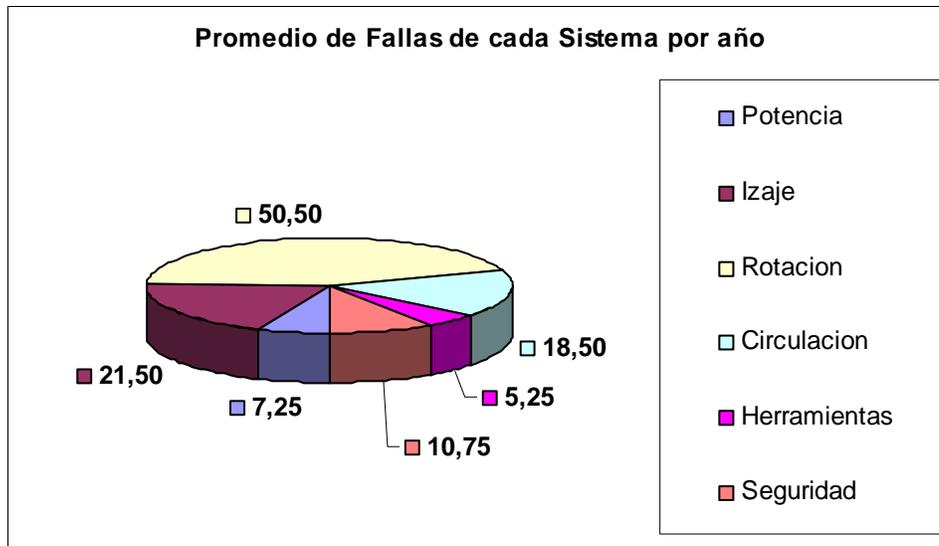


Gráfico N° 13 Promedio de Fallas de cada Sistema

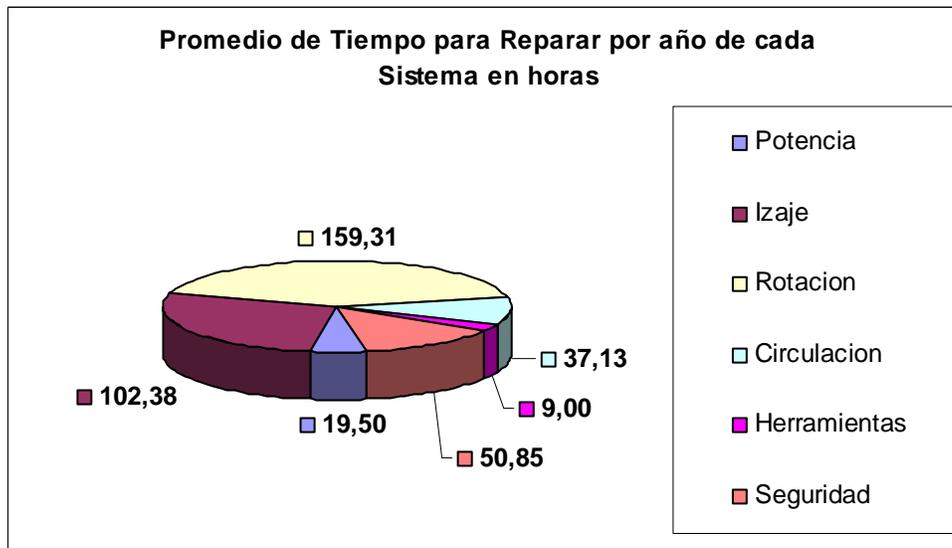


Gráfico N° 14 Promedio de Tiempo para Reparar de cada Sistema

4.2 Sistemas

El Taladro de Perforación Rotatoria moderno consta de los siguientes sistemas elementales:

1. Sistema de Potencia.
 - a. Motores Diesel
 - b. Generadores.
 - c. Casa de Fuerza (SCR).
 - d. Compresores de Aire.
 - e. Unidad de Poder Hidráulico (HPU).
2. Sistema de Izamiento.
 - a. Cabria.
 - b. Malacate.
 - c. Guaya de Perforación.
 - d. Bloque Corona.
 - e. Bloque Viajero.
 - f. Gancho
3. Sistema de Rotación.
 - a. Unidad de Propulsión Superior (Top Drive).
 - b. Sarta de Perforación.
4. Sistema de Circulación.
 - a. Bombas de Lodo.
 - b. Líneas de Alta Presión.
 - c. Sarta de Perforación.
 - d. Equipo de Remoción de Sólidos.
5. Herramientas Auxiliares.
 - a. Cuñas.
 - b. Elevadores
 - c. Llave Hidráulica.

- d. Winches Neumáticos.
6. Sistema de Seguridad.
- a. Preventor de Reventones (BOP) Anular
 - b. Preventor de Reventones (BOP) Simple.
 - c. Preventor de Reventones (BOP) Doble.
 - d. Acumulador.
 - e. Múltiple de Ahogo (Choke Manifold)

4.3 Análisis de Criticidad (AC).

Ya definidos los sistemas que componen a un Taladro de Perforación, se continúa a establecer los criterios de evaluación a emplear en el AC. Luego se procede a realizar el AC a toda la instalación para determinar el o los sistemas más críticos. Para estos procedimientos se emplearán unos valores de criticidad (criterio) y un modelo de encuesta utilizados en la evaluación de criticidad de los sistemas de PDVSA E&P Occidente.

 <p style="text-align: center;">Departamento de Mantenimiento Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Encuesta de Evaluación de Criticidad</p>																																																																	
AREA		<p>Propósito de este trabajo: La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.</p>																																																															
PERSONA ENTREVISTADA																																																																	
FECHA																																																																	
<p>Nivel de Producción de la Instalación</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sistema</th> <th>Frecuencia de la falla</th> <th>Impacto de Producción</th> <th>Tiempo Promedio para Reparar</th> <th>Costo de Reparación</th> <th>Impacto en Seguridad</th> <th>Impacto Ambiental</th> <th>Criticidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistema de Potencia.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de Izamiento.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de Rotación.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de Circulación.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Herramientas Auxiliares.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sistema de Seguridad.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad	Sistema de Potencia.								Sistema de Izamiento.								Sistema de Rotación.								Sistema de Circulación.								Herramientas Auxiliares.								Sistema de Seguridad.							
Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad																																																										
Sistema de Potencia.																																																																	
Sistema de Izamiento.																																																																	
Sistema de Rotación.																																																																	
Sistema de Circulación.																																																																	
Herramientas Auxiliares.																																																																	
Sistema de Seguridad.																																																																	

Tabla N°4 Encuesta de Criticidad

4.3.1 Encuesta de Criticidad

La tabla N°4 contiene los ítems que se evalúan de los sistemas anteriormente descritos. El orden en el que se listan los sistemas no tiene ninguna relación con su nivel de criticidad, dado que es esa la información que arrojarán los resultados. Las columnas de: frecuencia de falla, impacto operacional, tiempo promedio para reparar (TPPR), costo de reparación, impacto en seguridad e impacto ambiental, son los criterios a tomar en cuenta en el análisis. Una vez registrados en la encuesta, en la última columna se refleja el valor de criticidad del sistema, el cual es basado en una fórmula que relaciona la frecuencia de falla por su consecuencia.

Ecuación de criticidad={ (Nivel de improductividad * TPPR * Impacto en la Producción) + Costo de Reparación + Impacto en la Seguridad + Impacto en el Ambiente} * Frecuencia de la falla

4.3.2 Criterios de Evaluación

La siguiente tabla de valores de criticidad, ayuda a establecer los criterios de evaluación a ser utilizados en la encuesta para asignarle valor a cada ítem y así establecer la criticidad de los sistemas de un taladro.

GUIA DE CRITICIDAD	
1.- FRECUENCIA DE FALLA (todo tipo de falla)	Puntaje
.- No más 1 por	1
.- Entre 1 y 3 por	3
.- Entre 3 y 5 por	4
.- Mas de 5 veces por año	6
2.- IMPACTO OPERACIONAL	
2.1.- NIVEL DE IMPRODUCTIVIDAD (de la instalación)	Puntaje
.- 0 A 1	1
.- 1 A 2	2
.- 2 A 5	4
.- 5 A 10	6
.-Mas de 10 horas improductivas mensuales	12
2.1.- TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)	Puntaje
.-Menos de 4	1
.-Entre 4 y 8	2
.-Entre 9 y 24	4
.-Mas de 24 horas	6
2.3.- IMPACTO EN PRODUCCION (por falla)	Puntaje
.-No afecta	0.05
.-25% de	0.30
.-50% de	0.50
.-75% de	0.80
.-100% de la producción	1
2.4.- COSTO DE REPARACION	Puntaje
.-Menos de 8000 US\$	3
.- Entre 8000 – 17000 US\$	5
.- Entre 17000 – 30000 US\$	10
.- Mas de 30000 US\$	25
3.- IMPACTO EN LA SEGURIDAD PERSONAL (cualquier tipo de daños, heridas, fatalidad)	Puntaje
.- Si	35
.- No	0
4.- IMPACTO AMBIENTAL (daños a terceros, fuera de la instalación)	Puntaje
.- Si	30
.- No	0

Tabla N°5 Criterios de Evaluación

La definición de cada criterio es:

- **Frecuencia de falla:** son las veces que falla cualquier componente del sistema.
- **Impacto en producción:** es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- **Nivel de improductividad:** es el tiempo improductivo que se genera cuando ocurre la falla.
- **Tiempo promedio para reparar:** es el tiempo para reparar la falla.
- Costo de reparación: costo de la falla
- **Impacto en seguridad:** posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.
- **Impacto ambiental:** posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente.

4.3.3 Resultados del Análisis de Criticidad

Ya una vez realizados las encuestas de criticidad a las diferentes instalaciones, se procede a promediar cada resultado, para así determinar en general el sistema mas crítico.

Ordenados de manera decreciente, obtenemos la siguiente tabla de datos con su respectivo gráfico

Sistema	Valor
Sistema de Rotación	280.9
Sistema de Circulación	195.96
Sistema de Seguridad	132.4
Sistema de Izamiento	112.2
Sistema de Potencia	101.25
Herramientas Auxiliares	45.52

Tabla N°6 Valores de Criticidad de los Sistemas



Gráfico N°15 Valores de criticidad de los Sistemas

Como se puede apreciar en el gráfico, el sistema de alta criticidad es el de Rotación, siguiendo el de Circulación, de Seguridad, Izamiento y Potencia como los de mediana criticidad, y por último el de Herramientas Auxiliares como sistema de baja criticidad.

4.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas

Analizando las hojas de fallas, se procedió a diseñar las tablas de efectos de falla y de probabilidad de falla para combinarlas y así obtener la tabla de factores de riesgo. El equipo seleccionado para este análisis es la Unidad de Propulsión Superior (Top Drive), componente Sistema de Rotación, sistema clasificado anteriormente como sistema crítico. Este equipo pertenece al taladro HP-113, por lo cual la hoja de fallas que se analizará es la del taladro HP-113.

El Top Drive representa el equipo mas vital para H&P, ya que con el se otorga el movimiento de rotación y torque a la Sarta de Perforación para perforar la formación, además, es el equipo mas costoso debido a la alta tecnología que posee.

Código	Efectos
A	Lesión del personal de planchada. Alta contaminación de la locación.
B	Desvestir el equipo y paralizar la perforación. 10 horas o más para reparar. Pérdidas de producción de US\$ 7000 o más.
C	Desvestir el equipo y paralizar la perforación. De 2 a 9 horas para reparar. Pérdidas de producción entre US\$ 2800 y US\$ 7000
D	Reparación sin desvestir el equipo. Menos de 2 horas para reparar. Posibles daños a otros componentes.
E	Reparación sin desvestir el equipo. Costo de reparación menor a US\$ 300

Tabla N°7 Efecto de las fallas

A continuación se presenta la tabla de probabilidades de fallas:

Probabilidad de Falla	Frecuencia de Falla
REMOTA	1 vez al año o menos
MUY BAJA	Entre 9 y 11 meses
BAJA	Entre 6 meses y 9 meses
MODERADA	Entre 3 meses y 6 meses
ALTA	Entre 1 mes y 3 meses
MUY ALTA	Entre 1 semana y 1 mes
EXTREMA	Diariamente

Tabla N°8 Probabilidades de Fallas

Para finalmente tener la tabla de factores de riesgo a continuación,

Efecto	Posibilidad de falla						
	Extrema	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy Baja	Remota
A	11	10	9	8	7	6	5
B	10	9	8	7	6	5	4
C	9	8	7	6	5	4	3
D	8	7	6	5	4	3	2
E	7	6	5	4	3	2	1

	Crítico
	Medio
	Operar hasta que falle

Tabla N°9 Factor de riesgo de falla

A continuación, se extraen las fallas más comunes del equipo y se ingresan en la siguiente tabla:

MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	FRECUENCIA	EFEECTO DE LA FALLA	RIESGO
Válvulas de Seguridad fugan lodo de perforación	Partes internas desgastadas o erosionadas	Baja	C	5
Actuador de la válvula de Seguridad Superior se traba	Soportes de rodillos del actuador doblados o desajustados	Alta	A	9
Mecanismo de inclinación de eslabones no funciona	La válvula solenoide no se está desplazando.	Moderada	B	7
Fuga de aceite por conexiones hidráulicas	Conexiones flojas por vibración.	Moderada	E	4
Contaminación del aceite de la transmisión	Sello bonnet desplazado de su lugar.	Alta	D	6
Sustituto de protección muy apretado	Demasiado torque al momento de apretar.	Muy Alta	C	8
Tubo de lavado de la unión giratoria filtra lodo de perforación	Empacaduras desgastadas.	Extrema	D	8

Tabla N°10 Factor de riesgo de las fallas de los componentes del Top Drive del HP-113

4.5 Cálculo de la Confiabilidad y Disponibilidad

4.5.1 Cálculo de Confiabilidad del Equipo de Perforación

La distribución de Weibull $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$, en comparación con otros modelos estadísticos se ajusta mejor al comportamiento real de un equipo rotativo (no exclusivamente). Esto se debe a que los parámetros α y β son respectivamente la vida característica y el parámetro de forma que permiten a la distribución tomar diversas formas, logrando de esta manera la adaptabilidad a diversas condiciones; t es el tiempo en el cual se desea estimar la confiabilidad.

El parámetro de forma y la vida característica se calcularon mediante un gráfico de una curva ajustada perteneciente a una regresión lineal de los datos de la transformación del tiempo medio entre falla y de Rango Medio a expresiones logarítmicas como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 F(x) &= 1 - e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \\
 1 - F(x) &= e^{-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta} \\
 \ln(1 - F(x)) &= -\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta \\
 \ln\left(\frac{1}{1 - F(x)}\right) &= \left(\frac{x}{\alpha}\right)^\beta \\
 \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1 - F(x)}\right)\right] &= \beta \ln\left(\frac{x}{\alpha}\right) \\
 \ln\left[\ln\left(\frac{1}{1 - F(x)}\right)\right] &= \beta \ln x - \beta \ln \alpha
 \end{aligned}$$

Si se compara la última expresión con la ecuación de una línea recta, $Y=mX+b$, se observa que el término de la izquierda corresponde a Y , $\ln x$ corresponde a X , β corresponde a m y $-\beta \ln \alpha$ corresponde a b .

Esta curva graficada da como resultado una línea recta, cuya pendiente es el parámetro de forma y la vida característica se calcula mediante la siguiente expresión

$$\alpha = e^{\frac{-b}{\beta}}$$

Los resúmenes y resultados de estas regresiones se exponen en el Anexo G. A continuación, se presentan los resultados de la confiabilidad por sistema y total de instalación completa de perforación para un período de estudio de 4 años:

Sistema	Parámetro de Forma	Vida Característica
Potencia	0,868223583	19190,70009
Izamiento	3,113368746	2660,190053
Rotación	1,908088248	1491,172638
Circulación	0,981656263	5843,719368
Herramientas		
Auxiliares	0,593444203	35480,55169
Seguridad	0,638998539	19921,68773

Tabla A Parámetros de forma y Vida Característica de cada Sistema

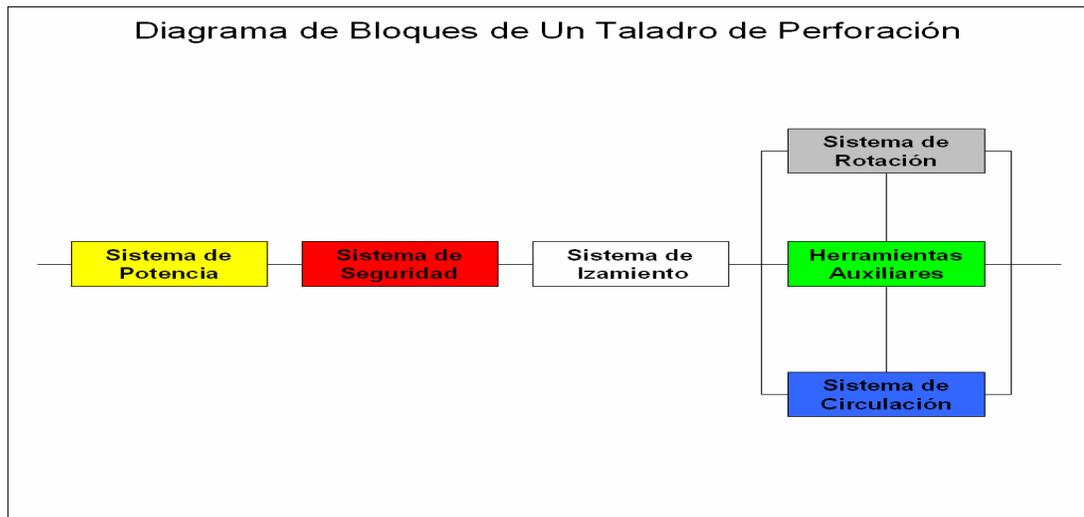


Fig 27 Diagrama de Bloques del Sistema Total

Sistema	Confiabilidad en 4 años	Confiabilidad del Equipo entero de Perforación (%)
Potencia	0,18514424	1,643015777
Izamiento	0	
Rotación	3,9065E-180	
Circulación	0,00302038	
Herramientas Auxiliares	0,370607152	
Seguridad	0,238229611	

Tabla B Valores de confiabilidad de cada sistema y del equipo entero de perforación

Para el cálculo de la confiabilidad del Equipo entero de Perforación, no se tomo en cuenta los sistemas de Rotación y de Izamiento porque tienen una confiabilidad muy baja o cero, y eso es debido a que su vida característica es mucho menor que el período de estudio.

4.5.2 Cálculo de Disponibilidad del Equipo de Perforación

Taladro	Sistema Potencia	Sistema Izamiento	Sistema Rotación	Sistema Circulación	Herramientas Auxiliares	Sistema Seguridad
113	31,5	111	173,5	26,5	3	22,5
115	1	27	50,75	7	7,5	54
116	26,5	12,5	31,5	18	6	16
127	1	81	98,5	39	5,5	43
128	2	25	45,5	11,5	9	4
129	2,5	39	45,5	11,5	9	7
150	13	96	39,5	13	0	26,5
153	0,5	96	182	26,5	5	37,4

Tabla C Valores para los TPFS

Taladro	2001	2002	2003	2004	TPO
113	7363,53	7481,1	8505,5	6104,00	29454,13
115	5543,17	3375,5	8088	5166,00	22172,67
116	3114,50	2880	1243	5220,50	12458,00
127	6703,00	5415,5	8748,5	5945,00	26812,00
128	4935,83	746	8405,5	5656,00	19743,33
129	5334,33	8393	2519	5091,00	21337,33
150	2553,33	1512	4198	1950,00	10213,33
153	4687,50	4939	2667,5	6456,00	18750,00

Tabla D Valores para los TPO

A continuación se procede a calcular la disponibilidad genérica de toda la instalación empleando la siguiente fórmula:

$$D = \frac{TPO}{TPO + TPFS}$$

Donde el TPO es el tiempo promedio operativo anual por taladro y el TPFs es el tiempo promedio fuera de servicio.

Se obtienen como resultados de Disponibilidad de los sistemas:

Taladro	Sistema Potencia	Sistema Izamiento	Sistema Rotación	Sistema Circulación	Herramientas Auxiliares	Sistema Seguridad
HP-113	0,998932	0,996246	0,994144	0,999101	0,999898	0,999237
HP-115	0,999955	0,998784	0,997716	0,999684	0,999662	0,99757
HP-116	0,997877	0,998998	0,997478	0,998557	0,999519	0,998717
HP-127	0,999963	0,996988	0,99634	0,998548	0,999795	0,998399
HP-128	0,999899	0,998735	0,997701	0,999418	0,999544	0,999797
HP-129	0,999883	0,998176	0,997872	0,999461	0,999578	0,999672
HP-150	0,998729	0,990688	0,996147	0,998729	1	0,997412
HP-153	0,999973	0,994906	0,990387	0,998589	0,999733	0,998009

Tabla E Valores de resultados de los sistemas

Resultados de la Disponibilidad por taladro:

Taladro	Disponibilidad
HP-113	0,994422
HP-115	0,996312
HP-116	0,995598
HP-127	0,995355
HP-128	0,998432
HP-129	0,997731
HP-150	0,986868
HP-153	0,992899

Tabla F Valores de Disponibilidad por Taladro

CAPÍTULO V

PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

5 Implementación del Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a equipos de perforación petrolera.

5.1 Descripción General de la Instalación:

Actualmente se encuentran operativos 9 taladros en el territorio nacional: Los taladros HP-113, HP-115, HP-116, HP-127, HP-128, HP-129 y HP-153 están ubicados en el estado Monagas; el HP-153 en el estado Anzoátegui y el HP-135 en el estado Zulia.

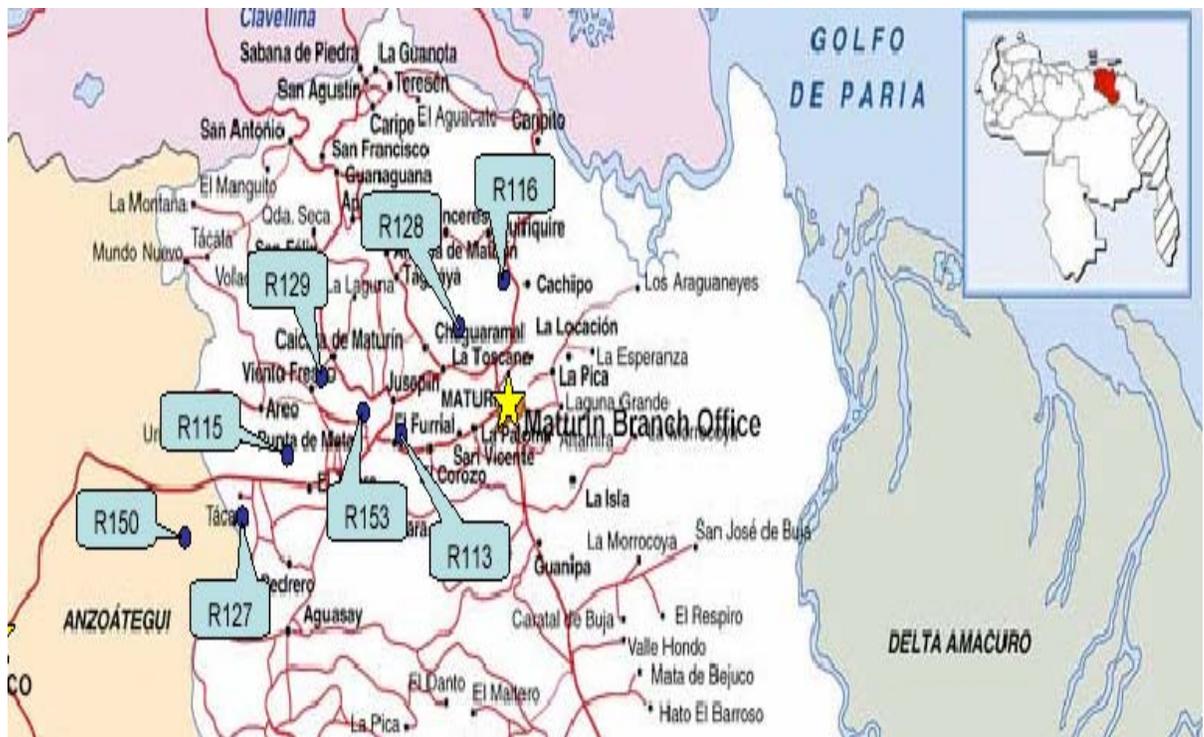


Figura N°28. Ubicación de Taladros en los Edos. Anzoategui y Monagas.



Figura N°29 Ubicación del HP-135 en el Edo. Zulia

El acceso a los taladros es por vía terrestre. En el HP-116 cuenta con un helipuerto para el acceso del personal supervisor tanto de la empresa operadora como de H&P cuando se presentan manifestaciones por parte de la comunidad cercana, muy comunes por busca de empleo, en la entrada de la locación.

5.2 Descripción del proceso

Una vez configurada la ubicación de cada componente del taladro en la locación, se procede a la arrancada del mismo. La arrancada de un Taladro de Perforación en una locación comienza con la puesta en marcha de un motor de combustión interna auxiliar, al cual está acoplado un compresor reciprocante de aire auxiliar. Una vez encendido el conjunto motor-compresor auxiliar, se eleva la presión del aire para así, al alcanzar cierto valor de presión, accionar el arranque neumático incorporado en los motores de combustión interna de mayor potencia, y de esta manera convertir energía mecánica en energía eléctrica por medio de generadores acoplados a éstos. Con la energía eléctrica, se accionan los conjuntos motor eléctrico-compresor de mayor capacidad y se desactiva el conjunto motor-compresor auxiliar.

Ya convertida la energía mecánica en energía eléctrica, esta pasa por una casa de fuerza, que funciona como un patio de distribución, en la cual se regula la corriente alterna y/o se convierte en corriente directa y se distribuye la energía dependiendo de las operaciones en la perforación por toda la instalación, incluyendo el campo de trailers donde duerme o descansa el personal.

La energía eléctrica es convertida nuevamente a energía mecánica por medio de motores eléctricos DC (corriente directa) o AC (corriente alterna). El primer tipo de motores se utilizan para accionar las máquinas donde se requiera más potencia (alrededor de 900-1000 hp), como lo son:

- Bombas de Lodo.
- Malacate.
- Unidad de Propulsión Superior (Top Drive).

Los motores eléctricos AC, se utilizan para accionar equipos que no requieren tanta potencia (entre 1 hp y 100 hp), como:

- Bombas centrifugas.
- Agitadores de Lodo.
- Compresores de Aire.
- Unidad de Poder Hidráulico.
- Acumulador

Para llevar a cabo la perforación, se realizan 3 tipos de operaciones: hacer viajes, hacer/romper conexiones y rotar. La primera operación consiste en meter/sacar “parejas” del hoyo de perforación, mientras que la segunda consiste en armar/desarmar las “parejas”. Se entiende por “pareja” a un conjunto de 2 o 3 tubos de perforación unidos por sus roscas. El conjunto comprendido por barrena o mecha, portabarrenas o portamecha y parejas de tubería de perforación se conoce como Sarta de Perforación. La tercera operación consiste en hacer rotar la Sarta de Perforación empleando un Motor DC ubicado en una unidad de propulsión superior (Top Drive).

La guaya de perforación es almacenada en el carrito de guaya. Ésta es enrollada en el ancla de línea muerta para así aislar al carrito de perforación de la cantidad que se utiliza para perforar, la cual es periódicamente corrida, cortada y reemplazada por una porción nueva. Una vez enrollada en el ancla, la guaya es elevada hasta el Bloque Corona, ubicado en el tope de la torre. Este Bloque es un juego de poleas y es fijo. Se enrolla la guaya entre el Bloque Corona (que es otro conjunto de poleas y es móvil) y el Bloque Viajero varias veces, ya que mediante mas vueltas se puede levantar mas carga. Ya conectados ambos bloques por medio de la guaya de perforación, el extremo de ésta se lleva desde el Bloque Corona hasta el Malacate y se acciona el tambor del mismo para empezar a enrollar la cantidad necesaria para subir y bajar el conjunto Bloque Viajero-Gancho-Top Drive. Una vez

enrollada la guaya de perforación, se fija la línea muerta en el ancla utilizando una grampa.

El desplazamiento vertical de la sarta de perforación (o del conjunto Bloque Viajero-Gancho-Top Drive) es posible gracias al aparejo de poleas (conjunto Bloque Corona y Bloque Viajero) que está suspendido en la torre. El malacate enrolla o desenrolla la guaya de perforación, dependiendo de lo que se quiera: si se requiere descender, se desacopla la transmisión y se desenrolla la guaya del tambor del malacate utilizando la gravedad. Se utiliza el freno de bandas para bajar de manera gradual. Cuando la carga es muy grande se utiliza, de manera adicional, un freno de campo eléctrico. Si por el contrario, se necesita ascender, se acopla una de las 2 velocidades de la transmisión por medio de los embragues de aire (alta o baja) del Malacate y empleando 3 motores DC, se eleva el conjunto Bloque Viajero-Gancho-Top Drive. Para armar una pareja, se procede de la siguiente manera:

1. Un tubo es subido, desde la tarima de tubería hasta la planchada utilizando 1 o los 2 winches neumáticos ubicados en ésta.
2. El tubo es guiado por los cuñeros hacia el hueco de ratón, hoyo ciego donde reposa el tubo, y es fijado usando las cuñas para tubería.
3. Otro tubo es subido de la misma manera que en (1), sólo que ahora se lleva hasta el encuelladero, donde el encuellador lo coloca en el elevador de tubería unido al Top Drive por medio de las parrillas elevadoras.
4. Este tubo es enroscado con el tubo que reposa en el hueco de ratón. El torque necesario para esta unión se otorga empleando una herramienta llamada Llave Hidráulica, la cual funciona con energía neumática e hidráulica. Una vez enroscados estos 2 tubos, se retiran las cuñas del hueco de ratón y se procede a elevar el conjunto.
5. Una tercera tubería es subida de la misma manera que en (1).
6. Con la tercera tubería se procede igual que en (2).

7. Una vez fijada, se procede a enroscar el conjunto anteriormente unido a esta nueva tubería de la misma manera que en (4). Aquí ya se encuentra la pareja de 3 tubos totalmente armada.
8. Se eleva la pareja, por medio del elevador, hasta el encuelladero y se almacena en el peine.

Para hacer una conexión y perforar se procede como sigue:

1. Se baja una pareja del peine del encuelladero por medio del elevador instalado en las parrillas elevadoras.
2. Se coloca la tubería portamechas o portabarrenas en el hoyo de perforación y se fija con las cuñas.
3. Se baja la pareja y se enrosca a la tubería portamechas, utilizando la llave hidráulica.
4. Cuando se conectan la pareja y la tubería portamechas, se tiene la Sarta de Perforación, se procede a apartar el elevador de tubería mediante un dispositivo del Top Drive llamado Inclinador Hidráulico (Link Tilt en Inglés), se conecta la sarta de perforación al sustituto de protección (Doble Pin, porque posee dos roscas macho) y se procede a activar el sistema de rotación.
5. Una vez perforando, se acciona el sistema de circulación para ofrecer protección al hoyo de perforación y lubricar la mecha usando lodo de perforación diseñado para tal fin.
6. A medida que se perfora, se va descendiendo el conjunto Bloque Viajero-Gancho- Top Drive, y de esta manera a la Sarta de Perforación.
7. Cuando se llega a una altura de 3 pies, medidos desde la planchada hasta el sustituto de protección, se detiene la rotación y la circulación. Se cierra la válvula de seguridad superior del Top Drive y se procede a subir el conjunto Bloque Viajero – Gancho - Top Drive hasta el encuelladero y se repiten los pasos 1-7 hasta llegar a la profundidad de revestimiento del pozo ó hasta la profundidad que el Dpto. de Geología de la empresa Operadora lo indique.

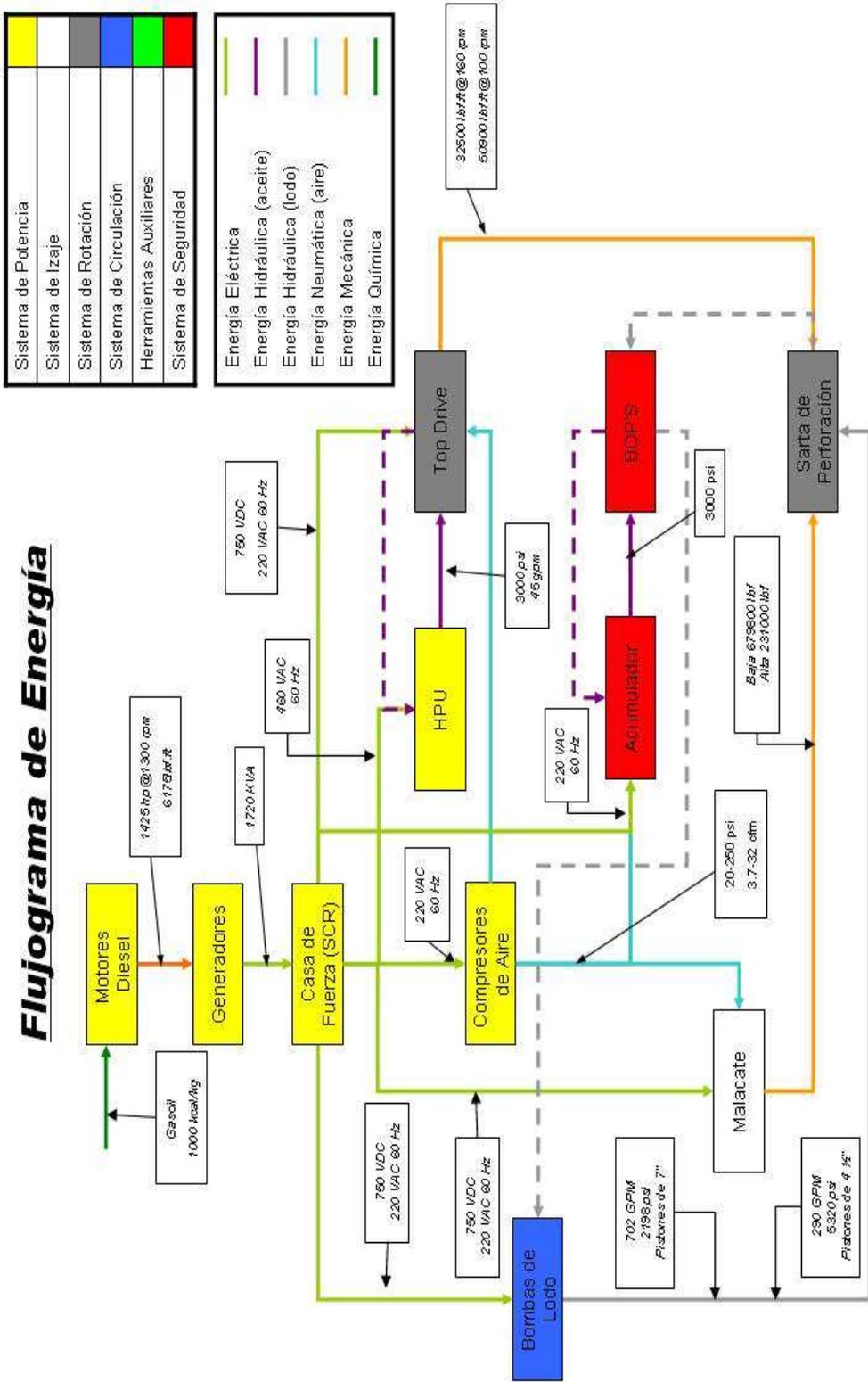


Figura N° 31. Flujiograma de Energía

5.3 Aspectos relacionados con los recursos humanos

Estudiando la estructura actual del personal que labora en el Departamento de Mantenimiento y que labora en el taladro, se delegaron responsabilidades y funciones a cargos ya existentes en la estructura organizativa. El único cargo propuesto para agregarlo en la estructura organizativa actual es la figura del Administrador de Mantenimiento.

5.3.1 Visión

Es la de reducir las oportunidades de fallo catastrófico de algún equipo, mejorar el entrenamiento y la alerta en el mantenimiento, mantener informado al personal acerca de cuestiones de mantenimiento y proveer archivos históricos de cada equipo perteneciente al taladro de perforación para optimizar las condiciones operativas de cada instalación.

5.3.2 Misión

Es la de implementar un programa de mantenimiento, fácilmente entendible pero a la vez efectivo, que vele por el óptimo funcionamiento de los equipos pertenecientes a los taladros de perforación de H&P.

5.3.3 Organización del personal

El grupo de trabajo está conformado por 2 conjuntos: el conjunto de la oficina del Departamento de Mantenimiento y el conjunto del taladro.

El conjunto de la oficina del Departamento de Mantenimiento está compuesto por:

- 1 Superintendente de Mantenimiento
- 2 Ingenieros de Mantenimiento
- 1 Administrador de Mantenimiento

- 1 Secretaria
- 1 Supervisor Mecánico de Patio
- 1 Supervisor Eléctrico de Patio

El conjunto del taladro está conformado por:

- 1 Superintendente de Taladro
- 1 Supervisor de 24 horas
- 1 Perforador
- 1 Cuadrilla de perforación
- Mecánicos
- Electricistas

5.3.4 Funciones y Responsabilidades

5.3.4.1 Superintendente de Mantenimiento

Tiene la responsabilidad de garantizar el apoyo de la gerencia de H&P para los distintos procedimientos de mantenimiento que ocurran y observa la ejecución del programa de mantenimiento.

5.3.4.2 Ingeniero de Mantenimiento

Tiene la responsabilidad de mejorar continuamente el programa de mantenimiento mediante el análisis de fallas de los equipos, informar al Superintendente de Mantenimiento el estatus del programa de mantenimiento y coordina con proveedores, fabricantes y contratistas cuestiones de mantenimiento.

5.3.4.3 Administrador de Mantenimiento

Tiene la responsabilidad de operar la base de datos del Departamento de Mantenimiento, generando las Ordenes de Trabajo en conjunto con el personal de Ingeniería, bien sean para mantenimiento correctivo como programado.

5.3.4.4 Secretaria

Tiene la responsabilidad de recibir llamadas, recibir a los proveedores y sus servicios, recibir, transcribir en la Base de Datos del Dpto. de Mantenimiento y archivar los reportes de mantenimiento que llegan al Departamento.

5.3.4.5 Superintendente de Taladro

Tiene la responsabilidad de facilitar la adquisición de insumos para la realización de las tareas de mantenimiento que ocurren en el taladro e informa a la gerencia de H&P la situación operativa del mismo.

5.3.4.6 Supervisor de 24 horas

Tiene la responsabilidad de coordinar con el mecánico y el eléctrico las operaciones de mantenimiento en el taladro, informa al Superintendente del Taladro sobre la situación diaria del taladro y posibles carencias de insumos.

5.3.4.7 Perforador

Tiene la responsabilidad de revisar todos los reportes de mantenimiento antes de enviarlos a la oficina del Departamento de Mantenimiento, asegura que las rutinas de mantenimiento se estén realizando en su período regular y entrena al nuevo personal de taladro en materia de mantenimiento.

5.3.4.8 Cuadrilla de perforación

Tiene la responsabilidad de inspeccionar los equipos, reportar eficazmente los resultados de dichas inspecciones, ayudar a los mecánicos y electricistas con reparaciones y les notifica sobre áreas que requieran un mantenimiento especial y realizar las rutinas del programa de mantenimiento a los equipos del taladro.

5.3.4.9 Mecánicos

Tienen la responsabilidad de realizar los trabajos de mantenimiento a cada equipo del taladro que tengan que ver con mecánica, reportar todas las operaciones que se realizan en los equipos, reportar cualquier anomalía presente en ellos, realizar inspecciones a los equipos, cumplir con las normativas de mantenimiento, asegurar que las rutinas diarias se están llevando a cabo y entrena al nuevo personal del taladro los procedimientos adecuados de las inspecciones.

5.3.4.10 Electricistas

Tienen la responsabilidad de realizar los trabajos de mantenimiento a cada equipo del taladro que tengan que ver con mecánica, reportar todas las operaciones que se realizan en los equipos, reportar cualquier anomalía presente en ellos, realizar inspecciones a los equipos, cumplir con las normativas de mantenimiento, asegurar que las rutinas diarias se están llevando a cabo y entrena al nuevo personal del taladro los procedimientos adecuados de las inspecciones.

5.4 Codificación de los equipos de perforación petrolera

Ya la empresa H&P tenía codificado los equipos pertenecientes a los taladros. Se hizo el inventario a cada taladro para ver donde estaban ubicados estos equipos. La codificación se hace troquelando la superficie con un martillo y varios troqueles con números. La codificación y ubicación de cada código es la siguiente:

EQUIPO	CÓDIGO	UBICACIÓN DE LA MARCA DEL TROQUEL
Malacate	101	Parte trasera de la cubierta, del lado del perforador.
Freno Eléctrico	104	Tapas exterior, arriba del Stuffing Box.

Sistema de Enfriamiento del Freno Eléctrico	105	Plancha anterior, entre tomas superiores de agua.
Guaya de Perforación	112	Pintado en el carrito de guaya.
Bloque Corona	114	Soporte.
Bloque Viajero	115	Tapa exterior, debajo del eje.
Gancho	117	Carcasa, parte central.
Parrillas elevadoras	118	Entre el cuerpo y los ojos.
Ancla de Línea Muerta	119	Soporte
Indicador de Peso	120	Soporte
Estructura	151	Base, junto a la placa de identificación.
Motor Diesel	201	Bloque.
Motor Eléctrico DC	202	Parte superior, junto al soplador.
Generadores	203	Carcasa, parte inferior.
Sistema SCR	206	Puerta.
Top Drive	265	Múltiple de engrase.
Cuña Portamecha	301	Porta insertos.
Cuña Tubería	302	Porta insertos.
Cuña Revestidor	303	Porta insertos.
Elevador Portamecha	306	Compuerta derecha.
Elevador Tubería	307	Compuerta derecha.
Elevador Revestidor	308	Compuerta derecha.
Llave Hidráulica	310	Girador y carcasa de cerebro lógico.
BOP simple	351	Exterior
BOP doble	352	Exterior
BOP Anular	353	Exterior
Acumulador	354	Debajo de la tapa del carter, lado

		del lubricador.
Bombas de lodo	401	Parte superior de las tapas de las cadenas.
Agitador de lodo	464	Carcasa, parte superior
Compresores de Aire	504	Parte frontal-superior de la carcasa, sobre la bomba de lubricación.
Unidad de Poder Hidráulico (HPU)	511	Debajo de la placa de identificación
Bombas Centrifugas	519	Parte superior de la carcasa, al lado del indicador de nivel.
Winche Neumático	537	Parte inferior de la carcasa, debajo del freno de discos.
Montacarga	784	Ambas escaleras de acceso a la cabina, en la parte inferior de la carcasa.

Tabla N°11 Codificación de los Equipos

La codificación de los equipos de perforación de H&P toma 3 aspectos reflejados en la figura N° 31

AAA-BBB-CCC

Figura N°32. Codificación de los equipos

Donde:

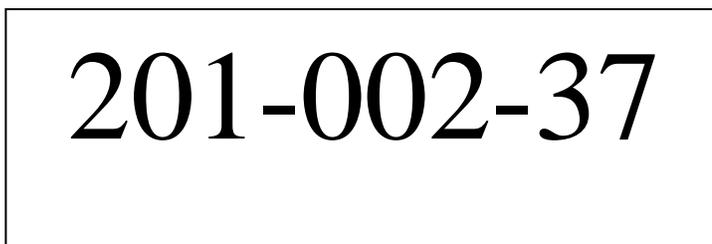
AAA indica el número asignado por almacén que identifica al equipo.

BBB indica la posición que ocupa en el taladro entre equipos similares, el más cercano al hoyo del pozo es el número 1, esta posición aumenta a medida que el equipo se aleja del pozo.

CCC indica el total de equipos de esas mismas características, el cual es un consecutivo automático.

Al momento de troquelar, sólo se troquelan AAA-CCC y al momento de ingresarlo en el inventario de la base de datos se ingresan todos los números.

Los siguientes ejemplos ilustran la lectura de estos códigos:



201-002-37

Figura N°33 Ejemplo de Codificación

El código 201 indica que se trata de un Motor Diesel, el 002 indica que se trata del motor diesel #2, y el 37 indica que es el motor #37 en ser ingresado como activo de H&P.

5.5 Inventario de los Equipos de Perforación Petrolera (Ver Anexo A)

Cumpliendo con la metodología para implantar un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, se elaboró el inventario de los equipos de perforación petrolera en los distintos taladros de perforación. Se registró la información de placa de los mismos, que incluyó: fabricante, modelo, capacidad y serial. En algunos equipos no fue posible obtener alguna de esta información, bien sea por deterioro de

las placas de identificación o porque el fabricante no la proporcionó. Estos casos se muestran en el inventario en sus respectivas columnas como no tiene (N/T).

5.6 Pasos para la ejecución del Mantenimiento Correctivo de los Equipos de Perforación Petrolera.

A continuación se muestra la secuencia a seguir por parte del personal de H&P para solicitar la atención de una falla en un equipo:

- 1.- El personal del taladro genera un Reporte de Mantenimiento por considerar la existencia de una falla que esta fuera de su alcance en un equipo, para ello, notifica al supervisor de 24 horas previo llenado del Reporte de Mantenimiento.
- 2.- El Supervisor de 24 horas determina a que departamento de mantenimiento le corresponde atender al taladro solicitante (Mecánico, Eléctrico u Operaciones).
- 3.- El supervisor mecánico o eléctrico, según sea el caso, se traslada al taladro solicitante.
- 4.- El Supervisor evalúa la complejidad del tipo de mantenimiento a realizarle al equipo.
- 5.- Si se considera muy sencilla la operación de mantenimiento, se pone en funcionamiento el equipo y se cierra el reporte de mantenimiento señalando que la falla fue solventada.
- 6.- Si se considera un nivel de mantenimiento distinto se le informa al Ingeniero de Mantenimiento, éste genera la Orden de Trabajo de Mantenimiento y se entrega al Superintendente del Taladro, al Superintendente de Mantenimiento y al Supervisor Mecánico.
- 7.- Se determina si la reparación puede ejecutarse por el personal de H&P o por Empresas especializadas.
 - 7.1.- Si se tienen los repuestos necesarios, se realiza la reparación.
 - 7.2.- De no contar con los repuestos necesarios, el superintendente del taladro debe aprobar el trabajo de mantenimiento, para que así, el almacén provea los repuestos necesarios.

8.- Una vez que Gerencia apruebe los recursos, la compañía especializada procede a realizarle el mantenimiento al equipo, bien sea en el taladro, en el patio mas cercano al taladro o en sus talleres.

9.- La empresa, una vez realizado el mantenimiento, entrega un reporte detallado del mantenimiento y los repuestos utilizados al Departamento de Mantenimiento.

10.- El Departamento de Mantenimiento cierra la Orden de Trabajo.

5.7 Pasos para la ejecución del Mantenimiento Preventivo de los Equipos de Perforación Petrolera

1.- El Administrador de Mantenimiento genera las órdenes de trabajo de las rutinas de mantenimiento preventivo de cada equipo y las entrega a los supervisores mecánico y/o eléctrico.

2.- Los supervisores se comunican con los supervisores de 24 horas de cada taladro y les informan de las rutinas que se deben realizar en su taladro.

2.1.- Si la rutina la realiza alguna compañía especializada, los supervisores coordinan el trabajo con la compañía contratada.

3.- El Supervisor de 24 horas coordina con el mecánico, el electricista y/o la cuadrilla de perforación para realizar las rutinas a los equipos del taladro.

4.- El mecánico y/o el electricista realizan las rutinas de mantenimiento preventivo y reportan la operación con un reporte de mantenimiento, señalando los repuestos utilizados e indicando que el equipo quedó operativo o cualquier eventualidad.

5.- El supervisor de 24 horas verifica los trabajos realizados, revisa los reportes de mantenimiento y los envía al Departamento de Mantenimiento.

6.- El Administrador de Mantenimiento cierra las Órdenes de Trabajo correspondientes.

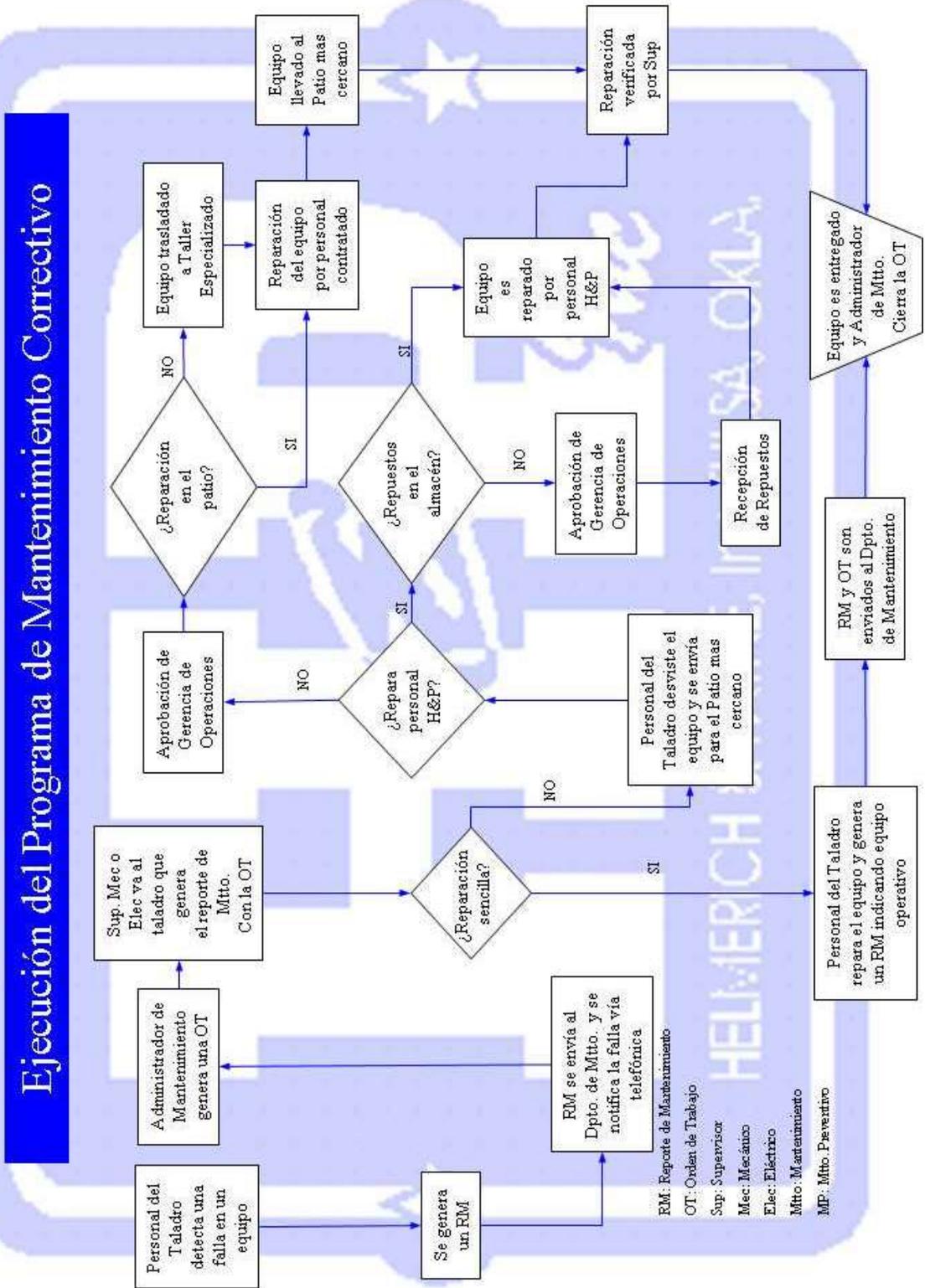


Figura N° 34 Ejecución del Programa de Mantenimiento Correctivo

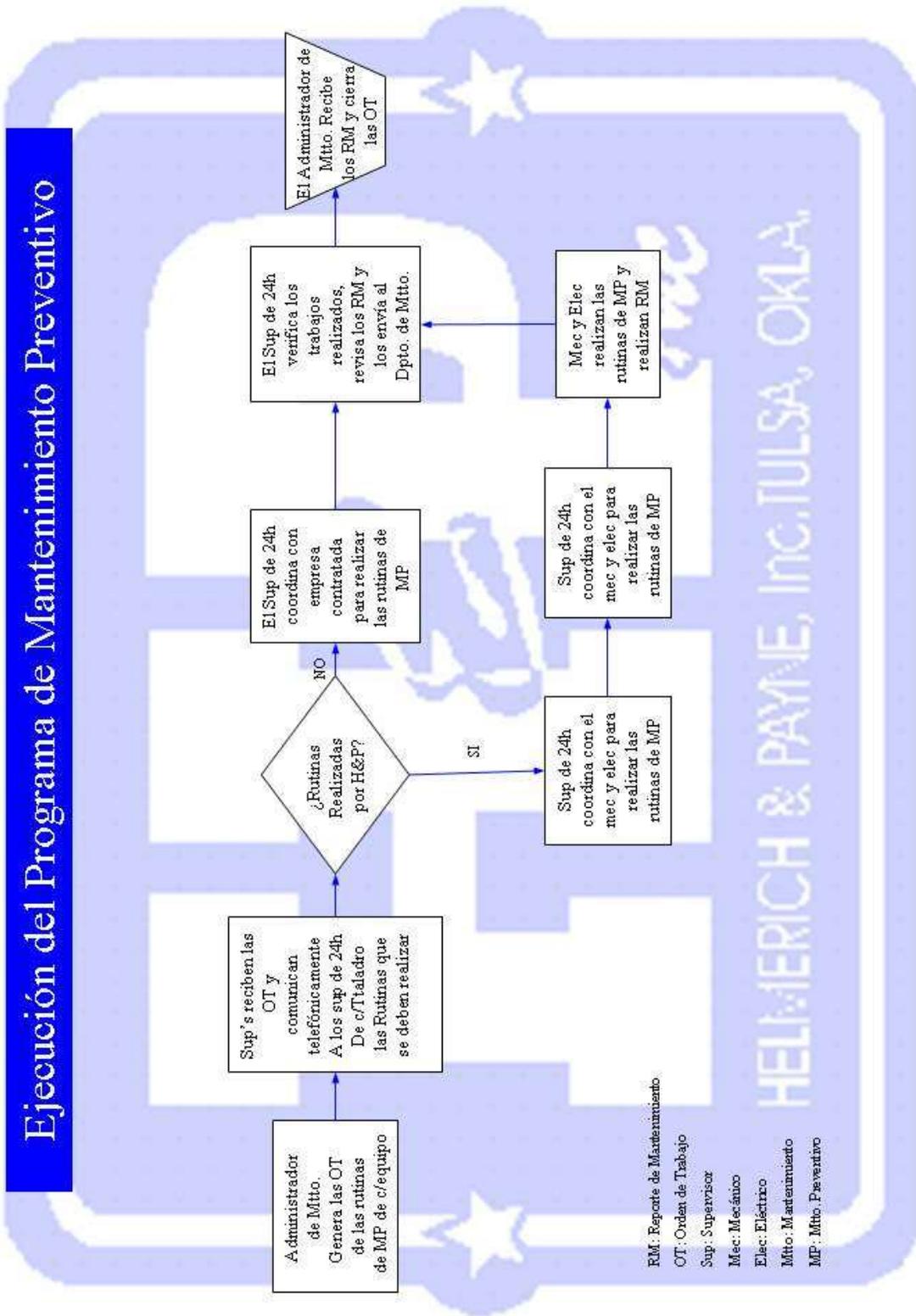


Figura N° 35 Ejecución del Programa de Mantenimiento Preventivo

5.8 Documentación

A continuación se presenta la documentación existente y la propuesta del Departamento de Mantenimiento.

5.7.1 Documentación actual

5.7.1.1 Reporte Mecánico Diario

Actualmente se utiliza solo el reporte mecánico diario, el cual es diseñado para documentar las inspecciones diarias de todos los equipos. Mediante su análisis se pudo apreciar que en ellos aparecía información que no debía estar allí sino en un reporte de mantenimiento.

El Reporte Mecánico Diario se colecta en grupos de 7 días, al 8vo día se envían para el Departamento de Mantenimiento y se analizan en busca de anomalías en las condiciones de operación de los equipos.

A continuación, se presenta un Reporte Mecánico vacío en escala reducida. El tamaño verdadero de este documento es una hoja DIN-A3, donde las letras son de tamaño más grande.



HELMEIRICH & PAYNE DE VENEZUELA, C. A.
MANTENIMIENTO MECANICO TALADROS

FECHA: _____
TALADRO N: _____
MECANICO: _____
JEFE DE EQUIPO: _____

REPORTE DIARIO

MOTORES DIESEL		LIMITES	1	2	3	4	5	Listas	CONTROL MOTORES DIESEL																																							
VELOCIDAD RPM	1200								MOTOR N°1- MODELO:	S/N:	MOTOR N°2- MODELO:	S/N:																																				
PRESION ACEITE PSI	MIN 45-60								ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																																	
PRESION GASOIL	25-40								DIARIA																																							
TEMP ESCAPIZO-F	MAX 1100								MOTOR N°3- MODELO:	S/N:	MOTOR N°4- MODELO:	S/N:																																				
TEMP ESCAP DER-F	MAX 1100								ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																																	
TEMP ACEITE-F	180-230								DIARIA																																							
TEMP CAMARA AGUA-F	180-210								MOTOR N°5- MODELO:	S/N:	MOTOR N°6- MODELO:	S/N:																																				
AGUA RELLENO	LITROS								ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																																	
CAMBIO FILTRO ACEITE	500 HR-750								DIARIA																																							
CAMBIO FILTRO GASOIL	500 HR								MOTOR N°7- MODELO:	S/N:	MOTOR N°8- MODELO:	S/N:																																				
CAMBIO FILTRO AIRE	500 HR								ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																																	
FILTRACION AGUA/ACEITE	SI-NO								DIARIA																																							
ACEITE DE ARRANQUE	SAE 10								OBSERVACIONES:																																							
MOTOR EN STAND BY	5 DIAS																																															
MUESTRA DE ACEITE	1000 HR																																															
RADIADOR(S) SUCIO(L) LIMPIO	S/L																																															
CORREAS / VIBRACION																																																
BOMBAS TRIPLE X									BATIDORES DE LODO																																							
PRESION ACEITE TRANS PSI	10-40		1	2	3				NIVEL DE ACEITE																																							
PRESION ACEITE CADENAS PSI	10-40								ACEITE AGREGADO	SAE 10(LTS)																																						
PRESION DAMPER DIS 20 PSI	900-1000								ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA																																						
PRESION DAMPER SUC PSI	10-12								FILTRACION ACEITE																																							
PRESION AGUA EN FR PSI	40-60								VIBRACION																																							
DRENADO CONDENSADO (POWER END)	DIARIO								RUIDO ANORMAL																																							
ACEITE AGREGADO	LITROS								RESPIRADORES	ABIERTOS																																						
ACEITE AGREGADO CADENA	LITROS								ENGRASE	DIARIOS																																						
LIMPIEZA/CAMBIO FILTROS ACEITE	6 MESES								VIBRADORAS										INVENTARIO DE FILTROS																													
RUIDO ANORMAL	SI/NO								ACEITE	4-9 LITROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FILTROS	ACEITES	AIRE	GASOIL																								
FILTRACION ACEITE	SI/NO								BOTELLA	DIARIO/VACIAR											3512-3515																											
FILTRACION AGUA	SI/NO								ACEITE EN BOTELLA	DIARIO/ML											296-299																											
ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA								GRASA	DIARIO											3412-379																											
COMPRESORES									COMPRESORES										STOCK DE LUBRICANTES																													
PRESION ACEITE	10-50								BOMBAS CENTRIFUGAS	ENGRASE	FILTRO	VIDRA	COONEY	LIMITES	ALTA	BAJA	Camp. Terrella																															
FILTRACION DE AIRE	SI/NO								CARGADOR 1				FROM NEW YORK	3000			U.P.H																															
FILTRACION DE ACEITE	SI/NO								CARGADOR 2				FROM NEW YORK	1500			Tap Drive																															
CORREAS									CARGADOR 3				FROM BARRIA	750-1000			Gras 1																															
DRENADO DE CONDENSADO	12 HR								MEZCLADORA 1	MEZCLADORA 1			FROM NEW YORK	12" SAE 58			Gras 2																															
LIMPIEZA FILTRO DE AIRE	7 DIAS								MEZCLADORA 2	MEZCLADORA 2			IMPRESOR LITRO	3 DIAS			Gras 3																															
ACEITE AGREGADO	ANDER OIL								DEGASER	DEGASER			IMPRESOR	SI/NO			STOCK DE LUBRICANTES																															
ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA								DEGASER	DEGASER			IMPRESOR	1000			LUBRICANTES						TAMBOR																									
VIBRACION ANORMAL	SI/NO								DESALTER	DESALTER			IMPRESOR	SAE 58			ACEITE MOTOR 15W40																															
RUIDO ANORMAL	SI/NO								TARQUE VIAJE 1	TARQUE VIAJE 1			IMPRESOR	FECHA			ACEITE MOTOR SINT																															
RUIDO ANORMAL	SI/NO								TARQUE VIAJE 2	TARQUE VIAJE 2			CASA DE FUERZA (SCR)				ACEITE MOTOR EMD																															
LIMPIEZA DE FILTRO SEPARADOR	7 DIAS								AGUA DE ENF 1	AGUA DE ENF 1			CIRC. TIERRA	SI/NO			HIDRAULICOS 68						TRANSMISION 140																									
MESAROTARIA									ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GASOIL 1	SOPLOADORES	L/TS			IRAMA 90																											
COUPLING MESA																GASOIL 2	FILTROS (CURP)	L/TS			TURBINA 600																											
TRANSMISION																GASOIL 3	AIRE 1	L/TS			GRASA																											
COUPLING MOTOR																GASOIL 4	AIRE 2	L/TS			GRASA DE TUBERIAS																											
MOTOR																TARQUE AGUA 1	AIRE 3	L/TS			GASOIL																											
MALACATE																TARQUE AGUA 2	INTERRUP SCR 1				TOP DRIVE																											
CLUTCHE ALTA																LIMP LODO	INTERRUP SCR 2				ENGRANAJE						ENGRASE ACEITE SI/NO																					
CLUTCHE BAJA																AGUA 1	INTERRUP SCR 3				IBOP																											
COUPLING MOTORA																AGUA 2	INTERRUP SCR 4				LUBRICADOR AIRE																											
COUPLING MOTOR B																	INTERRUP SCR 5				TRANSMISION																											
COUPLING MOTOR C																	INTERRUP AC				WANSHPIPE																											
BOMBA LUBRICADOR																	TEMPERATURA	°C			PROTECT DAÑADO																											
CADENAS									HERRAMIENTAS AUXILIARES																																							
KELLY SPINNER									HERRAMIENTAS	ENGRASAR	ACEITE	DESAGAST	HERRAMIENTAS	ENGRASAR	ACEITE	DESAGAST	SELLLOS BONNET						SELLLOS BONNET LIMP																									
BLOQUE VIAJERO									CURAS PORTAMECHA				ESCOPETA MID			CHEQ. FILTROS HYD						FRENO DE AIRE																										
CORNIZA									CURAS TUBERIA				CURA HEDHAT			GANCHO DEL SWIVEL						RODILLOS																										
POLEA RAPIDA									CURAS REVESTIDOR				ROUGHNECK			TORNILLOS SUELTOS						PIPEHANDLER																										
SWIVEL TOP DRIVE									ELEV PORTAMECHA							BRAZOS IBOP INSP						RUIDO ANORMAL																										
GANCHO									LLAVE DE FUERZA							VIBRACIONES						MANGUERAS INSP																										
TORITO									POP							CURA NEUMATICA						CAMBIO DE ACEITE																										
WINCHE 1 AIRE																																																
WINCHE 2 AIRE																																																
WINCHE 3 AIRE																																																
FRENO ELECTRICO																																																

Figura N°36 Reporte Diario de Mantenimiento

5.7.2 Documentación propuesta

Además del reporte mecánico diario ya existente, se proponen 2 documentos más: el reporte de mantenimiento y la orden de trabajo.

5.7.2.1 Reporte de Mantenimiento (Figura N°36)

Son formas multipropósito, que son la raíz de la comunicación entre el Departamento de Mantenimiento y el Taladro. En ellos se indican mantenimientos especiales, reparaciones y/o inspecciones periódicas de cada uno de los equipos pertenecientes al Taladro, las partes reemplazadas, en caso de ser necesario, y su respectiva descripción (número de parte, Seriales, Modelos, Equipo al cual pertenece, etc.) y el nombre o firma de las personas involucradas en los mismos.

Debido a que es una forma multipropósito no tiene un período establecido para su envío y entrega, pudiendo ser enviado al Departamento de Mantenimiento junto con los Reportes Diarios de Mantenimiento, aunque podría ser enviado cada vez que se genere.

5.7.2.1.1 Instructivo de llenado

I. REGISTRO

(1) N°: Número del registro impreso por la empresa litográfica que fabrica los talonarios de reportes de mantenimiento.

II. INFORMACIÓN DE LA SOLICITUD

(2) Taladro: aquí se indica el taladro que solicita el servicio de mantenimiento.

(3) Fecha: aquí se indica la fecha de la solicitud.

(4) Código del equipo: aquí se coloca el código asignado al equipo.

(5) Descripción del equipo: aquí se escribe el nombre del equipo.

(6) Modelo: aquí se escribe el modelo del equipo.

- (7) Serial: aquí se escribe el serial perteneciente al equipo.
- (8) Horas Operando: indica las horas que ha operado el equipo.
- (9) Turno Diurno: Señala si el trabajo se hace durante la luz del día.
- (10) Turno Nocturno: Señala si el trabajo se hace durante la noche.
- (11) Mantenimiento Especial: Señala si el tipo de mantenimiento es especial.
- (12) Mantenimiento Programado: Señala si el tipo de mantenimiento es programado.
- (13) Mantenimiento Correctivo: Señala si el tipo de mantenimiento es correctivo.
- (14) Otros: se señala si el tipo de mantenimiento es otro distinto a los anteriores o si el reporte de mantenimiento es utilizado para notificar alguna falla.
- (15) Hora de inicio: Se indica la hora de inicio de la operación cuando se está cerrando el reporte.
- (16) Hora de culminación: Se indica la hora de culminación de la operación cuando se está cerrando el reporte.

III. INSPECCION

- (17) Inspección (describir falla): aquí se describe el motivo de la solicitud.
- (18) Descripción del trabajo: aquí se expone el modo de la falla o todos los procedimientos que se realizaron para solventarla.
- (19) Partes utilizadas: aquí se señalan los repuestos que se usaron para resolver la falla.
- (20) Partes pedidas: aquí se señalan las partes necesarias para que el almacén facilite su adquisición.
- (21) Observaciones: aquí se señalan observaciones pertinentes al caso.

IV. REGISTRO DE PERSONAL

- (22) Realizado por: en este espacio firma el mecánico, el electricista o la empresa que realizó el mantenimiento o detectó la falla.

(23) Superv. De 24 hrs: espacio reservado para la firma del supervisor de 24 horas del taladro indicando la aprobación del trabajo.

(24) Superintendente: espacio reservado para la firma del superintendente del taladro indicando la aprobación del trabajo

5.7.2.2 Orden de Trabajo (Figura N°37)

Esta orden se genera después del análisis de los Reportes Diarios y de los Reportes de Mantenimiento. En ella se define claramente el trabajo de mantenimiento correctivo que hay que realizar en aquellos equipos pertenecientes al taladro que así lo requieran. Es generada por el Administrador de Mantenimiento en conjunto con el personal de Ingeniería del Departamento de Mantenimiento utilizando la Base de Datos del Dpto. de Mantenimiento. Es entregada al Supervisor Mecánico del Departamento de Mantenimiento y al Superintendente del Departamento de Mantenimiento para que faciliten las herramientas y las partes necesarias para llevar a cabo cada acción descrita en dicha orden.

5.7.2.2.1 Instructivo de llenado

I. REGISTRO E INFORMACIÓN DE LA ORDEN

(1) N° de Orden: indica el número de la orden., el cual es asignado por la base de datos del Departamento de Mantenimiento.

(2) Taladro: indica el taladro a donde va dirigida la orden de trabajo de mantenimiento.

(3) Fecha de solicitud: indica la fecha que fue solicitado el mantenimiento.

(4) Entregado por: indica que Departamento genera la orden de trabajo de mantenimiento.

(5) Recibido por: indica quien recibe la orden de trabajo de mantenimiento, pudiendo ser uno de los supervisores o un mecánico o electricista.

(6) Fecha de Inicio: indica la fecha cuando se comienza a realizar el trabajo de mantenimiento.

(7) Fecha de Culminación: indica la fecha cuando se cierra la orden de trabajo de mantenimiento.

(8) Tipo de Orden de Trabajo: indica el tipo de orden de trabajo, pudiendo ser correctivo o programado.

(9) Descripción: aquí se expone la falla y la orden a realizar.

(10) Verificación: indica si el trabajo fue realizado para proceder a cerrar la orden. No se cierra la orden hasta que todos los trabajos hayan sido culminados.

(11) Observaciones: se exponen posibles observaciones acerca de la orden de trabajo.

(12) Autorizado: en este espacio firma el Superintendente de Mantenimiento para indicar su acuerdo con los trabajos expuestos en la orden.

(13) Aprobado: en este espacio firma el supervisor mecánico o eléctrico indicando la aprobación de la orden.

5.7.2.3 Base de Datos del Departamento de Mantenimiento

Esta base de datos fue diseñada en el programa Access XP, incluido en el paquete de la Microsoft, Office XP. La base de datos posee 2 registros, uno para registrar las ordenes de mantenimientos cuando se abren y se cierran y otro registro para registrar los reportes de mantenimiento generados en los taladros. Este último utiliza el inventario, también ingresado en la estructura de la Base de Datos, de cada taladro para que la información ingresada sea la correspondiente al equipo que generó el reporte de mantenimiento. La función de esta base de datos es la de no depender del archivo físico al momento realizar una trazabilidad a cualquier equipo en particular.



HELMERICH & PAYNE DE VENEZUELA, C.A.

I. REGISTRO REPORTE DE MANTENIMIENTO N° (1) SERIE A

II. INFORMACION DE LA SOLICITUD

Taladro: _____ (2)	____ (9) Turno Diurno
Fecha: _____ (3)	____ (10) Turno Nocturno
Código del equipo: _____ (4)	____ (11) Mantenimiento Especial
Descripción del equipo: _____ (5)	____ (12) Mantenimiento Programado
_____	____ (13) Mantenimiento Correctivo
Modelo: _____ (6)	____ (14) Otros (Explicar):
Serial: _____ (7)	____ (15) Hora de Inicio
Horas Operando: _____ (8)	____ (16) Hora de Culminación

III. Inspección (Describir Falla) _____ (17)

Descripción del Trabajo: _____ (18)

Partes Utilizadas: _____ (19)

Realizado por: _____ (22)

Partes Pedidas: _____ (20)

Superv. De 24 hrs: _____ (23)

Superintendente: _____ (24)

VIII. REGISTRO DE PERSONAL

VII. Observaciones: _____ (21)

Figura N°37 Reporte de Mantenimiento



HELMERICH & PAYNE DE VENEZUELA, C.A.

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO

I. REGISTRO E INF. DE LA ORDEN

N° de orden: __ (1) __

Taladro: _____ (2) _____

Fecha de Solicitud: _____ (3) _____

Tipo de Orden de Trabajo: _____ (8) _____

Entregado por: _____ (4) _____

Recibido por: _____ (5) _____

Fecha de Inicio: _____ (6) _____

Fecha de Culminación: _____ (7) _____

II. CONTENIDO DE LA ORDEN

Instrucciones de trabajo:

Renglón	Descripción	Verificación
1	(9)	(10)
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Observaciones: _____ (11) _____

Autorizado: _____ (12)

Aprobado: _____ (13)

Figura N°38 Orden de Trabajo de Mantenimiento

5.8 Descripción del Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El Programa se encuentra dividido en cada uno de los equipos, tanto críticos como no críticos, que conforman el taladro.

Cada una de estas divisiones contiene los siguientes aspectos: Sistema al que pertenece el equipo, descripción, modelo y codificación del mismo.



Además, cuenta con la representación gráfica del equipo con la especificación de los distintos puntos de chequeo.

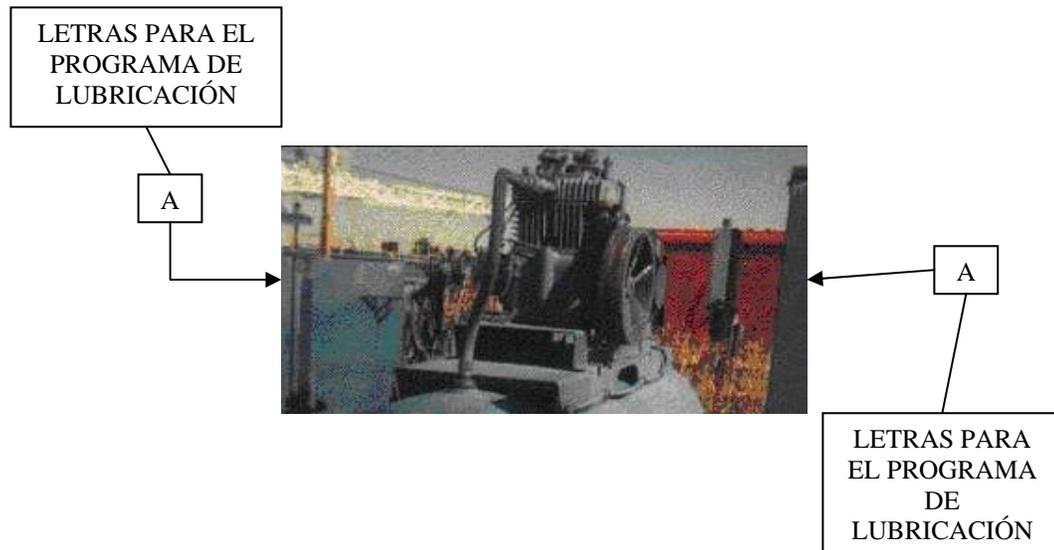


Figura N°39 Descripción gráfica del Programa de Mantenimiento

El punto de chequeo está representado con una letra o un número, los cuales se asignan a cada equipo a chequear. Las letras son usadas en el programa de lubricación y los números en las operaciones de mantenimiento.

Para programar las rutinas y frecuencias de los equipos críticos, se realiza primero un Análisis de Modos y Efectos de Fallas para ver cuales rutinas son mas importantes que otras. Para programar las rutinas y frecuencias de los equipos no críticos, se utilizan recomendaciones del fabricante y experiencia del personal del taladro.

5.8.1 Programa de Lubricación

Este contiene la frecuencia, punto de chequeo, tipo de lubricante y procedimiento para cada una de las actividades a realizar, dispuestos de la siguiente manera:

PROGRAMA DE LUBRICACIÓN			
FRECUENCIA	PUNTO DE CHEQUEO	TIPO DE LUBRICANTE	PROCEDIMIENTO
	A (expresado con una letra)		

5.8.2 Operación de Mantenimiento

Se encuentra después del programa de lubricación y contiene la frecuencia, el punto de chequeo con su nombre y el procedimiento para cada operación, dispuestos de la siguiente manera:

PROGRAMA DE LUBRICACIÓN			
FRECUENCIA		PUNTO DE CHEQUEO	PROCEDIMIENTO
	1 (expresado con un número)		

5.8.3 Inspección (Ver Anexo B)

Esta inspección se realiza cuando el supervisor mecánico o eléctrico desarma el equipo entero y chequea tolerancias, desbalanceo entre acoples, condición de los componentes del equipo, etc. y dicha información es recolectada en el reporte de inspección mediante “apto” “no apto” y/o porcentajes.

5.9 Programa de Mantenimiento de la Unidad de Propulsión Superior (Top Drive)

Las rutinas y frecuencias de este programa de mantenimiento fueron determinadas a través del Análisis de los Modos y Efectos de Fallas, reduciendo así, la cantidad de rutinas que no eran indispensables, y por ende el costo por mantenimiento preventivo, haciendo que el equipo cumpla con su función. Tiene la finalidad de especificar los procedimientos de lubricación y operación de mantenimiento de una manera fácil y práctica para que el personal que labora en el taladro no tenga necesidad de referirse al manual del fabricante y así evitar pérdidas de tiempo.

265

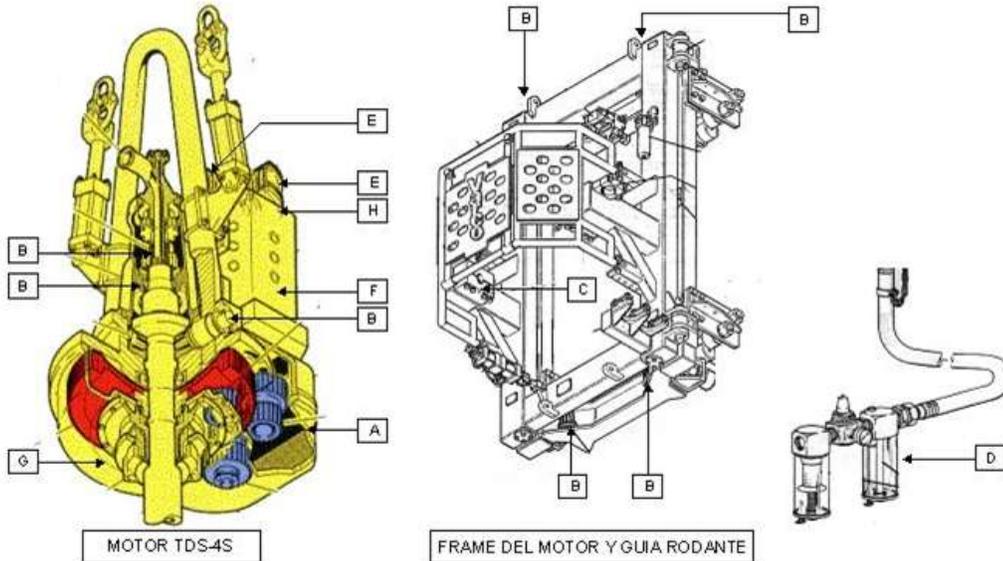
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



EQUIPO ROTATORIO

TOP DRIVE

Varco - TDS-4S - MOTOR / FRAME DEL MOTOR & GUIA RODANTE



PROGRAMA DE LUBRICACION

Frecuencia	Punto de Chequeo	Tipo de Lubricante	Procedimiento
Diario	A	ACEITES PARA ENGRANAJES CERRADOS ISO 150-68	INSPECCIONAR Y MANTENER EL NIVEL DE ACEITE
Diario	B	GRASA EXTREMA PRESION MULTIUSO EP2	UTILIZAR GRASERA (PISTOLA) MANUAL
Semanal	C	GRASA EXTREMA PRESION MULTIUSO EP2	UTILIZAR GRASERA (PISTOLA) MANUAL
Semanal	D	ACEITE HIDRAULICO	CHEQUEAR EL NIVEL DE ACEITE; AGREGAR SI ES NECESARIO
Trimestral	E	GRASA Y CYPRINA RA	AGREGAR 2 ONZAS
Trimestral	F	GRASA Y CYPRINA RA	AGREGAR 2 ONZAS
Trimestral	G	ACEITES PARA ENGRANAJES CERRADOS ISO 150-68	CAMBIO DE ACEITE
Semestral	H	GRASA Y CYPRINA RA	AGREGAR 2 ONZAS

Figura N° 40 Rutinas de Lubricación del Top Drive

265

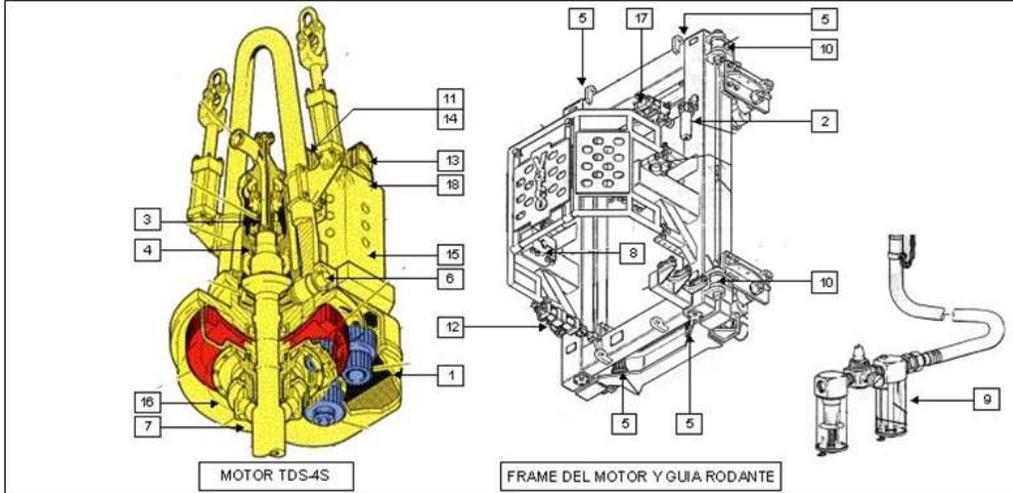
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



SISTEMA DE ROTACIÓN

TOP DRIVE

Varco - TDS-4S - MOTOR / FRAME DEL MOTOR & GUIA RODANTE



OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO

Frecuencia	Punto de Chequeo	Procedimiento
Diario	1 CAJA DE TRANSMISION	CHEQUEAR EL NIVEL DE ACEITE (RELLENAR SI ES NECESARIO)
Diario	2 FILTRO DE PRESION HIDRAULICA	CHEQUEAR VISUALMENTE EL VISOR DE VIDRIO. SI ESTAN EN ROJO, ES NECESARIO REEMPLAZAR EL ELEMENTO DEL FILTRO
Diario	3 WASH - PIPE	LUBRICAR A TRAVES DE SU GRIFO (1); CHEQUEAR FUGAS
Diario	4 SELLO BONNET	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (2); UBICADOS DEBAJO DEL WASH - PIPE
Diario	5 RODILLOS	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (MAINFOLS DE LUBRICACION)
Diario	6 GANCHO DEL SWIVEL	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS
Semanal	7 PALANCA DE LA CAJA DE VELOCIDAD	CAMBIAR O ALTERNAR
Semanal	8 PASADOR DE LA SILLA DEL MOTOR	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (2)
Semanal	9 REGULADOR Y LUBRICADOR DEL FILTRO DE AIRE	CHEQUEAR, ACONDICIONAR Y LUBRICAR
Mensual	10 ESTRUCTURA DEL MOTOR, BASE RODANTE, BISAGRA, PASADOR	CHEQUEAR Y ACONDICIONAR
Mensual	11 ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	LIMPIAR Y CHEQUEAR
Mensual	12 ALINEADOR CILINDRICO DEL MOTOR ELECTRICO (GE 752)	INSPECCIONAR
Trimestral	13 FRENO DE AIRE DEL MOTOR ELECTRICO	LIMPIAR Y ENGRASAR
Trimestral	14 VENTILADOR DEL MOTOR ELECTRICO	LIMPIAR Y ENGRASAR
Trimestral	15 RODAMIENTO DEL MOTOR ELECTRICO (LADO DEL PIÑON)	AGREGAR 2 ONZAS DE GRASA CYPRINA
Trimestral	16 CAJA DE TRANSMISION	CAMBIAR ACEITE Y FILTRO. LIMPIAR LAS LINEAS DE SUCCION Y DRENAJE
Trimestral	17 MANIFOLD DE CONTRABALANCE	CHEQUEAR Y ACONDICIONAR
Semestral	18 RODAMIENTO DEL CONMUTADOR DEL MOTOR ELECTRICO	AGREGAR 2 ONZAS DE GRASA CYPRINA

Figura Nº41 Rutinas de Operación de Mantenimiento del Top Drive

265

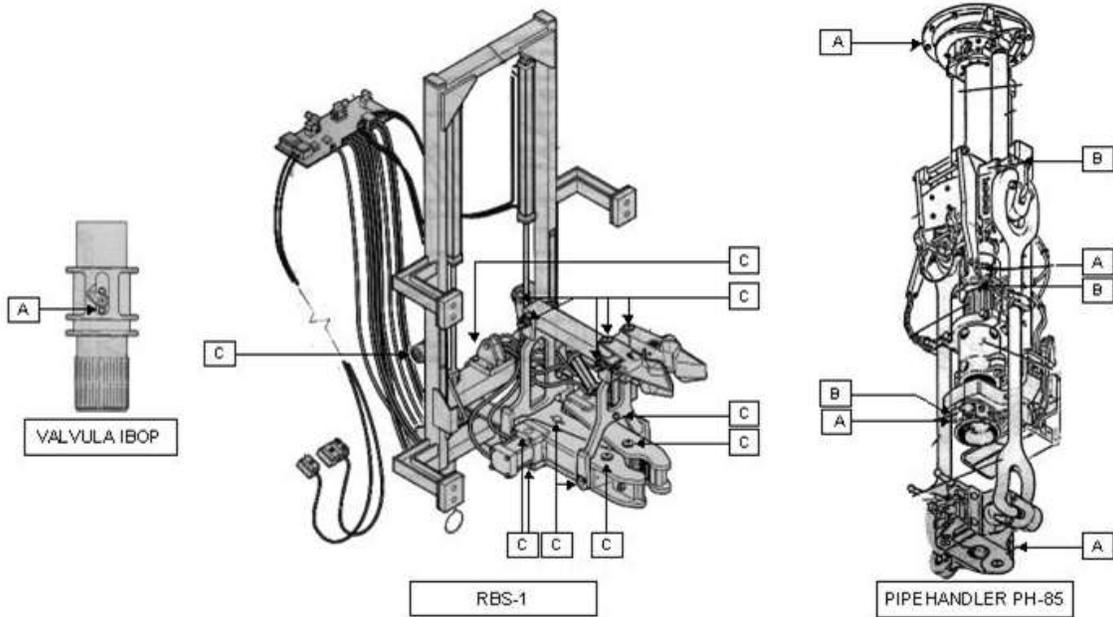
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



EQUIPO ROTATORIO

TOP DRIVE

Varco - TDS-4S - RBS / PIPEHANDLER



PROGRAMA DE LUBRICACION

Frecuencia	Punto de Chequeo	Tipo de Lubricante	Procedimiento
Diario	A	Grasa extrema presion multiuso EP2	Utilizar Grasera (Pistola) Manual
Semanal	B	Grasa extrema presion multiuso EP2	Utilizar Grasera (Pistola) Manual
Cada Viaje	C	Grasa extrema presion multiuso EP2	Utilizar Grasera (Pistola) Manual

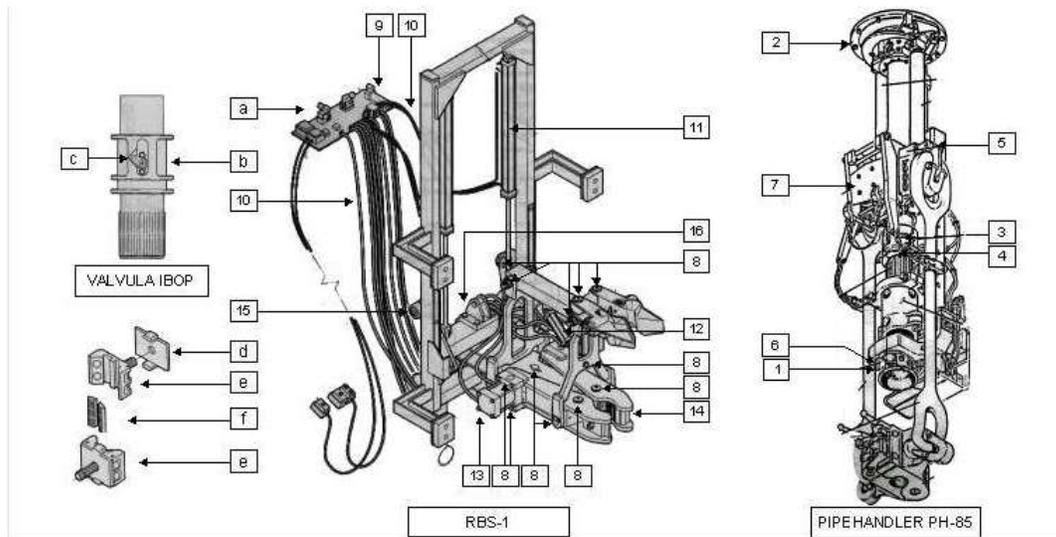
Figura N°42 Rutinas de Lubricación del Pipehandler



EQUIPO ROTATORIO

TOP DRIVE

Varco - TDS-4S - RBS / PIPEHANDLER



OPERACIÓN DE MANTENIMIENTO

Frecuencia	Punto de Chequeo	Procedimiento
Diario	1 LLAVE DE TORQUE	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (6)
Diario	2 CABEZA DE ROTACION	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (6)
Diario	3 PALANCA DE LA VALVULA DE SEGURIDAD	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (2)
Semanal	4 BRAZOS ACTUADORES DEL IBOP	LIMPIAR Y LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (6)
Semanal	5 ADAPTADORES DE LAS PARRILLAS GUIAS DE DESGASTE Y ACCESORIOS	LIMPIAR Y LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS (4)
Semanal	6 DEL MASTER EXTENDEDORES DE LAS PARRILLAS DEL	LIMPIAR Y LUBRICAR (GRASA DE TUBERIA)
Semanal	7 ELEVADOR	CHEQUEAR Y ACONDICIONAR
Cada Viaje	8 PUNTOS DE ENGRASE DEL RBS	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS CHEQUEAR VISUALMENTE EL VISOR DE VIDRIO. SI ESTAN EN ROJO, ES NECESARIO REEMPLAZAR EL ELEMENTO DEL FILTRO CHEQUEAR FUGAS DE ACEITE HIDRAULICO
Cada Viaje	9 FILTRO DE PRESION HIDRAULICA	
Cada Viaje	10 MANGUERAS Y CONEXIONES CILINDROS (GATOS) HIDRAULICOS DE	
Cada Viaje	11 CONTROL VERTICAL CILINDRO (GATO) HIDRAULICO	CHEQUEAR FUGAS POR LOS SELLOS DE ACEITE
Cada Viaje	12 ESTABILIZADOR CILINDROS (GATOS) HIDRAULICOS DE	CHEQUEAR FUGAS POR LOS SELLOS DE ACEITE
Cada Viaje	13 LAS TENAZAS	CHEQUEAR FUGAS POR LOS SELLOS DE ACEITE CHEQUEAR LOS DIENTES (CUÑAS) POR DESGASTE, PARTIDURA ETC.
Cada Viaje	14 MANDIBULAS DE LAS TENAZAS	LUBRICAR A TRAVES DE SUS GRIFOS; CHEQUEAR DESGASTES
Cada Viaje	15 RODILLOS ENSAMBLAJE DEL CERROJO (SEGURO)	
Cada Viaje	16 DE SEGURIDAD	LUBRICAR CON GRASA
Cada Viaje	17 TORNILLOS Y TUERCAS DE SUJECION	CHEQUEAR AJUSTE

Figura N°43 Rutinas de Operación de Mantenimiento del Pipehandler

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Mediante el estudio de los reportes de fallas pertenecientes al período enero de 2001 hasta septiembre de 2004, se determinaron promedios de frecuencia de fallas anuales y promedios de tiempos improductivos anuales para así, realizar los análisis criticidad y modos de efectos de fallas.
- Para la implementación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a equipos de perforación petrolera se debe concientizar al personal de taladro, para que adopten como una buena costumbre ante el trabajo, llenar los reportes de mantenimiento.
- El análisis de criticidad es, en esencia, un análisis de confiabilidad y puede llegar a consumir un importante nivel de recursos.
- Según el Análisis de Criticidad basado en los criterios de PDVSA el equipo más crítico perteneciente a los taladros de perforación es la unidad de propulsión superior (Top Drive), perteneciente al Sistema Rotación.
- Aún no se ha podido notar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad a equipos de perforación petrolera ya que este efecto es a largo plazo, además de que el período de estudio comprendió desde enero del año 2001 hasta septiembre del año 2004, y el plan fue implementado a partir de Octubre del 2004.
- La confiabilidad de la instalación entera de perforación es baja porque la configuración de sus sistemas es en serie-paralelo, además de que existen

sistemas, como el de izamiento y el de rotación, que poseen una tasa de fallas creciente.

- El cálculo de la disponibilidad es ideal para la evaluación general de un sistema productivo ya que relaciona los tiempos promedios de operación con los tiempos promedios de fallas.
- Se puede concluir que H&P posee equipos muy capaces de cumplir su función así como también una rapidez de respuesta al momento de realizar mantenimiento correctivo a las fallas que generen tiempo improductivo, pero poco confiables por la cantidad de fallas que se presentan en los equipos con corta vida característica (tiempo entre falla).
- Se establecieron los procedimientos y tiempos de ejecución de las rutinas de mantenimiento para el Top Drive modelo TDS-4S de la compañía Varco, de una manera fácil y accesible para el personal que labora en el taladro. Así como también se exponen sus características técnicas.

6.2 Recomendaciones

- Realizar actualizaciones frecuentes del inventario de cada taladro, para así evitar incongruencias entre la base de datos de la oficina del Dpto. de Mantenimiento y los equipos que se encuentran en los taladros.
- Realizar cursos sobre confiabilidad operacional en los otros departamentos de H&P, para tener un desempeño integral y mejorar la productividad de la empresa.
- Organizar la logística para dictar cursos para llenar los reportes de mantenimiento cuando se dicten los cursos de seguridad.
- Realizar gratificaciones periódicas por cantidad de reportes de mantenimiento recibidos de buena calidad a los mecánicos del taladro.

- Hacer actualizaciones periódicas al plan de mantenimiento, en miras de ingresar nuevos equipos o nuevas posibles fallas funcionales y así no dejar que caiga en obsolescencia el implementado plan.
- Delegarle funciones y responsabilidades de administrador de mantenimiento a los supervisores de 24 hr. de los taladros.
- Exponer a la gerencia de la empresa, mediante ponencias, la necesidad de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad apoyado con cifras para demostrar que el mantenimiento no es un gasto sino una buena inversión.
- Realizar un seguimiento de los índices de mantenimiento, Confiabilidad y Disponibilidad en los próximos años para ver la efectividad de este plan de mantenimiento centrado en confiabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Consultas Bibliográficas.

1. ABREU, Carlos. JUNCO, Rafael. Mantenimiento centrado en la confiabilidad aplicado al sistema de bombas de agua de alimentación de la Central Termoeléctrica del Centro “Planta Centro”. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 2000.
2. ALVAREZ S, Manuel A. SALAS C, Juan A. Aplicación de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), para una planta de pastas alimenticias. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 2003.
3. AREYAN, Jesuado. Calidad sin fronteras. Trabajo de Ascenso. Facultad de Ingeniería. EIM. Universidad Central de Venezuela. 1997.
4. ARIAS, José Alberto. Programa de Mantenimiento Preventivo para un motor DC. Informe Final de Pasantía. Departamento de Tecnología Mecánica. Instituto Universitario de Tecnología “Antonio José de Sucre”, extensión Barcelona. Venezuela. Junio 2004.
5. BALDIN, Asturio. Manual de mantenimiento de instalaciones industriales. Editorial Gustavo Pili, S. A. Barcelona. España. 1982.
6. BAUMEISTER, Theodore. AVALLONE, Eugene A. BAUMEISTER, Theodore III. Mark’s Standard Handbook for Mechanical Engineers. Eighth Edition. McGraw-Hill Book Company. New York, U.S.A. 1978.
7. BESEMBEL R, Yraida. MÉNDEZ M, Noris del V. Programa de Mantenimiento Preventivo y Análisis de Falla de las Unidades de Bombeo

-
-
- Mecánico de los Bloques de Producción O-16 y J-20 de la Faja Petrolífera del Orinoco. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 1991.
8. CIED. Componentes y Sistemas de un Taladro de Perforación. Centro Internacional de Educación y Desarrollo. Sin Fecha.
 9. FONCIED. El Pozo Ilustrado. Fondo Editorial del Centro Internacional de Educación y Desarrollo. 5^{ta} Edición. Caracas 2001.
 10. HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Eduardo. Comparación de métodos de análisis de confiabilidad aplicados a sistemas eléctricos industriales. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Temixco Morelos, México. Sin Fecha.
 11. LÓPEZ A, Rolando A. Desarrollo de un Modelo de Gestión de Confiabilidad Operacional. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad Central de Venezuela. 2001.
 12. MORA R, Franklin A. CASTRO R, Jesús A. Plan de Mantenimiento Preventivo para la Draga Catatumbo, la Cual Realiza Trabajos de Mantenimiento en el Canal de Maracaibo. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 1993.
 13. PEDROZA G, Henry R. Desarrollo e Implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo para una Industria Metalmeccánica. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela. 1989.
 14. PETROLEUM EXTENSION SERVICE, DIVISION OF CONTINUING EDUCATION. Rotary Drilling. The University of Texas at Austin. Austin, Texas. 1981.
 15. RIVAS GONZÁLEZ, Ernesto. Estadística General. Sexta Edición. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas, Venezuela. 1979.

-
-
16. THE WOODHOUSE PARTNERSHIP LTD & RELIABILITY CENTER INCORPORATED. Seminario Gerencial Internacional-Confiability integral del activo. Identificación de Oportunidades, Mantenimiento Centrado en la Confiability (MCC), Mantenimiento Productivo Total (TPM), Inspección Basada en Riesgo (IBR), Análisis Causa Raíz (ACR), Ingeniería de Confiability, Gerencia del Riesgo, Gerencia de Incertidumbre y luego adoptar la Gerencia Integral de Activos. ¿Cuál Usar?, ¿Cómo Usarlas?, ¿Cuánto me Costarían?, ¿Qué Obtendría a Cambio? Seminario. Caracas, Venezuela. 21 al 23 de abril de 2004.
17. WALPOLE, Ronald E. MYERS, Raymond H. Probabilidad y estadística para ingenieros. Segunda Edición. Nueva Editorial Interamericana. México, D. F. 1984.

Consultas Electrónicas.

- A. <http://www.monografias.com/trabajos13/mante/mante.shtml> “¿Que es lo último que hemos aplicado en mantenimiento? - Monografias.com” (Agosto de 2004).
- B. <http://www.cier.org.uy/aan/dc/2003/0810co/> “CIER / SIMSE CIER 2003” (Agosto de 2004).
- C. http://www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2003/Articulos/GestionModerna.htm “Sin Título” (agosto de 2004).
- D. <http://www.monografias.com/trabajos13/opema/opema.shtml> “Operaciones de mantenimiento- Monografias.com” (agosto de 2004).
- E. <http://www.monografias.com/trabajos10/implan/implan.shtml> “Plan de implantación general del RCM - Monografias.com” (agosto de 2004).
- F. <http://medusa.unimet.edu.ve/faces/fpag40/criterios.htm> “Metodología de la Investigación UNIMET” (agosto de 2004).

-
-
- G. <http://www.scn.org/ip/cds/mpfc/modules/rep-whys.htm> “¿Por qué escribir informes? Parte A de «redacción de informes». Guía para activistas comunitarios” (agosto de 2004).
- H. <http://www.uaca.ac.cr/acta/1998may/pretesis.htm> “Recomendaciones para la preparación de propuestas de tesis” (agosto de 2004).
- I. <http://lineai.entretemas.com/ArticulosAnteriores/toledo.htm> “Diseño y Evaluación de Teorías en los cursos y textos de metodología de pregrado” (agosto de 2004).
- J. <http://www2.ing.puc.cl/power/paperspdf/aarriagada.pdf> “Evaluación de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución” (agosto de 2004).
- K. <http://www.noria.com.mx/cmcm/2k3/oliverio.pdf> “Club de Mantenimiento. Revista para los gestores del mantenimiento de distribución masiva y gratuita por E-mail”. Año 2 N°6, Septiembre 2001.” (septiembre de 2004).
- L. http://www.qualitydigest.com/jan99/html/body_weibull.html “Using Microsoft Excel for Weibull Annalysis by William W. Dorner” (Octubre de 2004).
- M. http://www.weibull.com/LifeDataWeb/probability_plotting_weibull.htm “Probability Plotting for the Weibull Distribution” (Octubre de 2004).

INVENTARIO DE LOS EQUIPOS PERTENECIENTES A H&P

Equipos	Modelo	Marca	Capacidad	Serial	Codigo	Subcodigo	Codificacion	Taladro
Acumulador	TIPO 80	Koomey		1470501	354	001	354-1	113
Acumulador	TIPO 80	Koomey		11321	354	001	354-2	115
Acumulador	TIPO 80	Koomey Tipo 80	22 Botellas 3000 Psi	SN 1325	354	001	354-3	116
Acumulador	TIPO 80	Koomey Tipo 80	220 Gal	3152	354	001	354-4	127
Acumulador	TIPO 80	Koomey		14746-01	354	001	354-5	128
Acumulador	TIPO 80	Koomey Tipo 80		SN 1745	354	001	354-6	129
Acumulador					354	001	354-7	1
Acumulador	TIPO 80 3000 psi	Koomey	20 Botellas-220 Gal	SN 0748	354	006	354-8	150
Acumulador	TIPO 80	Koomey Tipo 80		1354	354	001	354-9	156
Agitador de Lodo	MA	Brandt			464	001	464-1	113
Agitador de Lodo	MA	Brandt			464	001	464-2	115
Agitador de Lodo	MA	Brand			464	001	464-3	116
Agitador de Lodo		Morse	15 HP		464	001	464-4	127
Agitador de Lodo	MA	Brandt			464	001	464-5	128
Agitador de Lodo	MA	Brandt			464	001	464-6	129
Agitador de Lodo	SPFE1525F-1	Grove Gear			464	001	464-8	156
Agitador de Lodo					464	001	464-9	1
Agitador de Lodo # 1	9721910	Lightnin	10 HP	09478522	464	001	464-16	150
Agitador de Lodo # 2	9721910	Lightnin	10 HP	09478524	464	002	464-10	150
Agitador de Lodo # 3	9721910	Lightnin	10 HP	09478525	464	003	464-11	150
Agitador de Lodo # 4	73Q10	Lightnin	10 HP	809510191	464	004	464-12	150
Agitador de Lodo # 5	9721910	Lightnin	10 HP	09478523	464	005	464-14	150
Agitador de Lodo # 6	9721910	Lightnin	10 HP	09478521	464	006	464-13	150
Agitador de Lodo # 7	9721910	Lightnin	10 HP	09478522	464	007	464-15	150
Agitador de Lodo # 8	MA10	Brandt	10 HP	PMP-464-	464	008	464-7	150
Ancla de linea Muerta					119	001	119-1	1
Ancla de linea Muerta	EB	National		01078	119	001	119-2	113
Ancla de linea Muerta	EB	National		T5454	119	001	119-3	115
Ancla de linea Muerta	131	Hercules			119	001	119-4	116
Ancla de linea Muerta	130	Hercules		114 C	119	001	119-5	127
Ancla de linea Muerta	Tipo D	National			119	001	119-6	128
Ancla de linea Muerta	EB	National		T-4784	119	001	119-7	129
Ancla de linea Muerta	130	Hercules		112-T	119	006	119-8	150
Ancla de linea Muerta	Type E	National		121-359-T	119	001	119-9	156
Anular	GK 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-1	113
Anular	GL 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-2	115
Anular	GL 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-3	116
Anular	GI 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-4	127
Anular	GK 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-5	128
Anular	GK 13 5/8"	Hydrill	5000 Lbs		353	001	353-6	129
Anular					353	001	353-7	1
Anular	GK 13 5/8"	Hydrill	5000 psi		353	000	353-8	150
Anular	GK 13-5/8"	Hydrill	3000 psi	307290	353	001	353-9	156
Bloque Corona					114	001	114-1	1
Bloque Corona	8 Poleas	Pyramid			114	001	114-2	113
Bloque Corona	8 Poleas	Pyramid			114	001	114-3	115
Bloque Corona	8 Poleas	Pyramid			114	001	114-4	116
Bloque Corona	7Poleas-1Rapida	Pyramid			114	001	114-5	127

Bloque Corona	7Poleas-1Rapida	Lee C Moore			114	001	114-6	128
Bloque Corona	7Poleas-1Rapida	Pyramid			114	001	114-7	129
Bloque Corona	7Poleas-1Rapida	Continental Emsco	1560000 lbs	PMP-114-6	114	006	114-8	150
Bloque Corona	1200	Cabot	7 Poleas	1176250036516111	114	001	114-9	156
Bloque Viajero	TB - 750	Ideco	750 Ton	54	115	001	115-1	1
Bloque Viajero	650	Oilwell	650 Ton	B-38-205	115	002	115-2	1
Bloque Viajero	B500	Oilwell	500 Ton	B - 42 - A - 201	115	007	115-3	1
Bloque Viajero					115	009	115-4	1
Bloque Viajero	RA - 60 -7-750TB	Continental Emsco	750 Ton	213	115	016	115-5	1
Bloque Viajero	TB 750	Ideco	750 Ton	54	115	001	115-6	113
Bloque Viajero	7 Poleas	Ideco	750 Ton		115	001	115-7	115
Bloque Viajero	7 Poleas	Ideco	750 Ton		115	001	115-8	116
Bloque Viajero	RP-750	Mckissck	750 Ton	PMP - 115 - 19	115	001	115-9	127
Bloque Viajero	RA-60	Continental Emsco		213	115	001	115-10	128
Bloque Viajero	TB-750	IDECO	750 Ton	83	115	001	115-11	129
Bloque Viajero	7 - 60	DRECO	750 Ton	PMP-115-14	115	014	115-12	150
Bloque Viajero	Big Shorty	Ideco			115	001	115-13	156
Bloque Viajero					115	002	115-14	127
Bloque Viajero	TB-750	IDECO		83	115	002	115-15	128
Bloque Viajero	MA - 60	Continental Emsco	750 Ton	61	115	002	115-16	129
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-1	113
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-2	115
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-3	116
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-4	127
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-5	128
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-6	129
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	000	519-7	150
Bomba Centrifuga	2500	Halco			519	001	519-8	156
Bomba Centrifuga					519	001	519-9	1
Bomba de Lodo					401	004	401-4	113
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	001	401-5	115
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	002	401-6	115
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	003	401-7	115
Bomba de Lodo					401	004	401-8	115
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	001	401-9	116
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	002	401-10	116
Bomba de Lodo	12P-160	National			401	003	401-11	116
Bomba de Lodo					401	004	401-12	116
Bomba de Lodo	12-P-160	National		10213	401	001	401-13	127
Bomba de Lodo	12-P-160	National		10292	401	002	401-14	127
Bomba de Lodo	12-P-160	National		10289	401	003	401-15	127
Bomba de Lodo	12-P-160	National		1325	401	004	401-16	127
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	001	401-17	128
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	002	401-18	128
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	003	401-19	128
Bomba de Lodo					401	004	401-20	128
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	001	401-21	129
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	002	401-22	129
Bomba de Lodo	12-P-160	National			401	003	401-23	129
Bomba de Lodo					401	004	401-24	129
Bomba de Lodo	12 - P - 160	National		1292013	401	001	401-25	1
Bomba de Lodo	12 - P - 160	National		1326N	401	002	401-26	1

Bomba de Lodo					401	003	401-27	1
Bomba de Lodo					401	004	401-28	1
Bomba de Lodo	PZ-9	Gardner Denver		079972A	401	001	401-32	156
Bomba de Lodo	PZ-9	Gardner Denver			401	002	401-33	156
Bomba de Lodo					401	003	401-34	156
Bomba de Lodo					401	004	401-35	156
Bomba de Lodo					401	005	401-36	1
Bomba de Lodo					401	006	401-37	1
Bomba de Lodo					401	007	401-38	1
Bomba de Lodo					401	008	401-39	1
Bomba de Lodo					401	009	401-40	1
Bomba de Lodo					401	010	401-41	1
Bomba de Lodo # 1	F-1600,	Continental Emsco	5500 psi	334	401	017	401-29	150
Bomba de Lodo # 2	F-1600	Continental Emsco	5500 psi	333	401	018	401-30	150
Bomba de Lodo # 3	F-1600	Continental Emsco	5500 psi	335	401	019	401-31	150
Bomba de Lodo 1	A1700-PT	Oilwell		P403A-283	401	001	401-1	113
Bomba de Lodo 2	A1700-PT	Oilwell		P403A-289	401	002	401-2	113
Bomba de Lodo 3	A1700-PT	Oilwell		P403A-217	401	003	401-3	113
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver			504	001	504-1	113
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	002	504-2	113
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	003	504-3	113
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	004	504-4	113
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	001	504-6	115
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	002	504-7	115
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	003	504-8	115
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	004	504-9	115
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	001	504-11	116
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	002	504-12	116
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	003	504-13	116
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	004	504-14	116
Compresor Reciprocante		Gardner Denver			504	001	504-16	127
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	002	504-17	127
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	003	504-18	127
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	004	504-19	127
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	001	504-21	128
Compresor Reciprocante	SSR	Gardner Denver			504	002	504-22	128
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	003	504-23	128
Compresor Reciprocante	ACL	Gardner Denver			504	004	504-24	128
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver			504	001	504-26	129
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver			504	002	504-27	129
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver			504	003	504-28	129
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver			504	004	504-29	129
Compresor Reciprocante	11232	Sullair		810N3964	504	001	504-35	156
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver		R01158	504	002	504-36	156
Compresor Reciprocante	ADL	Gardner Denver		R01145	504	003	504-37	156
Compresor Reciprocante					504	004	504-38	156
Compresor Reciprocante					504	001	504-40	1
Compresor Reciprocante					504	002	504-42	1
Compresor Reciprocante					504	003	504-44	1
Compresor Reciprocante					504	004	504-46	1
Compresor Reciprocante # 2	ADL	National		RO1747	504	002	504-33	150
Compresor Reciprocante # 3		National		PMP-504-3	504	003	504-31	150

Compresor Reciprocante Auxiliar # 4	N/A	Gander Denver		PMP-504-4	504	004	504-32	150
Compresor Rotativos	SSR	Ingersoll Rand		25856U80BI	504	005	504-5	113
Compresor Rotativos	SSR	Ingersoll Rand			504	005	504-10	115
Compresor Rotativos	EP	Ingersoll Rand			504	005	504-15	116
Compresor Rotativos	EP				504	005	504-20	127
Compresor Rotativos	SSR 250H-AACSTF	Ingersoll Rand		25863U80B	504	005	504-25	128
Compresor Rotativos	EP	Ingersoll Rand			504	005	504-30	129
Compresor Rotativos	EP				504	005	504-39	156
Compresor Rotativos					504	001	504-41	1
Compresor Rotativos					504	002	504-43	1
Compresor Rotativos					504	003	504-45	1
Compresor Rotativos					504	004	504-47	1
Compresor Rotativos # 1	220 Hoss Jackshaft Rotary	Airdyne		P.O98-623-129	504	001	504-34	150
Convertidor de Torque	C-30064 Tipo FH	National Oilwell		4580	205	001	205-1	156
Convertidor de Torque	C-30064 Tipo FH	National Oilwell		4581	205	002	205-2	156
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-1	113
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-2	115
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-3	116
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-4	127
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-5	128
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	001	301-6	129
Cuña Porta Mecha					301	001	301-7	1
Cuña Porta Mecha	DCS	Varco-BJ			301	000	301-8	150
Cuña Porta Mecha	CMS-XL	Varco			301	001	301-9	156
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-1	113
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-2	115
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-3	116
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-4	127
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-5	128
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	001	303-6	129
Cuña Revestidor					303	001	303-7	1
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco-BJ			303	000	303-8	150
Cuña Revestidor	CMS-XL	Varco			303	001	303-9	156
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-1	113
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-2	115
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-3	116
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-4	127
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-5	128
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	001	302-6	129
Cuña Tuberías					302	001	302-7	1
Cuña Tuberías	SD	Varco-BJ			302	000	302-8	150
Cuña Tuberías	SD	Varco			302	001	302-9	156
Eevador Porta Mecha	SLX / AA	Varco-BJ			306	000	306-8	150
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-1	113
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-2	115
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-3	116
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-4	127
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-5	128
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	001	307-6	129
Elavador Tubería					307	001	307-7	1
Elavador Tubería	GG	Varco-BJ			307	000	307-8	150

Elavador Tuberia	GG-MGG	BJ			307	001	307-9	156
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-1	113
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-2	115
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-3	116
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-4	127
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-5	128
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	Varco-BJ			306	001	306-6	129
Elevador Porta Mecha					306	001	306-7	1
Elevador Porta Mecha	SLX/AA	BJ			306	001	306-9	156
Elevador Revestidor					308	001	308-1	113
Elevador Revestidor					308	001	308-2	115
Elevador Revestidor					308	001	308-3	116
Elevador Revestidor					308	001	308-4	127
Elevador Revestidor					308	001	308-5	128
Elevador Revestidor					308	001	308-6	129
Elevador Revestidor					308	001	308-7	1
Elevador Revestidor					308	000	308-8	150
Elevador Revestidor	SLX-CMS-SLX				308	001	308-9	156
Estructura					151	001	151-1	1
Estructura	Cantilever	Pyramid	1,600,000 Lbs	DA-M-603-81-L	151	001	151-2	113
Estructura	Cantilever	Pyramid	1,600,000 Lbs	DA-M578-80-1	151	001	151-3	115
Estructura	Cantilever	Pyramid	1,600,000 Lbs	DB-5522-80-1	151	001	151-4	116
Estructura	Cantilever	Pyramid		DB-S716-82-2	151	001	151-5	127
Estructura	Cantilever	Lee C Moore	1,550,000 Lbs	T-3960	151	001	151-6	128
Estructura	Cantilever	Pyramid	1,600,000 Lbs		151	001	151-7	129
Estructura	Cantilever	Continental Emsco	1,650000 lbs / 150'	PMP-151-6	151	006	151-8	150
Estructura	Cabot Telescopico	IRI International	1200 HP	D7151272167	151	001	151-9	156
Freno Electrico	7838W	Baylor		RAS10416	104	001	104-1	1
Freno Electrico	7838W	Baylor		RBR7205W	104	002	104-2	1
Freno Electrico	7838W	Baylor		9212	104	003	104-3	1
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco		9110	104	001	104-4	113
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco		RHO7588W	104	001	104-5	115
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco		9288	104	001	104-6	116
Freno Electrico	15050	Dretech		8136	104	001	104-7	127
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco		RL-09455W	104	001	104-8	128
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco		RJR6291W	104	001	104-9	129
Freno Electrico	7838W	Baylor-Elmagco	250 volt DC 30000'	RHP6220W	104	007	104-10	150
Freno Electrico	V-80 Twin	Parmac		56377159239	104	001	104-11	156
Gancho	5500	BJ - Dynaplex	500 ton	979	117	004	117-1	1
Gancho	Hydra hook	Web Wilson	500 ton	24	117	006	117-2	1
Gancho	H - 650	National	650 ton	T 2276	117	007	117-3	1
Gancho	5750	BJ - Dynaplex	750 ton	124	117	016	117-4	1
Gancho					117	017	117-5	1
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	107	117	001	117-6	113
Gancho		BJ-Dynaplex	750 Ton		117	001	117-7	115
Gancho	PC	BJ-Dynaplex	750 Ton	5750	117	001	117-8	116
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	104	117	001	117-9	127
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	124	117	001	117-10	128
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton		117	001	117-11	129
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	55	117	011	117-12	150
Gancho	N/A	N/A	N/A	N/A	117	001	117-13	156

Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton		117	002	117-14	127
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	55	117	002	117-15	128
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton		117	002	117-16	129
Gancho	5750	BJ-Dynaplex	750 Ton	104	117	005	117-17	150
Generadores	1050	Kato	1050 Kw	85526-55	203	001	203-1	113
Generadores	1050	Kato	1050 Kw	85526-46	203	002	203-2	113
Generadores	1050	Kato	1050 Kw	85526-38	203	003	203-3	113
Generadores	1050	Kato	1050 Kw		203	004	203-4	113
Generadores					203	005	203-5	113
Generadores	A20N6-A	General Motors		80A1-1172	203	001	203-6	115
Generadores	A20N6-A	General Motors		80A1-1126	203	002	203-7	115
Generadores	A20N6-A	General Motors		80D1-1011	203	003	203-8	115
Generadores	A20N6-A				203	004	203-9	115
Generadores					203	005	203-10	115
Generadores	A20N6-A	General Motors		79L1-1065	203	001	203-11	116
Generadores	A20N6-A	General Motors		78H1-1124	203	002	203-12	116
Generadores	A20N6-A	General Motors		79K-1176	203	003	203-13	116
Generadores					203	004	203-14	116
Generadores					203	005	203-15	116
Generadores	1050 - 685361121	Kato	1400 KAV	84499	203	001	203-16	1
Generadores	1050 - 685361121	Kato	1400 KAV	85573-28	203	002	203-17	1
Generadores	N/A	Kato		3	203	003	203-18	1
Generadores	N/A	Kato		4	203	004	203-19	1
Generadores	1050 - 670361111	Kato	1400 KAV	137490	203	005	203-20	1
Generadores	A229140000	Kato		12674	203	006	203-21	1
Generadores	A20-N6A	EMD	2625 KVA	79L1-1049	203	011	203-22	1
Generadores	1050	Kato	1050 KW	87661-3	203	001	203-23	127
Generadores	1050	Kato	1050 KW	87661-2	203	002	203-24	127
Generadores	1050	Kato	1050 KW	87661-1	203	003	203-25	127
Generadores	1050	Kato	1050 KW	86528-13	203	004	203-26	127
Generadores	1050	Kato	1050 KW	83212-55	203	005	203-27	127
Generadores	1050	Kato	1050 KW	86528-07	203	001	203-28	128
Generadores	1050	Kato	1050 KW	84499-23	203	002	203-29	128
Generadores	1050	Kato	1050 KW	86528-08	203	003	203-30	128
Generadores	1050	Kato	1050 KW	85573-12	203	004	203-31	128
Generadores					203	005	203-32	128
Generadores	1050	Kato			203	001	203-33	129
Generadores	1050	Kato		84894-17	203	002	203-34	129
Generadores	1050	Kato		84894-3	203	003	203-35	129
Generadores	1050	Kato			203	004	203-36	129
Generadores					203	005	203-37	129
Generadores	8L38 SRCR	Caterpillar	400 Kw 1200 rpm	M350TH3292	203	001	203-42	156
Generadores	8L38 SRCR	Caterpillar	400 Kw 1200 rpm	350TH2067	203	002	203-43	156
Generadores					203	003	203-44	156
Generadores					203	004	203-45	156
Generadores					203	005	203-46	156
Generadores # 1	EMD-AB20-6-AC	General Motors	1650 HP	80J1-1109	203	027	203-38	150
Generadores # 2	EMD-AB20-6-AC	General Motors	1650 HP	80J1-1063	203	028	203-39	150
Generadores # 3	EMD-AB20-6-AC	General Motors	1650 HP	80J1-1077	203	029	203-40	150
Generadores # 4	EMD-AB20-6-AC	General Motors	1650 HP	80H1-1035	203	030	203-41	150
Guaya de Perforación					112	001	112-1	1
Guaya de Perforación					112	002	112-2	1

Guaya de Perforación					112	003	112-3	1
Guaya de Perforación					112	004	112-4	1
Guaya de Perforación					112	005	112-5	1
Guaya de Perforación					112	006	112-6	1
Guaya de Perforación					112	007	112-7	1
Guaya de Perforación					112	008	112-8	1
Guaya de Perforación					112	009	112-9	1
Guaya de Perforación					112	010	112-10	1
Guaya de Perforación	1 5/8"	Wire Rope			112	001	112-11	113
Guaya de Perforación	1 1/2"	Wire Rope			112	001	112-12	115
Guaya de Perforación	1 1/2"	Wire Rope			112	001	112-13	116
Guaya de Perforación	1 3/4"	Wire Rope			112	001	112-14	127
Guaya de Perforación	1 5/8"	Wire Rope			112	001	112-15	128
Guaya de Perforación	1 1/2"	Wire Rope			112	001	112-16	129
Guaya de Perforación	1 3/4"	Wire Rope		PMP-112-6	112	006	112-17	150
Guaya de Perforación	Eips 1-1/4"	Wireco			112	001	112-18	156
Impide Reventon Doble	Tipo U	Cameron			352	001	352-1	113
Impide Reventon Doble	Tipo U	Cameron	10000 Lbs		352	001	352-2	115
Impide Reventon Doble	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		352	001	352-3	116
Impide Reventon Doble	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		352	001	352-4	127
Impide Reventon Doble	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		352	001	352-5	128
Impide Reventon Doble	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		352	001	352-6	129
Impide Reventon Doble					352	001	352-7	1
Impide Reventon Doble	SL 13 5/8"	Shaffer	10,000 psi	4640	352	000	352-8	150
Impide Reventon Doble	Tipo U 13-5/8"	Cameron	5000 psi	2761	352	001	352-9	156
Impide Reventon Simple	Tipo U	Cameron			351	001	351-1	113
Impide Reventon Simple	Tipo U	Cameron	10000 Lbs		351	001	351-2	115
Impide Reventon Simple	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		351	001	351-3	116
Impide Reventon Simple	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		351	001	351-4	127
Impide Reventon Simple	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		351	001	351-5	128
Impide Reventon Simple	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 Lbs		351	001	351-6	129
Impide Reventon Simple					351	001	351-7	1
Impide Reventon Simple	Tipo U 13 5/8"	Cameron	10,000 psi		351	000	351-8	150
Impide Reventon Simple	N/A	N/A	N/A	N/A	351	001	351-9	156
Indicador de Peso					120	001	120-1	1
Indicador de Peso					120	001	120-2	113
Indicador de Peso					120	001	120-3	115
Indicador de Peso	E-80	Martin Decker			120	001	120-4	116
Indicador de Peso					120	001	120-5	127
Indicador de Peso					120	001	120-6	128
Indicador de Peso					120	001	120-7	129
Indicador de Peso	E-10BC	Totco	N/A	PMP-120-6	120	001	120-8	150
Indicador de Peso	EB	M/D Totco		210881	120	001	120-9	156
Kelly	Hexagonal	Drilco			256	001	256-1	113
Kelly	Hexagonal				256	001	256-2	115
Kelly	Hexagonal	Drilco			256	001	256-3	116
Kelly	N/A	N/A	N/A	N/A	256	001	256-4	127
Kelly	N/A	N/A	N/A	N/A	256	001	256-5	128
Kelly	N/A	N/A	N/A	N/A	256	001	256-6	129
Kelly					256	001	256-7	1
Kelly	N/A	N/A	N/A	N/A	256	000	256-8	150

Kelly	3 1/2" Hexagonal 40 ples	Drilco			256	001	256-9	156
Kelly Bushing	HDP	Varco			255	001	255-1	113
Kelly Bushing	HDP	Varco			255	001	255-2	115
Kelly Bushing	HDP	Varco			255	001	255-3	116
Kelly Bushing	N/A	N/A	N/A	N/A	255	001	255-4	127
Kelly Bushing	N/A	N/A	N/A	N/A	255	001	255-5	128
Kelly Bushing	N/A	N/A	N/A	N/A	255	001	255-6	129
Kelly Bushing					255	001	255-7	1
Kelly Bushing	N/A	N/A	N/A	N/A	255	000	255-8	150
Kelly Bushing	HD	Varco		3855	255	001	255-9	156
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-1	113
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-2	115
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-3	116
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-4	127
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-5	128
Llave de Fuerza	HT	Varco-BJ			309	001	309-6	129
Llave de Fuerza					309	001	309-7	1
Llave de Fuerza	HT-100	Varco-BJ	3,1/2" a 20"	NL 16819	309	003	309-8	150
Llave de Fuerza	HT	BJ		200501/94348	309	001	309-9	156
Llave de Fuerza	HT-100	Varco-BJ	3,1/2" a 20"	NL 16816	309	004	309-10	150
LlaveHidraulica	PNDG	Grayspin		019	310	001	310-1	113
LlaveHidraulica				190561	310	001	310-2	115
LlaveHidraulica	Hawk 950-A	Spin Master			310	001	310-3	116
LlaveHidraulica	Mark 20	Grayspin		0-17	310	001	310-4	127
LlaveHidraulica					310	001	310-5	128
LlaveHidraulica					310	001	310-6	129
LlaveHidraulica					310	001	310-7	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		2	310	002	310-8	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		3	310	003	310-9	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		4	310	004	310-10	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		5	310	005	310-11	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		E03880	310	006	310-12	1
LlaveHidraulica	Mark - 30	Gray Spin		019	310	007	310-13	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		8	310	008	310-14	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		10G28N1389	310	009	310-15	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		30H01C484	310	010	310-16	1
LlaveHidraulica	13000J29	Spinner Hawk		4068	310	011	310-17	1
LlaveHidraulica	13000J29	Weatherford		4073	310	012	310-18	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		30D24D499	310	013	310-19	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		14	310	014	310-20	1
LlaveHidraulica	SSW30	Varco		15	310	015	310-21	1
LlaveHidraulica	13000J29	Weatherford		4066	310	016	310-22	1
LlaveHidraulica					310	017	310-23	1
LlaveHidraulica					310	018	310-24	1
LlaveHidraulica					310	019	310-25	1
LlaveHidraulica					310	020	310-26	1
LlaveHidraulica	SSW-30	Varco	2,7/8-8" /1200 ft-lb	30D24D499	310	013	310-27	150
LlaveHidraulica	Grayspin Mark 20	Gray		027	310	001	310-28	156
Malacate					101	001	101-1	1
Malacate	1625-DE	National	3000 HP		101	001	101-2	115
Malacate	E-3000	Oilwell	30000 HP	H4673	101	001	101-3	116

Malacate	3000 E	Gardner Denver	3000 HP	DW 3094	101	001	101-4	127
Malacate	1625-M	National	3000 HP	T-2573	101	001	101-5	128
Malacate	1625-M	National	3000 HP	T-2506	101	001	101-6	129
Malacate	C-311	Continental Emsco	3000 HP	80	101	006	101-7	150
Malacate	2550	Cabot		80068-5	101	001	101-8	156
Malacate	1625-DE	National	3000 HP	H4680	101	001	101-9	113
Master Bushing					254	001	254-1	113
Master Bushing					254	001	254-2	115
Master Bushing	37 1/2"	Varco-BJ			254	001	254-3	116
Master Bushing	37 1/2."	Varco-BJ			254	001	254-4	127
Master Bushing					254	001	254-5	128
Master Bushing					254	001	254-6	129
Master Bushing					254	001	254-7	1
Master Bushing	37 1/2"	Varco		N/A	254	006	254-8	150
Master Bushing	27-1/2"x19"	Varco		71805000	254	001	254-9	156
Mesa Rotaria	C-375	National		T 2599	251	001	251-1	113
Mesa Rotaria	C-375	National			251	001	251-2	115
Mesa Rotaria	B-37½	Oilwell			251	001	251-3	116
Mesa Rotaria	27 ½	Oilwell		N/A	251	002	251-4	1
Mesa Rotaria	C - 37½	National		T 3861	251	003	251-5	1
Mesa Rotaria	27 ½	Oilwell		N/A	251	005	251-6	1
Mesa Rotaria	175 - FLR	IDECO		896	251	006	251-7	1
Mesa Rotaria	17 ½	Gardner Denver		N/A	251	007	251-8	1
Mesa Rotaria					251	008	251-9	1
Mesa Rotaria	C - 27 ½	National		4060	251	009	251-10	1
Mesa Rotaria					251	010	251-11	1
Mesa Rotaria	T-3750	Continental Emsco			251	001	251-12	127
Mesa Rotaria	C-375	National			251	001	251-13	128
Mesa Rotaria	B-37½	Oilwell	650 Ton		251	001	251-14	129
Mesa Rotaria	T-3750 / 37 1/2"	Continental Emsco	650 Ton	116	251	013	251-15	150
Mesa Rotaria	B-27½	Oilwell			251	001	251-16	156
Montacarga	966 D	Caterpillar		99Y02500	784	001	784-1	113
Montacarga	D966	Caterpillar		99Y02044	784	001	784-2	115
Montacarga	966D	Caterpillar	26500 Kg	814B	784	001	784-3	116
Montacarga	966 D	Caterpillar		22Z02174	784	001	784-4	127
Montacarga	966 D	Caterpillar		99Y01620	784	001	784-5	128
Montacarga	966 D	Caterpillar		99Y00896	784	001	784-6	129
Montacarga	N/A	N/A	N/A	N/A	784	001	784-7	150
Montacarga	N/A	N/A	N/A	N/A	784	001	784-8	156
Montacarga					784	001	784-9	1
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	36Z01735	201	001	201-1	1
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	35B3194	201	002	201-2	1
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	35B06516	201	003	201-3	1
Motor Diesel	12-645-E1	EMD	1650 HP	81H1-1043	201	004	201-4	1
Motor Diesel	12-645-E1	EMD	1650 HP	79K1-1181	201	005	201-5	1
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	35B3522	201	006	201-6	1
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	35B5911	201	007	201-7	1
Motor Diesel	3408	Caterpillar		67U08711	201	008	201-8	1
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B3574	201	001	201-9	113
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	36Z01046	201	002	201-10	113
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B1871	201	003	201-11	113
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	36Z837	201	004	201-12	113

Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	005	201-13	113
Motor Diesel	D 399	Caterpillar	1215 HP	35B06533	201	009	201-14	1
Motor Diesel					201	010	201-15	1
Motor Diesel	EMD 12-645-E1	General Motors		80-C1-1178	201	001	201-16	115
Motor Diesel	EMD 12-645-E1	General Motors		78-H1-1069	201	002	201-17	115
Motor Diesel	EMD 12-645-E1	General Motors		79-K1-1174	201	003	201-18	115
Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	004	201-19	115
Motor Diesel					201	005	201-20	115
Motor Diesel	EMD-12-645-E1	General Motors		80-C1-1178	201	001	201-21	116
Motor Diesel	EMD-12-645-E1	General Motors		78-H1-1069	201	002	201-22	116
Motor Diesel	EMD-12-645-E1	General Motors		79-K1-1174	201	003	201-23	116
Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	004	201-24	116
Motor Diesel					201	005	201-25	116
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B06512	201	001	201-26	127
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B06608	201	002	201-27	127
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	36Z01744	201	003	201-28	127
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B4202	201	004	201-29	127
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B06197	201	005	201-30	127
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B4274	201	001	201-31	128
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B06053	201	002	201-32	128
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B1105	201	003	201-33	128
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B4105	201	004	201-34	128
Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	005	201-35	128
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B04800	201	001	201-36	129
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	66B5865	201	002	201-37	129
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	35B5900	201	003	201-38	129
Motor Diesel	D399	Caterpillar	1215 HP	36Z0149	201	004	201-39	129
Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	005	201-40	129
Motor Diesel	ZT/W	Lister		PMP-201-	201	005	201-45	150
Motor Diesel	ZT/W	Lister			201	006	201-54	127
Motor Diesel # 1	12-645-E1	Genera Motors	1650 HP	80-J1-1117	201	029	201-41	150
Motor Diesel # 2	12-645-E1	Genera Motors	1650 HP	80-J1-1046	201	030	201-42	150
Motor Diesel # 3	12-645-E1	Genera Motors	1650 HP	80-J1-1073	201	031	201-43	150
Motor Diesel # 4	12-645-E1	Genera Motors	1650 HP	80-H1-1034	201	032	201-44	150
Motor Diesel Bomba 1	398	Caterpillar		66B09593	201	003	201-48	156
Motor Diesel Bomba 2	398	Caterpillar			201	004	201-49	156
Motor Diesel de la UPH	371 - 1033700	Detroit		3A81838	201	007	201-52	156
Motor Diesel del Comp Aire		Lister		US3623ST2A28	201	008	201-53	156
Motor Diesel Gen 1	D379	Caterpillar		68B5801	201	005	201-50	156
Motor Diesel Gen 2	D379	Caterpillar		68B5169	201	006	201-51	156
Motor Diesel Malacate	3412	Caterpillar		38S6023	201	001	201-46	156
Motor Diesel Malacate	3412	Caterpillar		38S08992	201	002	201-47	156
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	001	202-1	113
Motor Electrico	D79M	EMD - SE	1000 HP	75G33015	202	001	202-2	1
Motor Electrico	5 GE 752AR2A	GE - SE	1000 HP	7544005	202	002	202-3	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7503443	202	003	202-4	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7500387	202	005	202-5	1
Motor Electrico	D79MB6	EMD - SE	1000 HP	80J1-1410	202	006	202-6	1
Motor Electrico	752	GE - SE	1000 HP	743358	202	007	202-7	1
Motor Electrico	D79MB4	EMD - SE	1000 HP	80G1-1271	202	008	202-8	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7500391	202	009	202-9	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7500397	202	010	202-10	1

Motor Electrico	S752	GE - SE	1000 HP	81E0167	202	011	202-11	1
Motor Electrico	5 GE 752AR2A	Gulf Electroquip - SE	1000 HP	7532479	202	080	202-12	1
Motor Electrico	752	GE - SE	1000 HP	752184	202	081	202-13	1
Motor Electrico	752	GE - SE	1000 HP	MG81B0058	202	082	202-14	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491412	202	090	202-15	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491395	202	091	202-16	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491427	202	092	202-17	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7500373	202	093	202-18	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491428	202	094	202-19	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7503375	202	095	202-20	1
Motor Electrico	5 GE 752U6A	GE - SH	1000 HP	7537044	202	096	202-21	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491413	202	097	202-22	1
Motor Electrico	5 GE 752U6A	GE - SH	1000 HP	7532364	202	098	202-23	1
Motor Electrico	752	GE - SH	1000 HP	7488000	202	099	202-24	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7500392	202	100	202-25	1
Motor Electrico	5 GE 752R3A	GE - SH	1000 HP	7491228	202	101	202-26	1
Motor Electrico	752-RSIA	Gulf Electroquip - SE	1000 HP	9134-979	202	103	202-27	1
Motor Electrico	752-AR6A	Gulf Electroquip - SE	1000 HP	24181-9	202	104	202-28	1
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	002	202-29	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	003	202-30	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	004	202-31	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	005	202-32	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	006	202-33	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	007	202-34	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	008	202-35	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	009	202-36	113
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	010	202-37	113
Motor Electrico					202	011	202-38	113
Motor Electrico					202	012	202-39	113
Motor Electrico	EMD D79	General Motors	1000 HP		202	001	202-40	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	002	202-41	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	003	202-42	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	004	202-43	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	005	202-44	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	006	202-45	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	007	202-46	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	008	202-47	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	009	202-48	115
Motor Electrico	GE Series 752	General Electric	1000 HP		202	010	202-49	115
Motor Electrico					202	011	202-50	115
Motor Electrico					202	012	202-51	115
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	001	202-52	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	002	202-53	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	003	202-54	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	004	202-55	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	005	202-56	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	006	202-57	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	007	202-58	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	008	202-59	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	009	202-60	116
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric			202	010	202-61	116

Motor Electrico					202	011	202-62	116
Motor Electrico					202	012	202-63	116
Motor Electrico	752	GE - SE	1000 HP	1006	202	132	202-64	1
Motor Electrico	752-RSIA	Gulf Electroquip - SE	1000 HP	9137-962	202	133	202-65	1
Motor Electrico	D79	EMD - SE	1000 HP	76C-33057	202	134	202-66	1
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	001	202-67	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	002	202-68	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	003	202-69	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	004	202-70	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	005	202-71	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	006	202-72	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	007	202-73	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	008	202-74	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	009	202-75	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	010	202-76	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	011	202-77	127
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	012	202-78	127
Motor Electrico	D79	EMD - SE	1000 HP	79D1-1046	202	135	202-79	1
Motor Electrico					202	136	202-80	1
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	001	202-81	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	002	202-82	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	003	202-83	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	004	202-84	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	005	202-85	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	006	202-86	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	007	202-87	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	008	202-88	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	009	202-89	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	010	202-90	128
Motor Electrico					202	011	202-91	128
Motor Electrico					202	012	202-92	128
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	001	202-93	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	002	202-94	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	003	202-95	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	004	202-96	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	005	202-97	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	006	202-98	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	007	202-99	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	008	202-100	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	009	202-101	129
Motor Electrico	GE Serie 752	General Electric	1000 HP		202	010	202-102	129
Motor Electrico					202	011	202-103	129
Motor Electrico					202	012	202-104	129
Motor Electrico					202	001	202-115	156
Motor Electrico					202	002	202-116	156
Motor Electrico					202	003	202-117	156
Motor Electrico					202	004	202-118	156
Motor Electrico					202	005	202-119	156
Motor Electrico					202	006	202-120	156
Motor Electrico					202	007	202-121	156
Motor Electrico					202	008	202-122	156

Motor Electrico					202	009	202-123	156
Motor Electrico					202	010	202-124	156
Motor Electrico					202	011	202-125	156
Motor Electrico					202	012	202-126	156
Motor Electrico "A" Bomba Lodo # 1	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1276	202	058	202-105	150
Motor Electrico "A" Bomba Lodo # 2	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-177	202	060	202-109	150
Motor Electrico "A" Bomba Lodo # 3	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1247	202	062	202-111	150
Motor Electrico "A" Malacate.	EMD D79	General Motors	1000 HP	81D11184	202	055	202-113	150
Motor Electrico "B" Bomba Lodo # 1	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1214	202	059	202-110	150
Motor Electrico "B" Bomba Lodo # 3	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1356	202	063	202-106	150
Motor Electrico "B" Bomba Lodo #2	EMD D79	General Motors	1000 HP	112962	202	061	202-108	150
Motor Electrico "B" Malacate.	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1335	202	056	202-112	150
Motor Electrico "C" Malacate.	EMD D79	General Motors	1000 HP	80G1-1312	202	057	202-114	150
Motor Electrico Mesa Rotaria	EMD D79	General Motors	1000 HP	80J1-1410	202	000	202-107	150
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	BJ			118	001	118-1	1
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-2	113
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-3	115
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-4	116
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-5	127
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-6	128
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ			118	001	118-7	129
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ	2-3/4"x144', 350 ton	PMP-118- A	118	001	118-8	150
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco	400 Ton		118	001	118-9	156
Parrillas Elevadoras	Weldless Link	Varco-BJ	2-3/4"x144', 350 ton	PMP-118- B	118	002	118-10	150
Sistema SCR	1400	Ross Hill		5424	206	001	206-1	113
Sistema SCR	1400	Ross Hill			206	001	206-2	115
Sistema SCR	1400	Ross Hill			206	001	206-3	116
Sistema SCR					206	001	206-4	1
Sistema SCR	1400	Ross Hill			206	001	206-5	127
Sistema SCR	1400	Ross Hill			206	001	206-6	128
Sistema SCR	1400	Ross Hill			206	001	206-7	129
Sistema SCR	1400	Ross Hill	5SCR-1400Amp.	PMP-206-6	206	006	206-8	150
Sistema SCR	N/A	N/A	N/A	N/A	206	001	206-9	156
Swivel	PC - 650	Oilwell		1	116	001	116-1	1
Swivel	PC - 650	Oilwell		2	116	002	116-2	1
Swivel	PC - 650	Oilwell		3	116	003	116-3	1
Swivel	LB - 400	Continental Emsco		433	116	004	116-4	1
Swivel	PC - 300	Oilwell		5	116	005	116-5	1
Swivel	P - 300	National		6	116	006	116-6	1
Swivel	LB - 650	Continental Emsco		302	116	007	116-7	1
Swivel	PC - 300	Oilwell		8	116	008	116-8	1
Swivel	P - 650	National		T5555	116	009	116-9	1
Swivel	LB - 650	Continental Emsco		1192	116	010	116-10	1
Swivel	P - 400	National		97	116	011	116-11	1
Swivel	PC - 650	Oilwell		12	116	012	116-12	1
Swivel	P - 300	National		370	116	013	116-13	1
Swivel	LB - 500	Continental Emsco		180	116	014	116-14	1
Swivel	PC - 650	Oilwell		34-78	116	016	116-15	1
Swivel	P - 650	National		651110	116	017	116-16	1
Swivel	PC - 225	Oilwell		18	116	018	116-17	1
Swivel	PC - 300	Oilwell		S - 30 - 67	116	021	116-18	1

Swivel	LB - 650	Continental Emsco		272	116	025	116-19	1
Swivel					116	026	116-20	1
Swivel	LB - 650	Continental Emsco			116	001	116-21	113
Swivel	PC - 650	Oilwell			116	001	116-22	115
Swivel	PC - 650	Oilwell			116	001	116-23	116
Swivel	LB - 650	Continental Emsco	650 Ton	377	116	001	116-24	127
Swivel	N/A	N/A	N/A	N/A	116	001	116-25	128
Swivel	PC - 650	Oilwell	N/A	PMP-116-1	116	001	116-26	129
Swivel	N/A	N/A	N/A	N/A	116	000	116-27	150
Swivel	PC 300	Oilwell	300 Ton	NEI-174	116	001	116-28	156
Swivel	LB - 650	Continental Emsco	650 Ton	302	116	002	116-29	127
Swivel	LB - 650	Continental Emsco	650 Ton	SD-280-03	116	003	116-30	127
Top-Drive	N/A	N/A	N/A	N/A	265	001	265-1	113
Top-Drive	N/A	N/A	N/A	N/A	265	001	265-2	115
Top-Drive	N/A	N/A	N/A	N/A	265	001	265-3	116
Top-Drive	TDS-3	Varco	500 Ton	TDSK28Q036	265	001	265-4	127
Top-Drive	TDS-4S	Varco			265	001	265-5	128
Top-Drive	TDS-4S	Varco		TDS4SE20C71	265	001	265-6	129
Top-Drive					265	001	265-7	1
Top-Drive	TDS-4S	Varco		TDS4SH08D227	265	001	265-8	150
Top-Drive	N/A	N/A	N/A	N/A	265	001	265-9	156
Top-Drive	TDS-4S	Varco		TDS4SE20C71	265	002	265-10	150
Top-Drive	TDS-4S	Varco		TDS4SH08D227	265	002	265-11	129
Transmision Mesa Rotaria		National			260	001	260-1	113
Transmision Mesa Rotaria		Oilwell			260	001	260-2	115
Transmision Mesa Rotaria		Oilwell			260	001	260-3	116
Transmision Mesa Rotaria	RT3A	Continental Emsco		688550480004	260	001	260-4	127
Transmision Mesa Rotaria		National			260	001	260-5	128
Transmision Mesa Rotaria		National			260	001	260-6	129
Transmision Mesa Rotaria	RT - 2010 - D	Oilwell		2	260	002	260-7	1
Transmision Mesa Rotaria	RT - 2010 - D	Oilwell		3	260	003	260-8	1
Transmision Mesa Rotaria	C - 700	National		4	260	004	260-9	1
Transmision Mesa Rotaria	RT - 2010 - U	Oilwell		R1010B-162	260	009	260-10	1
Transmision Mesa Rotaria	RT3A	Continental Emsco		PMP-260-8	260	008	260-11	150
Transmision Mesa Rotaria	Vertical 11001608	Cabot		11221464	260	001	260-12	156
Unidad de Poder Hidraulico	N/A	N/A	N/A	N/A	511	001	511-1	113
Unidad de Poder Hidraulico	N/A	N/A	N/A	N/A	511	001	511-2	115
Unidad de Poder Hidraulico	N/A	N/A	N/A	N/A	511	001	511-3	116
Unidad de Poder Hidraulico	HP45DC	Varco		HPU45DCJ21B85	511	001	511-4	127
Unidad de Poder Hidraulico	HP45DC	Varco	3000 Psi / 90 gpm	HP45DCJ12B84	511	001	511-5	128
Unidad de Poder Hidraulico	HP45DC	Varco	3000 psi / 90 gpm	HP45DCE16C89	511	001	511-6	129
Unidad de Poder Hidraulico	HP45DC	Varco	3000 psi	HP45DC621D105	511	001	511-7	150
Unidad de Poder Hidraulico					511	001	511-8	156
Unidad de Poder Hidraulico					511	001	511-9	1
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand		PEU74620	537	001	537-1	113
Winche de Aire	Serie K	Ingersoll Rand		RFE81245	537	002	537-2	113
Winche de Aire		Ingersoll Rand			537	003	537-3	113
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand		V1715	537	001	537-4	115
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand			537	002	537-5	115
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand			537	003	537-6	115
Winche de Aire	Serie K	Ingersoll Rand			537	001	537-7	116
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand			537	002	537-8	116

Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand			537	003	537-9	116
Winche de Aire	K5UL	Ingersoll Rand			537	001	537-10	127
Winche de Aire	K5U-D501	Ingersoll Rand			537	002	537-11	127
Winche de Aire	HU40	Ingersoll Rand			537	003	537-12	127
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand		RFC-79313	537	001	537-13	128
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand		REJ-74462	537	002	537-14	128
Winche de Aire	Serie H	Ingersoll Rand			537	003	537-15	128
Winche de Aire	Serie K	Ingersoll Rand		RFE8204	537	001	537-16	129
Winche de Aire	Serie K	Ingersoll Rand		RFE8106	537	002	537-17	129
Winche de Aire	Serie K	Ingersoll Rand			537	003	537-18	129
Winche de Aire	KGU	Ingersoll Rand		RCF 81125	537	000	537-19	150
Winche de Aire	KGUL	Ingersoll Rand		RCF 84337	537	002	537-20	150
Winche de Aire		Ingersoll Rand			537	000	537-21	150
Winche de Aire	H50	Ingersoll Rand		REL76796	537	001	537-22	156
Winche de Aire	PD12-A	Braden		960140400	537	003	537-24	156
Winche de Aire					537	001	537-25	1
Winche de Aire					537	002	537-26	1
Winche de Aire					537	003	537-27	1
Winche Hidraulico	PD12-A	Braden		8001312	537	002	537-23	156



HELMERICH & PAYNE DE VENEZUELA, C. A.
MANTENIMIENTO MECANICO TALADROS

FECHA: _____
TALADRO N°: _____
MECANICO: _____
JEFE DE EQUIPO: _____

REPORTE DIARIO

CONTROL MOTORES DIESEL

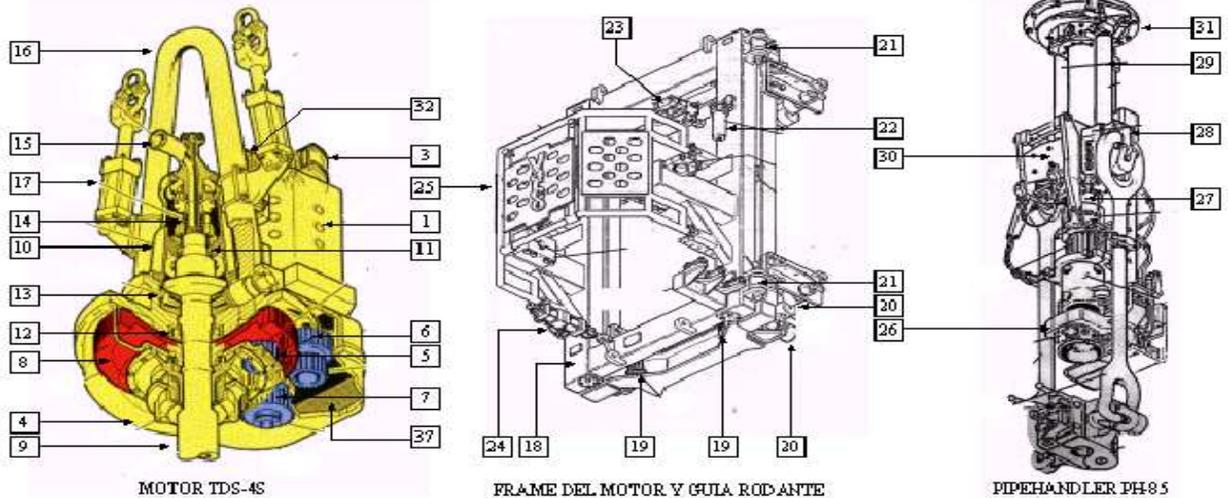
MOTORES DIESEL	LIMITES	1	2	3	4	5	Lister	CONTROL MOTORES DIESEL																																													
VELOCIDAD RPM	1200							MOTOR N°1- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°2- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°3- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°4- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°5- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°6- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°7- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°8- MODELO: _____ S/N: _____																	
PRESION ACEITE PSI	MIN 45-60							ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																					
PRESION GAS OIL	25-40							DIARIA																																													
TEMP ESCAP 120° F	MAX 1100							MOTOR N°3- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°4- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°5- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°6- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°7- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°8- MODELO: _____ S/N: _____																									
TEMP ESCAP DER F	MAX 1100							ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																					
TEMP ACEITE F	180-230							DIARIA																																													
TEMP CAMARA AGUA F	180-210							MOTOR N°5- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°6- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°7- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°8- MODELO: _____ S/N: _____																																	
AGUA RELLENO	LITROS							ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																					
CAMBIO FILTRO ACEITE	500 HR-750							DIARIA																																													
CAMBIO FILTRO GAS OIL	500 HR							MOTOR N°7- MODELO: _____ S/N: _____				MOTOR N°8- MODELO: _____ S/N: _____																																									
CAMBIO FILTRO AIRE	500 HR							ACTIVIDAD	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR	RELLENO (LTS)	HRS. DEL ACEITE	HRS. DEL MOTOR																					
FILTRACION AGUA/ACEITE	SI-NO							DIARIA																																													
ACEITE DE ARRANQUE	SAE 10							OBSERVACIONES:																																													
MOTOR EN STAND BY	5 DIAS																																																				
MUESTRA DE ACEITE	1000 HR																																																				
RADIADOR(S) SUCIO (L) LIMPIO	S/L																																																				
CORREAS / VIBRACION																																																					
BOMBAS TRIPLE X								BATIDORES DE LODO																																													
PRESION ACEITE TRANS PSI	10-40	1						NIVEL DE ACEITE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32													
PRESION ACEITE CADENAS PSI	10-40							ACEITE AGREGADO	SAE 148 (LTS)																																												
PRESION DAMPER DIS 24 PSI	900-1000							ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA																																												
PRESION DAMPER SUO PSI	10-12							FILTRACION ACEITE																																													
PRESION AGUA EN FR PSI	40-80							VIBRACION																																													
DRENADO CONDENSADO (POWER END)	DIARIO							RUIDO ANORMAL																																													
ACEITE AGREGADO	LITROS							RESPIRADORES	ABIERTOS																																												
ACEITE AGREGADO CADENA	LITROS							ENGRASE	DIARIOS																																												
LIMPIEZA/CAMBIO FILTROS ACEITE	6 MESES							VIBRADORAS																																													
RUIDO ANORMAL	SI/NO							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	INVENTARIO DE FILTROS																																			
FILTRACION ACEITE	SI/NO							ACEITE	68 LITROS																																												
ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA							BOTELLA	DIARIO/VACIAR																																												
COMPRESORES								ACEITE EN BOTELLA																																													
PRESION ACEITE	10-50							GRASA	DIARIO																																												
FILTRACION DE AIRE	SI/NO							TAPAS	DIARIO																																												
FILTRACION DE ACEITE	SI/NO							STOCK DE LUBRICANTES																																													
CORREAS								LUBRICANTES												TAMBOR																																	
DRENADO DE CONDENSADO	12 HR							DEGRASER	SI/NO																																												
LIMPIEZA FILTRO DE AIRE	7 DIAS							DEGRASER	1800																																												
ACEITE AGREGADO	ANDER OIL							DESILTER	500 LB																																												
ULTIMO CAMBIO ACEITE	FECHA							TARQUE VIAJE 1	FECHA																																												
VIBRACION ANORMAL	SI/NO							TARQUE VIAJE 2	FECHA																																												
RUIDO ANORMAL	SI/NO							CASA DE FUERZA (SCR)																																													
RUIDO ANORMAL	SI/NO							AGUA DE ENF 1																																													
LIMPIEZA DE FILTRO SEPARADOR	7 DIAS							AGUA DE ENF 2 FRENO																																													
MESA ROTARIA								STOCK DE LUBRICANTES																																													
COUPLING MESA								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
TRANSMISION								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
COUPLING MOTOR								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
MOTOR								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
MALACATE								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
CLUTOHE ALTA								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
CLUTOHE BAJA								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
COUPLING MOTOR A								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
COUPLING MOTOR B								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
COUPLING MOTOR C								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
BOMBA LUBRICADOR								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
CADENAS								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
KELLY SPINNER								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
BLOQUE VIAJERO								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
CORNIZA								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
POLEA RAPIDA								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
SWIVEL TOP DRIVE								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2	LIMP LODO	AGUA 1	AGUA 2	TEMPERATURA	°C	LUBRICANTES												TAMBOR															
GANCHO								ENGRASE	ACEITE	FUGA ACEITE	FUGA AIRE	VIBRA	RUIDO	PRESION	GAS OIL 1	GAS OIL 2	GAS OIL 3	GAS OIL 4	TARQUE AGUA 1	TARQUE AGUA 2																																	

265

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



Taladro:	Equipo: Top-Drive 001	Modelo: TDS-4S	Varco	Serial:
----------	-----------------------	----------------	-------	---------



MOTOR TDS-4S

FRAME DEL MOTOR Y GUIA RODANTE

PIPEHANDLER PH85

PROGRAMA DE INSPECCION

Fecha de Inicio:		Fecha Final:	Lugar Insp.:	Tipo de Insp.:
Ite	Nº de Parte	Descripción	Observación	
1		Motor eléctrico (rolineras superior e inferior).		
2		Válvula solenoide eléctrica.		
3		Freno de aire.		
4		Palanca indicadora de alta y baja velocidad.		
5		Engranaje del piñón del motor eléctrico.		
7		Engranaje de alta velocidad.		
8		Corona (engranaje de potencia).		
9		Eje principal del sistema de velocidad.		
10		Bonnet y soporte del motor eléctrico.		
11		Rolinera superior del top-driv		
12		Rolinera principal del top-driv		
13		Rolinera inferior del top-driv		
14		Washpipe.		
15		Cuello de ganso.		
16		Asa (soporte del cuerpo).		
17		Sistema contrabalance (cilindro de alineación).		
18		Frame del motor eléctrico.		
19		Manifold de lubricación.		
20		Rodillos de las guías.		
21		Bisagra y pasadores.		
22		Filtro de presión hidráulica.		
23		Manifold contrabalance.		
24		Cilindro alineador del motor eléctrico.		
25		Protector.		
26		Llave de torque (torque wrench).		
27		Válvula IBOP y actuador.		
28		Adaptadores de las parrillas.		
29		Torque arrestors.		
30		Extendedores de las parrillas (link tilt).		
31		Cabeza de rotación.		
32		Sistema de enfriamiento (blower-ductos-filtro de aire).		
33		Consola del perforador e instrumentación (rpm-luces		
34		Panel de transferencia		
35		Unidad de control de purga de aire.		
36		Bomba de lubricación de aceite- motor eléctrico.		
37		Carter y filtro de aceite (10 - 20 gal /37,5 - 75 lts).		

Observaciones:

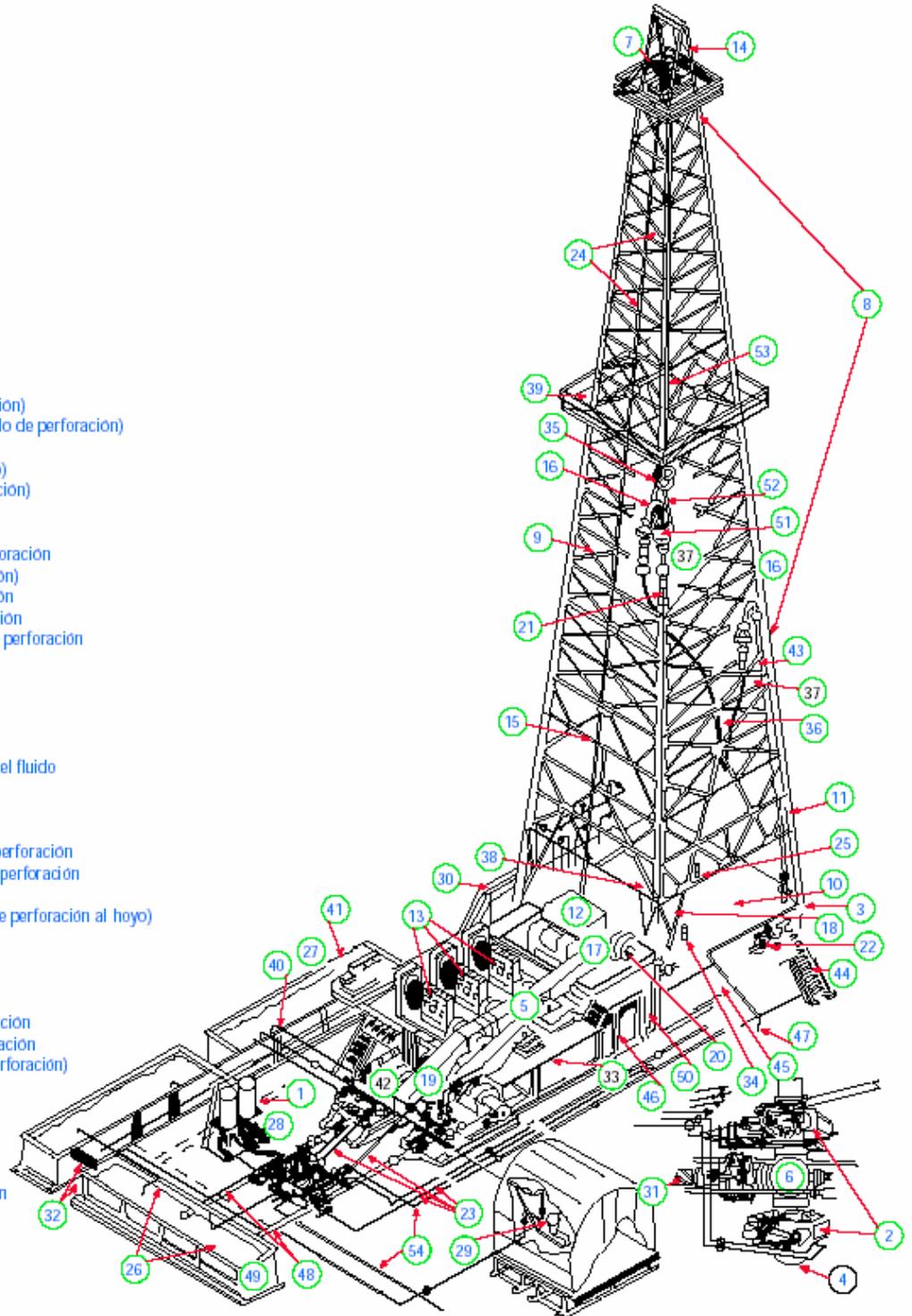
Supervisor de Mecánic

Superintendente del Equipo:

Superintendente de Mantenimiento

1. Cilindros para aire
2. Impidierreventones
3. Base para la pata
4. Brida del cabezal
5. Engranajes de transmisión
6. Cruceta de acoplamiento
7. Comisa (poleas fijas)
8. Cabria o torre
9. Refuerzo diagonal (travesaño)
10. Piso de la torre
11. Pata de la cabria
12. Malacate
13. Motores (diesel, gas, eléctricos)
14. Caballete
15. Travesaño (horizontal)
16. Conexión acodada
17. Guardacadena
18. Guardatransmisión (de la colisa)
19. Guardatransmisión (de las bombas)
20. Freno hidráulico
21. Junta kelly
22. Tuberia de colmado (fluido de perforación)
23. Tubertas de descarga (bombas del fluido de perforación)
24. Cable de perforación
(enlaza malacate-cornisa-bloque viajero)
25. Hoyo de encaje (para tubos de perforación)
26. Batidores fijos, fluido de perforación
27. Batidor giratorio, fluido de perforación
28. Multiple de la tuberia del fluido de perforación
29. Tolva (para mezclar fluido de perforación)
30. Canal del descarga, fluido de perforación
31. Tuberia de descarga, fluido de perforación
32. Conexiones entre tanques del fluido de perforación
33. Piso de la subestructura de motores
34. Hoyo de descanso (kelly)
35. Gancho polea viajera
36. Manguera del fluido de perforación
(empalme junta rotatoria-subiente)
37. Cadena de seguridad de la manguera del fluido de perforación
38. Colisa
39. Encuelladero
40. Tanque de asentamiento del fluido de perforación
41. Cernidor vibratorio de rípi y fluido de perforación
42. Bombas del fluido de perforación
43. Subiente (tuberia para mandar fluido de perforación al hoyo)
44. Escalera
45. Subestructura de la cabria
46. Subestructura del malacate
47. Subestructura de la rampa
48. Tuberia de succión de fluido de perforación
49. Tanque para succionar fluido de perforación
50. Cámara de amortiguación (fluido de perforación)
51. Junta giratoria
52. Asa de la junta giratoria
53. Bloque viajero
54. Tuberia para suministro de agua.

Fuente: Galveston - Houston Co., Petroleum Engineer International, march, 1981.





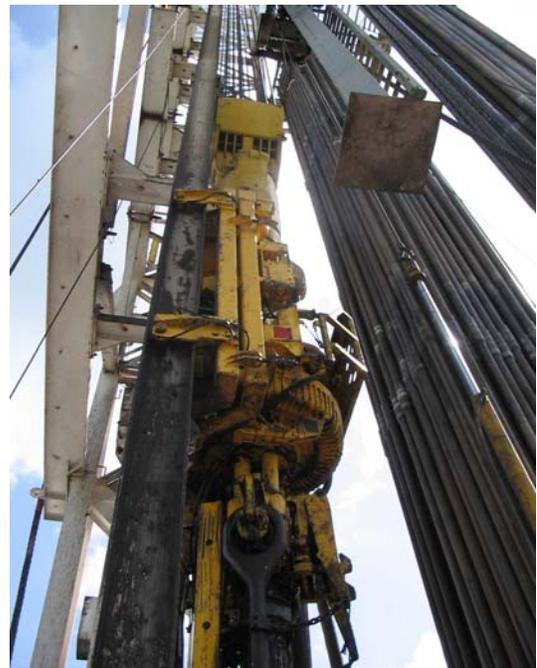
Buggy



Bombas Centrífugas



Llave Hidráulica



Top Drive



Motores Eléctricos DC



Múltiple de Ahogo



Planchada y Mesa Rotaria



Winches Neumáticos



Elevador de tubería



Carreto de Guaya de Perforación



Compresor de Arranque



Motor Diesel de Arranque

FALLA DEL TOP DRIVE 265-7 DEL HP-113 JUNIO 2004

El 15 de junio de 2004 el Top Drive presentó la siguiente falla: Destrucción del rodamiento cónico inferior del eje principal por falta de lubricación. Al momento de realizarle una inspección al Sistema de lubricación, el motor eléctrico de la bomba de aceite quedó instalado de manera incorrecta, originando así un flujo contrario al normal. Se accionó el sistema de alarma del flujo de aceite, pero el supervisor de 24 horas hizo caso omiso de dicha alarma, y la desconectó con ayuda del electricista del taladro. Se siguió operando hasta que falló el rodamiento. Esta falla originó una pérdida de tiempo de aprox. 85 horas, generando grandes pérdidas de producción. Además, el costo de reparación fue cercano a los US\$ 9000.



Motor eléctrico y bomba de aceite



Eje principal y engranajes de la transmisión



Engranajes de la transmisión



Eje principal



Rodamiento cónico inferior del eje principal



Rodamiento cónico inferior del eje principal



Rodamiento cónico inferior del eje principal



Rodamiento cónico inferior del eje principal desarmado

MANTENIMIENTO ESPECIAL DEL MALACATE 101-7

A este malacate se le realizó un mantenimiento correctivo especial. Estaba inoperativo bajo malas condiciones de almacenaje en el Patio Anaco. Este mantenimiento consistió en reemplazos de cadenas, limpieza del tambor del freno de bandas, cambio de tacos de las bandas e inspección de los motores eléctricos, entre otros.



Malacate, vista posterior



Malacate, vista anterior



Consola del Perforador



Panel de control



Motor eléctrico DC



Banda de Freno



Cadenas



Cadena



Diafragma de clutche



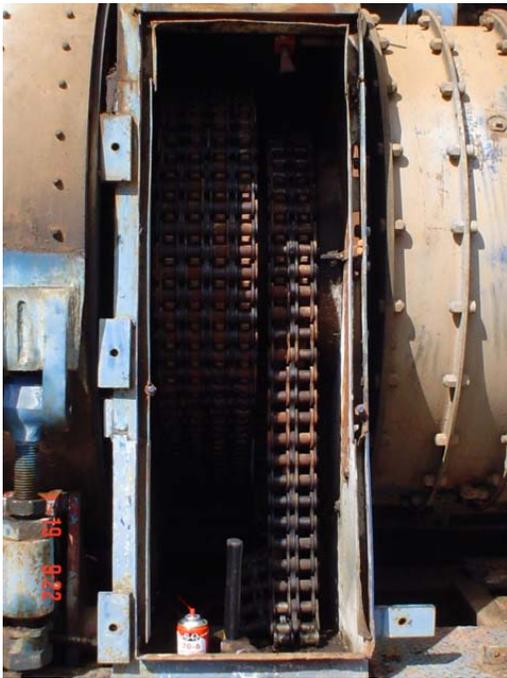
Tacos de clutche



Escopetas auxiliares



Transmisión por cadenas



Cadenas



Rotor de un motor eléctrico DC



Escobillas de un motor eléctrico DC

ENCUESTAS DE CRITICIDAD



Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad

AREA	HP-113
PERSONA ENTREVISTADA	Dee Brown
FECHA	26/09/2004
Propósito de este trabajo: La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.	

Nivel de Improducción de la Instalación		4	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
Sistema de Potencia.			3	0,5	2	3	35	30	216
Sistema de Izamiento.			3	1	6	3	35	0	186
Sistema de Rotación.			6	1	6	10	35	30	594
Sistema de Circulación.			4	0,3	2	5	35	30	289,6
Herramientas Auxiliares.			1	0,05	1	3	35	0	38,2
Sistema de Seguridad.			3	1	2	5	35	30	234



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-115	Propósito de este trabajo:
PERSONA ENTREVISTADA	Dee Brown	La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.
FECHA	26/09/2004	

Nivel de Improducción de la Instalación		2	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
Sistema de Potencia.			1	0,5	1	3	35	30	69
Sistema de Izamiento.			4	1	2	3	35	0	152
Sistema de Rotación.			6	1	4	3	35	30	408
Sistema de Circulación.			3	0,3	1	3	35	30	204
Herramientas Auxiliares.			3	0,05	1	3	35	0	114
Sistema de Seguridad.			4	1	4	5	35	30	280



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-116	Propósito de este trabajo: La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.
PERSONA ENTREVISTADA	Ted Medanich	
FECHA	29/09/2004	

Nivel de Improducción de la Instalación		4						
Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad	
Sistema de Potencia.	3	0,5	2	3	35	30	216	
Sistema de Izamiento.	3	1	1	5	35	0	120	
Sistema de Rotación.	3	1	2	5	35	30	210	
Sistema de Circulación.	3	0,3	2	5	35	30	210	
Herramientas Auxiliares.	1	0,05	1	3	35	0	38	
Sistema de Seguridad.	1	1	2	5	35	30	70	



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-127	Propósito de este trabajo:
PERSONA ENTREVISTADA	Clifton Johnson	La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.
FECHA	27/09/2004	

Nivel de Improducción de la Instalación		6	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
Sistema de Potencia.			1	0,5	1	3	35	30	71
Sistema de Izamiento.			4	1	4	3	35	0	152
Sistema de Rotación.			6	1	6	3	35	30	408
Sistema de Circulación.			4	0,3	4	3	35	30	272
Herramientas Auxiliares.			1	0,05	1	3	35	0	38
Sistema de Seguridad.			3	1	4	3	35	30	204



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-128
PERSONA ENTREVISTADA	Tommy Merrell
FECHA	02/10/2004

Propósito de este trabajo:

La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.

Nivel de Imroducción de la Instalación 2

Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
Sistema de Potencia.	1	0,5	1	3	35	30	69
Sistema de Izamiento.	3	1	2	5	35	0	120
Sistema de Rotación.	4	1	4	5	35	30	280
Sistema de Circulación.	1	0,3	1	5	35	30	70
Herramientas Auxiliares.	1	0,05	1	3	35	0	38
Sistema de Seguridad.	1	1	2	5	35	30	70



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-129
PERSONA ENTREVISTADA	Tommy Merrell
FECHA	02/10/2004

Propósito de este trabajo:

La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.

Nivel de Improducción de la Instalación		1						
Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad	
Sistema de Potencia.	1	0,5	1	3	35	30	68,5	
Sistema de Izamiento.	3	1	4	5	35	0	120	
Sistema de Rotación.	4	1	4	5	35	30	280	
Sistema de Circulación.	3	0,3	1	3	35	30	204	
Herramientas Auxiliares.	1	0,05	1	3	35	0	38	
Sistema de Seguridad.	3	1	2	5	35	30	210	



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-150	Propósito de este trabajo:
PERSONA ENTREVISTADA	Robin Shackelford	La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.
FECHA	10/10/2004	

Nivel de Improducción de la Instalación	4	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad
Sistema de Potencia.		3	0,5	1	3	35	30	210
Sistema de Izamiento.		4	1	4	5	35	0	160
Sistema de Rotación.		6	1	6	5	35	30	420
Sistema de Circulación.		6	0,3	2	3	35	30	408
Herramientas Auxiliares.		3	0,05	1	3	35	0	114
Sistema de Seguridad.		3	1	4	5	35	30	210



**Departamento de Mantenimiento
Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
Encuesta de Evaluación de Criticidad**

AREA	HP-153	Propósito de este trabajo:
PERSONA ENTREVISTADA	Dennis Corrigan	La información recolectada servirá para estandarizar y realizar trabajos asociados a confiabilidad y priorizar órdenes de trabajo de mantenimiento y operaciones.
FECHA	19/10/2004	

Nivel de Improducción de la Instalación		2						
Sistema	Frecuencia de la falla	Impacto de Producción	Tiempo Promedio para Reparar	Costo de Reparación	Impacto en Seguridad	Impacto Ambiental	Criticidad	
Sistema de Potencia.	1	0,5	1	3	35	30	69	
Sistema de Izamiento.	3	1	2	5	35	0	120	
Sistema de Rotación.	3	1	2	3	35	30	204	
Sistema de Circulación.	3	0,3	1	3	35	30	204	
Herramientas Auxiliares.	1	0,05	1	3	35	0	38	
Sistema de Seguridad.	1	1	1	3	35	30	68	

TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(ln(1/(1-Rango Medio)))	ln(TMEF)
1384,22	1	0,067307692	1,072164948	-2,663843085	7,232893688
2317,33	2	0,163461538	1,195402299	-1,72326315	7,748172378
5890,83	3	0,259615385	1,350649351	-1,202023115	8,681151618
9871,67	4	0,355769231	1,552238806	-0,821666515	9,19742398
10668,67	5	0,451923077	1,824561404	-0,508595394	9,275066376
11086,33	6	0,548076923	2,212765957	-0,230365445	9,313466397
18750,00	7	0,644230769	2,810810811	0,032924962	9,838949031
26812,00	8	0,740384615	3,851851852	0,299032932	10,19660483

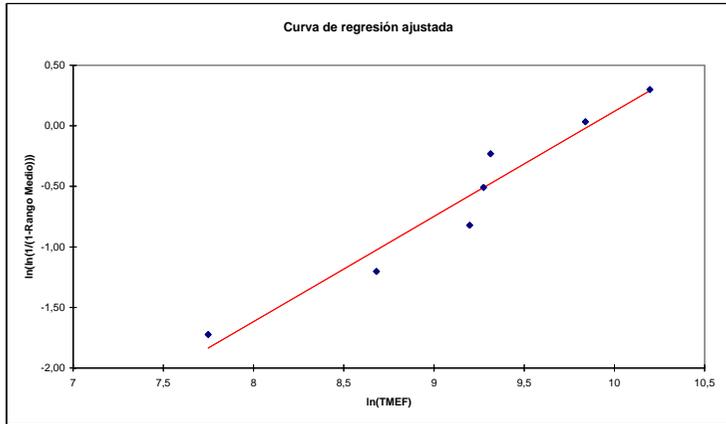
Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,972022899
Coefficiente de determinación R^2	0,944828517
R^2 ajustado	0,93379422
Error típico	0,182753583
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2,859829477	2,859829477	85,6265283	0,000247697
Residuos	5	0,166994361	0,033398872		
Total	6	3,026823839			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	7,232893688	0,86223583	9,253460342	0,000247697	0,627033834	1,109413331	0,627033834	1,109413331
Beta (Parámetro de forma)=	0,86223583							
alfa (Vida Característica)=	19190,70009							



Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico -2,66384308538817	Residuos
1	-1,835432201	0,112169051
2	-1,025397623	-0,176625482
3	-0,577157783	-0,244508732
4	-0,509746824	0,00115143
5	-0,476405283	0,246039838
6	-0,020170604	0,053095566
7	0,290354592	0,008678339

TMEF	R(t)=exp(-t/alfa)*beta	excel's dist.weibull	1-excel's Dist. Weibull
0	1	0	1
10000	0,566757265	0,433242735	0,566757265
20000	0,354688938	0,645311062	0,354688938
30000	0,229035356	0,770964544	0,229035356
40000	0,150759835	0,849240165	0,150759835
50000	0,100605222	0,899394778	0,100605222
60000	0,06785115	0,93214885	0,06785115
70000	0,046156016	0,953843984	0,046156016
80000	0,031625052	0,968374948	0,031625052
90000	0,021803396	0,978196604	0,021803396
100000	0,015113661	0,984886339	0,015113661
110000	0,010526947	0,989473053	0,010526947
120000	0,007363908	0,992636092	0,007363908
130000	0,005171437	0,994828563	0,005171437
140000	0,003644717	0,996355283	0,003644717
150000	0,002577159	0,997422841	0,002577159
160000	0,001827832	0,998172168	0,001827832
170000	0,001300038	0,998699962	0,001300038
180000	0,000927084	0,999072916	0,000927084
190000	0,000662756	0,99937244	0,000662756
200000	0,000474893	0,999525107	0,000474893
210000	0,000341028	0,999658972	0,000341028
220000	0,000245405	0,999754595	0,000245405
230000	0,000176942	0,999823058	0,000176942
240000	0,000127817	0,999872183	0,000127817
250000	9,2496E-05	0,999907504	9,2496E-05
260000	6,70493E-05	0,999932951	6,70493E-05
270000	4,86824E-05	0,999951318	4,86824E-05
280000	3,5402E-05	0,999964598	3,5402E-05
290000	2,57829E-05	0,999974217	2,57829E-05
300000	1,88045E-05	0,999981196	1,88045E-05
310000	1,37338E-05	0,999986266	1,37338E-05
320000	1,00439E-05	0,999989956	1,00439E-05
330000	7,35475E-06	0,999992645	7,35475E-06
340000	5,39231E-06	0,999994608	5,39231E-06
350000	3,95825E-06	0,999996042	3,95825E-06
360000	2,90895E-06	0,999997091	2,90895E-06
370000	2,14022E-06	0,99999786	2,14022E-06
380000	1,57636E-06	0,999998424	1,57636E-06
390000	1,16228E-06	0,999998838	1,16228E-06
400000	8,57853E-07	0,999999142	8,57853E-07

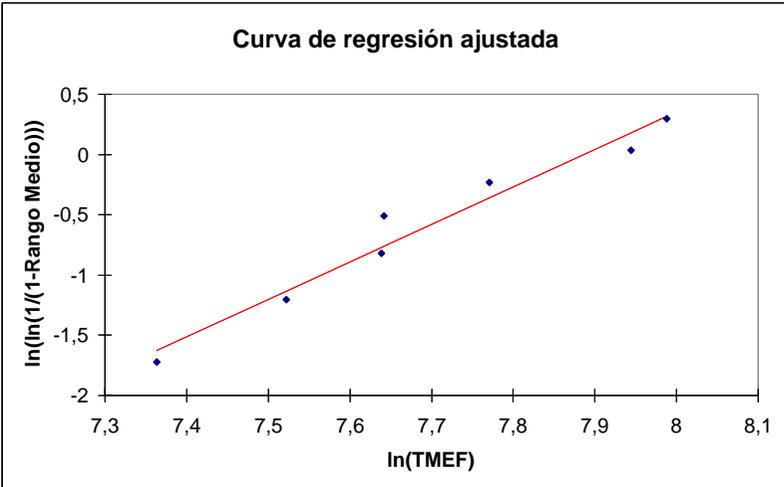
para 4 años

0,815033627

TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(ln(1/(1-Rango Medio)))	ln(TMEF)
1013.83	1	0.067307692	1.072164948	-2.663843085	6.921493805
1577.18	2	0.163461538	1.195402299	-1.72326315	7.363391483
1847.72	3	0.259615385	1.350649351	-1.202023115	7.521708928
2076.33	4	0.355769231	1.552238806	-0.821666651	7.638358797
2083.33	5	0.451923077	1.824561404	-0.508595394	7.641724454
2370.81	6	0.548076923	2.212765957	-0.230365445	7.770988979
2820.48	7	0.644230769	2.810810811	0.032924962	7.944661012
2945.41	8	0.740384615	3.851851852	0.299032932	7.988004437

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.980153204
Coefficiente de determinación R^2	0.960700304
R^2 ajustado	0.952840365
Error típico	0.154242184
Observaciones	7



ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2.907870582	2.907870582	122.2274473	0.00010545
Residuos	5	0.118953257	0.023790651		
Total	6	3.026823839			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-24.5525018	2.167917961	-11.32538327	9.38489E-05	-30.12531233	-18.97969127	-30.12531233	-18.97969127
Beta (Parámetro de forma)= alfa (Vida Característica)=	3.113368746 2660.190053	0.28160878	11.05655228	0.00010545	2.389470333	3.83726716	2.389470333	3.83726716

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico -2.66384308538817	Residuos
1	-1.627548893	-0.095714257
2	-1.134648309	-0.067374806
3	-0.771474254	-0.050192261
4	-0.760995722	0.252400328
5	-0.35854759	0.128182146
6	0.182157488	-0.149232527
7	0.317101555	-0.018068623

TMEF R(t)=exp(-1/alfa)^bet excel's dist.weib 1-excel's Dist. Weibull

0								
100	0.99996338	3.66196E-05	0	0.99996338				
200	0.999683138	0.000316862	0.999683138	0.999683138				
300	0.99880736	0.001119264	0.99880736	0.99880736				
400	0.997261197	0.002738803	0.997261197	0.997261197				
500	0.994521264	0.005478736	0.994521264	0.994521264				
600	0.990355262	0.009644738	0.990355262	0.990355262				
700	0.984460862	0.015539138	0.984460862	0.984460862				
800	0.976545295	0.023454705	0.976545295	0.976545295				
900	0.966332203	0.033667797	0.966332203	0.966332203				
1000	0.953569092	0.046430908	0.953569092	0.953569092				
1100	0.938035278	0.061964722	0.938035278	0.938035278				
1200	0.919550086	0.080449914	0.919550086	0.919550086				
1300	0.897981026	0.102018974	0.897981026	0.897981026				
1400	0.873251545	0.126748455	0.873251545	0.873251545				
1500	0.845947972	0.154652028	0.845947972	0.845947972				
1600	0.814325172	0.185674828	0.814325172	0.814325172				
1700	0.778310485	0.219689515	0.778310485	0.778310485				
1800	0.743505485	0.256494515	0.743505485	0.743505485				
1900	0.704185216	0.295814784	0.704185216	0.704185216				
2000	0.662694618	0.337305382	0.662694618	0.662694618				
2100	0.619442	0.380558	0.619442	0.619442				
2200	0.574889584	0.425110416	0.574889584	0.574889584				
2300	0.529541318	0.470458682	0.529541318	0.529541318				
2400	0.483928351	0.516071649	0.483928351	0.483928351				
2500	0.438592742	0.561407258	0.438592742	0.438592742				
2600	0.39407016	0.60592984	0.39407016	0.39407016				
2700	0.350872395	0.649127605	0.350872395	0.350872395				
2800	0.309470654	0.690529346	0.309470654	0.309470654				
2900	0.270280507	0.729719493	0.270280507	0.270280507				
3000	0.233649381	0.766350619	0.233649381	0.233649381				
3100	0.199847265	0.800152735	0.199847265	0.199847265				
3200	0.169061146	0.830938854	0.169061146	0.169061146				
3300	0.141393409	0.858606591	0.141393409	0.141393409				
3400	0.116864175	0.883135825	0.116864175	0.116864175				
3500	0.09541728	0.90458272	0.09541728	0.09541728				
3600	0.076929341	0.923070659	0.076929341	0.076929341				
3700	0.061221183	0.938778817	0.061221183	0.061221183				
3800	0.048070758	0.951929242	0.048070758	0.048070758				
3900	0.037226661	0.962773339	0.037226661	0.037226661				
4000	0.028421356	0.971578644	0.028421356	0.028421356				
4100	0.021383381	0.978616619	0.021383381	0.021383381				
4200	0.015847895	0.984152105	0.015847895	0.015847895				
4300	0.011565187	0.988434813	0.011565187	0.011565187				
4400	0.008306946	0.991693054	0.008306946	0.008306946				
4500	0.005870284	0.994129716	0.005870284	0.005870284				
4600	0.004079685	0.995920315	0.004079685	0.004079685				
4700	0.002787176	0.997212824	0.002787176	0.002787176				
4800	0.00187108	0.99812892	0.00187108	0.00187108				
4900	0.001233758	0.998766242	0.001233758	0.001233758				
5000	0.000798723	0.999201277	0.000798723	0.000798723				
5100	0.00050747	0.99949253	0.00050747	0.00050747				
5200	0.000316293	0.999683707	0.000316293	0.000316293				
5300	0.000193309	0.999806691	0.000193309	0.000193309				
5400	0.000115802	0.999884198	0.000115802	0.000115802				
5500	6.79671E-05	0.999932033	6.79671E-05	6.79671E-05				
5600	3.90675E-05	0.999960932	3.90675E-05	3.90675E-05				
5700	2.19829E-05	0.999978017	2.19829E-05	2.19829E-05				
5800	1.21037E-05	0.999987896	1.21037E-05	1.21037E-05				
5900	6.51834E-06	0.999993482	6.51834E-06	6.51834E-06				
6000	3.43204E-06	0.999996568	3.43204E-06	3.43204E-06				
6100	1.76596E-06	0.999998234	1.76596E-06	1.76596E-06				
6200	8.7637E-07	0.999999112	8.7637E-07	8.7637E-07				
6300	4.35644E-07	0.999999564	4.35644E-07	4.35644E-07				
6400	2.08681E-07	0.999999791	2.08681E-07	2.08681E-07				
6500	9.75223E-08	0.999999902	9.75223E-08	9.75223E-08				
6600	4.44432E-08	0.999999956	4.44432E-08	4.44432E-08				
6700	1.97425E-08	0.99999998	1.97425E-08	1.97425E-08				
6800	8.54488E-09	0.999999991	8.54488E-09	8.54488E-09				
6900	3.60187E-09	0.999999996	3.60187E-09	3.60187E-09				
7000	1.47803E-09	0.999999999	1.47803E-09	1.47803E-09				
7100	5.90172E-10	0.999999999	5.90172E-10	5.90172E-10				
7200	2.29208E-10	1	2.29208E-10	2.29208E-10				
7300	8.65456E-11	1	8.65456E-11	8.65456E-11				
7400	3.17567E-11	1	3.17567E-11	3.17567E-11				
7500	1.13191E-11	1	1.13191E-11	1.13191E-11				
7600	3.91728E-12	1	3.91728E-12	3.91728E-12				
7700	1.31572E-12	1	1.31572E-12	1.31572E-12				

Taladro

TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(1/(1-Rango Medio))	ln(TMEF)
300,40	1	0,067307692	1,072164948	-2,663843085	5,705098481
788,59	2	0,163461538	1,195402299	-1,72326315	6,670244303
821,21	3	0,259615385	1,350649351	-1,202023115	6,710778712
981,80	4	0,355769231	1,552238806	-0,821666515	6,889392148
987,17	5	0,451923077	1,824561404	-0,508595394	6,894838887
1132,55	6	0,548076923	2,212765957	-0,230365445	7,032222993
1255,14	7	0,644230769	2,810810811	0,032924962	7,135000212
2083,33	8	0,740384615	3,851851852	0,299032932	7,641724454

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,881947329
Coefficiente de determinación R^2	0,77783109
R^2 ajustado	0,733397309
Error típico	0,366733187
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2,354357687	2,354357687	17,5053992	0,008622034
Residuos	5	0,672466152	0,13449323		
Total	6	3,026823839			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-13,94300778	3,193678587	-4,365814342	0,007250518	-22,15261994	-5,733395616	-22,15261994	-5,733395616
Beta (Parámetro de forma)= alfa (Vida Característica)=	5,705098481 1,908088248 1491,172638	1,908088248 0,456049986	4,183945411	0,008622034	0,735774437	3,080402058	0,735774437	3,080402058

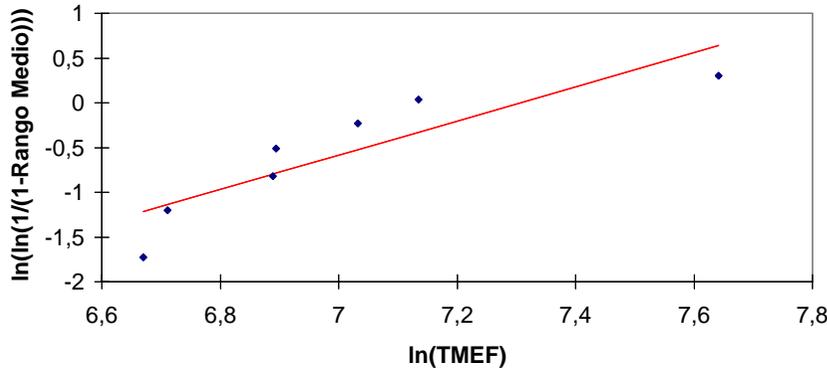
Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico -2,66384308538817	Residuos
1	-1,215593015	-0,507670136
2	-1,138249785	-0,06377333
3	-0,797439586	-0,024226929
4	-0,787046278	0,278451334
5	-0,52490573	0,294540285
6	-0,328797726	0,361722688
7	0,638076845	-0,339043913

TMEF R(t)=exp(-t/alfa)^be excel's dist.weil 1-excel's Dist. Weibull

TMEF	0	1	0	1
100	0,994251509	0,005748491	0,994251509	
200	0,978595405	0,021404595	0,978595405	
300	0,954180568	0,045819432	0,954180568	
400	0,92200363	0,07799637	0,92200363	
500	0,883107163	0,116892837	0,883107163	
600	0,838592919	0,161407081	0,838592919	
700	0,789602591	0,210397409	0,789602591	
800	0,737288621	0,262711379	0,737288621	
900	0,682782679	0,317217321	0,682782679	
1000	0,627165477	0,372834523	0,627165477	
1100	0,571440101	0,428559899	0,571440101	
1200	0,516510171	0,483489829	0,516510171	
1300	0,463163576	0,536836424	0,463163576	
1400	0,412062043	0,587937957	0,412062043	
1500	0,363736436	0,636263564	0,363736436	
1600	0,318587344	0,681412656	0,318587344	
1700	0,276890318	0,723109682	0,276890318	
1800	0,238804912	0,761195088	0,238804912	
1900	0,204386664	0,79561336	0,204386664	
2000	0,173600918	0,826399082	0,173600918	
2100	0,146338085	0,853661915	0,146338085	
2200	0,122428717	0,877571283	0,122428717	
2300	0,101658526	0,898341474	0,101658526	
2400	0,083782289	0,916217711	0,083782289	
2500	0,068536391	0,931463609	0,068536391	
2600	0,055649719	0,944350281	0,055649719	
2700	0,044852749	0,955147251	0,044852749	
2800	0,03588481	0,96411519	0,03588481	
2900	0,028499577	0,971500423	0,028499577	
3000	0,022468944	0,977531056	0,022468944	
3100	0,017585442	0,982414558	0,017585442	
3200	0,013663433	0,986336567	0,013663433	
3300	0,010539294	0,989460706	0,010539294	
3400	0,008070813	0,991929187	0,008070813	
3500	0,006136005	0,993863995	0,006136005	
3600	0,004631538	0,995368462	0,004631538	
3700	0,003470914	0,996529086	0,003470914	
3800	0,002582554	0,997417446	0,002582554	
3900	0,001907874	0,998092126	0,001907874	
4000	0,001399432	0,998600568	0,001399432	
8000	1,94281E-11	1	1,94281E-11	

Curva de regresión ajustada



Taladro

TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(ln(1/(1-Rango Medio)))	ln(TMEF)
853.75	1	0,067307692	1,072164948	-2,663843085	6,749643548
1779.71	2	0,163461538	1,195402299	-1,72326315	7,484208117
2062.46	3	0,259615385	1,350649351	-1,202023115	7,63165547
2103.87	4	0,355769231	1,552238806	-0,821666515	7,6515322
2133.73	5	0,451923077	1,824561404	-0,508595394	7,665628463
4434.53	6	0,548076923	2,212765957	-0,230365445	8,397177666
4687.50	7	0,644230769	2,810810811	0,032924962	8,45265467
9871.67	8	0,740384615	3,851851852	0,299032932	9,19742398

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,87384236
Coefficiente de determinación R ²	0,76360046
R ² ajustado	0,71632056
Error típico	0,37829612
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	de cuadrado de los cua	F	valor crítico de F
Regresión	1	2,31128408	2,31128408	16,1506336
Residuos	5	0,71553975	0,14310795	
Total	6	3,02682384		

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-8,51402527	1,97607456	-4,30855466	0,00765311	-13,5936866	-3,4343639	-13,5936866	-3,4343639
	6,749643548	0,98165626	0,24426692	4,0187851	0,01013297	0,35374815	1,60956437	0,35374815

Beta (Parámetro de forma)= **0,98165626**
 alfa (Vida Característica)= **5843,71937**

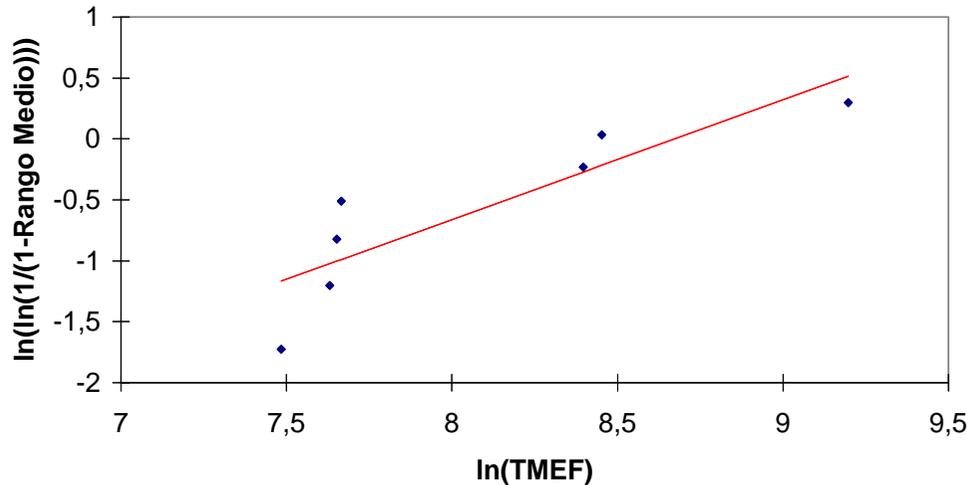
Análisis de los residuales

Observación	co	-2,66384308	Residuos
1	-1,1671055		-0,55615765
2	-1,02236288		-0,17966024
3	-1,00285076		0,18118425
4	-0,98901308		0,48041768
5	-0,27088322		0,04051778
6	-0,21642387		0,24934883
7	0,51468359		-0,21565065

TMEF R(t)=exp(-t/alfa) excel's dist.w 1-excel's Dist. Weibull

TMEF	0	1	0	1
10000	0,18369873	0,81630127	0,18369873	
20000	0,03522147	0,96477853	0,03522147	
30000	0,00686063	0,99313937	0,00686063	
40000	0,00135001	0,99864999	0,00135001	
50000	0,00026765	0,99973235	0,00026765	
60000	5,3383E-05	0,99994662	5,3383E-05	
70000	1,07E-05	0,9999893	1,07E-05	
80000	2,1537E-06	0,99999785	2,1537E-06	
90000	4,351E-07	0,99999956	4,351E-07	
100000	8,8189E-08	0,99999991	8,8189E-08	
110000	1,7927E-08	0,99999998	1,7927E-08	
120000	3,654E-09	1	3,654E-09	
130000	7,4657E-10	1	7,4657E-10	
140000	1,5288E-10	1	1,5288E-10	
150000	3,1372E-11	1	3,1372E-11	
160000	6,45E-12	1	6,4501E-12	
170000	1,3285E-12	1	1,3285E-12	
180000	2,7411E-13	1	2,7411E-13	
190000	5,6647E-14	1	5,6621E-14	
200000	1,1724E-14	1	1,1768E-14	
210000	2,4301E-15	1	2,4425E-15	
220000	5,0439E-16	1	0	
230000	1,0483E-16	1	0	
240000	2,1814E-17	1	0	
250000	4,5446E-18	1	0	
260000	9,4792E-19	1	0	
270000	1,9793E-19	1	0	
280000	4,1375E-20	1	0	
290000	8,6575E-21	1	0	
300000	1,8134E-21	1	0	
310000	3,8018E-22	1	0	
320000	7,978E-23	1	0	
330000	1,6757E-23	1	0	
340000	3,5226E-24	1	0	
350000	7,4113E-25	1	0	
360000	1,5606E-25	1	0	
370000	3,2887E-26	1	0	
380000	6,9357E-27	1	0	
390000	1,4638E-27	1	0	
400000	3,0917E-28	1	0	

Curva de regresión ajustada



TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(ln(1/(1-Rango Medio)))	ln(TMEF)
3167,52	1	0,067307692	1,072164948	-2,663843085	8,060705429
3244,27	2	0,163461538	1,195402299	-1,72326315	8,084644615
4152,67	3	0,259615385	1,350649351	-1,202023115	8,331505977
4935,83	4	0,355769231	1,552238806	-0,821666515	8,504276799
26812,00	5	0,451923077	1,824561404	-0,508595394	10,19660483
29454,13	6	0,548076923	2,212765957	-0,230365445	10,29058953
35063,24	7	0,644230769	2,810810811	0,032924962	10,46490857
35063,24	8	0,740384615	3,851851852	0,299032932	10,46490857

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,923420203
Coefficiente de determinación R^2	0,85270487
R^2 ajustado	0,823245845
Error típico	0,298608911
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

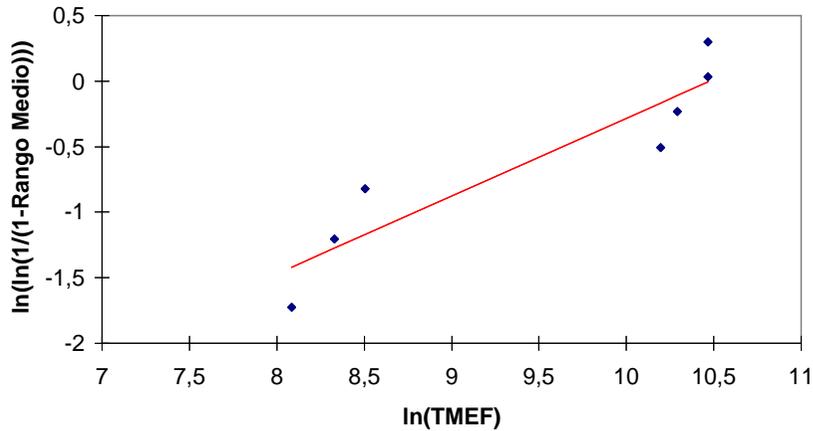
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2,580987429	2,580987429	28,9454537	0,0029901
Residuos	5	0,445836409	0,089167282		
Total	6	3,026823839			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	8,060705429	0,593444203	0,110303606	0,0029901	0,309899756	0,87698865	0,309899756	0,87698865
Beta (Parámetro de forma)=	0,593444203							
alfa (Vida Característica)=	35480,55169							

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico -2,66384308538817	Residuos
1	-1,41957513	-0,30368802
2	-1,273076686	0,07105357
3	-1,170546843	0,348880328
4	-0,166244585	-0,342350808
5	-0,110469909	-0,119895536
6	-0,007021287	0,039946249
7	-0,007021287	0,306054218

Curva de regresión ajustada



TMEF	R(t)=exp(-t/alfa)^b excel's dist.wr 1-excel's Dist. Weibull			
	0	1	0	1
10000	0,623977579	0,37602242	0,62397758	
20000	0,490842131	0,50915787	0,49084213	
30000	0,404451118	0,59554888	0,40445112	
40000	0,341726975	0,65827303	0,34172697	
50000	0,293529841	0,70647016	0,29352984	
60000	0,255165502	0,7448345	0,2551655	
70000	0,223871424	0,77612858	0,22387142	
80000	0,19787662	0,80212338	0,19787662	
90000	0,17597645	0,82402355	0,17597645	
100000	0,157314951	0,84268505	0,15731495	
110000	0,141263148	0,85873685	0,14126315	
120000	0,127346358	0,87265364	0,12734636	
130000	0,115198466	0,88480153	0,11519847	
140000	0,104531939	0,89546806	0,10453194	
150000	0,095117478	0,90488252	0,09511748	
160000	0,086769808	0,91323019	0,08676981	
170000	0,079337514	0,92066249	0,07933751	
180000	0,072695612	0,92730439	0,07269561	
190000	0,066740019	0,93325998	0,06674002	
200000	0,061383376	0,93861662	0,06138338	
210000	0,056551841	0,94344816	0,05655184	
220000	0,052182597	0,9478174	0,0521826	
230000	0,048221898	0,9517781	0,0482219	
240000	0,044623515	0,95537648	0,04462352	
250000	0,041347494	0,95865251	0,04134749	
260000	0,038359147	0,96164085	0,03835915	
270000	0,035628236	0,96437176	0,03562824	
280000	0,033128303	0,9668717	0,0331283	
290000	0,030836111	0,96916389	0,03083611	
300000	0,028731191	0,97126881	0,02873119	
310000	0,026795451	0,97320455	0,02679545	
320000	0,025012855	0,97498714	0,02501286	
330000	0,023369154	0,97663085	0,02336915	
340000	0,02185165	0,97814835	0,02185165	
350000	0,020449002	0,979551	0,020449	
360000	0,01915106	0,98084894	0,01915106	
370000	0,017948715	0,98205128	0,01794872	
380000	0,016833781	0,98316622	0,01683378	
390000	0,015798885	0,98420112	0,01579888	
400000	0,014837372	0,98516263	0,01483737	

Sistema de
Potencia

Taladro

TMEF (hrs)	Número de Orden	Rango Medio	1/(1-Rango Medio)	ln(ln(1/(1-Rango Medio)))	ln(TMEF)
1478,18	1	0,067307692	1,072164948	-2,663843085	7,298565377
2681,20	2	0,163461538	1,195402299	-1,72326315	7,894019734
2703,56	3	0,259615385	1,350649351	-1,202023115	7,902323058
3048,19	4	0,355769231	1,552238806	-0,821666515	8,022303407
9818,04	5	0,451923077	1,824561404	-0,508595394	9,191977241
12458,00	6	0,548076923	2,212765957	-0,230365445	9,430118266
19743,33	7	0,644230769	2,810810811	0,032924962	9,890571161
35063,25	8	0,740384615	3,851851852	0,299032932	10,46490885

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,939206757
Coefficiente de determinación R^2	0,882109333
R^2 ajustado	0,858531199
Error típico	0,267145759
Observaciones	7

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	2,669989556	2,669989556	37,41217823	0,001693555
Residuos	5	0,356834283	0,071366857		
Total	6	3,026823839			

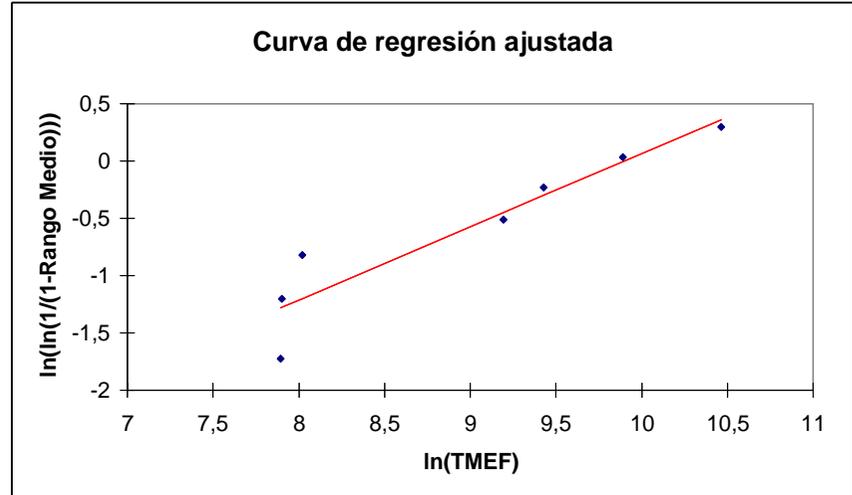
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	-6,325807093	0,942616146	-6,710904665	0,001112389	-8,748879036	-3,902735151	-8,748879036	-3,902735151
Beta (Parámetro de forma)=	7,298565377	0,638998539	0,104470427	6,116549536	0,001693555	0,370448758	0,90754832	0,370448758
alfa (Vida Característica)=	0,638998539							
	19921,68773							

Análisis de los residuales

Observación	Pronóstico -2,66384308538817	Residuos
1	-1,281540017	-0,441723133
2	-1,276234205	0,07421109
3	-1,199566938	0,377900422
4	-0,452147066	-0,056448327
5	-0,2999753	0,069609855
6	-0,005746573	0,038671535
7	0,361254373	-0,062221441

TMEF R(t)=exp(-t/alfa)^b excel's dist.weil 1-excel's Dist. Weibull

TMEF	0	1	0	1
10000	0,525308035	0,474691965	0,525308035	
20000	0,366957175	0,633042825	0,366957175	
30000	0,272803094	0,727196906	0,272803094	
40000	0,209893148	0,790106852	0,209893148	
50000	0,165230831	0,834769169	0,165230831	
60000	0,132274933	0,867725067	0,132274933	
70000	0,107284214	0,892715786	0,107284214	
80000	0,087939356	0,912060644	0,087939356	
90000	0,072719743	0,927280257	0,072719743	
100000	0,060586248	0,939413752	0,060586248	
110000	0,050805667	0,949194333	0,050805667	
120000	0,042847239	0,957152761	0,042847239	
130000	0,036318608	0,963681392	0,036318608	
140000	0,030924596	0,969075404	0,030924596	
150000	0,026439798	0,973560202	0,026439798	
160000	0,022689856	0,977310144	0,022689856	
170000	0,019538374	0,980461626	0,019538374	
180000	0,016877596	0,983122404	0,016877596	
190000	0,014621634	0,985378366	0,014621634	
200000	0,01270149	0,98729851	0,01270149	
210000	0,011061338	0,988938662	0,011061338	
220000	0,009655717	0,990344283	0,009655717	
230000	0,008447388	0,991552612	0,008447388	
240000	0,007405678	0,992594322	0,007405678	
250000	0,006505203	0,993494797	0,006505203	
260000	0,005724853	0,994275147	0,005724853	
270000	0,005046999	0,994953001	0,005046999	
280000	0,004456863	0,995543137	0,004456863	
290000	0,003942006	0,996057994	0,003942006	
300000	0,003491925	0,996508075	0,003491925	
310000	0,003097723	0,996902277	0,003097723	
320000	0,002751836	0,997248164	0,002751836	
330000	0,00244782	0,99755218	0,00244782	
340000	0,002180167	0,997819833	0,002180167	
350000	0,001944156	0,998055844	0,001944156	
360000	0,001735735	0,998264265	0,001735735	
370000	0,001551411	0,998448589	0,001551411	
380000	0,001388174	0,998611826	0,001388174	
390000	0,001243419	0,998756581	0,001243419	
400000	0,00111489	0,99888511	0,00111489	



Sistema	Parámetro de Forma	Vida Característica
Potencia	0,868223583	19190,70009
Izamiento	3,113368746	2660,190053
Rotación	1,908088248	1491,172638
Circulación	0,981656263	5843,719368
Herramientas Auxiliares	0,593444203	35480,55169
Seguridad	0,638998539	19921,68773

Sistema	Confiabilidad en 4 años	Confiabilidad del Equipo entero de Perforación
Potencia	0,18514424	1,643015777
Izamiento	0	
Rotación	3,9065E-180	
Circulación	0,00302038	
Herramientas Auxiliares	0,370607152	
Seguridad	0,238229611	

