

**ANALISIS, CAUSA Y EFECTOS DE FALLAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS
Y ELÉCTRONICOS DE UN EQUIPO DE WORKOVER**

**STEFANY KARINA PEREZ CARDONA
LUIS EDUARDO PINZON FERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2013**

**ANALISIS, CAUSA Y EFECTOS DE FALLAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS
Y ELÉCTRONICOS DE UN EQUIPO DE WORKOVER**

**STEFANY KARINA PEREZ CARDONA
LUIS EDUARDO PINZON FERNANDEZ**

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**Director: Ramiro Candela Herrera
Especialista en Gerencia de la Producción Mejoramiento Continuo**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2013**

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida

A mi padre Jose Manuel Perez Valdez (Q.E.P.D), por ser mi motivación.

A mi madre Dilia Rosa Cardona Herrera, por su comprensión y apoyo.

A mi hermano Nolasco de Jesús Perez Cardona, por ser mi motor e impulso.

A mi amor de vida por permitirme sacrificar tiempo que podía darle y dedicarlo al estudio y poder subir un escalón más de la escalera del crecimiento profesional y personal.

Stefany Karina Perez Cardona

DEDICATORIA

A Dios por dame la oportunidad de existir

A mi madre Edelmira pinzón Fernández por apoyarme siempre

A mis hermanos Steven y Brian por ser una motivación

Al amor de mi vida Lorena castellanos por su comprensión y amor incondicional

A toda mi familia por su cariño e unión.

Luis Eduardo Pinzón Fernández

AGRADECIMIENTOS

Al ingeniero Ramiro Candela Herrera quien brindó su apoyo incondicional y permitió desarrollar la propuesta. A la Universidad Industrial de Santander – UIS – por construir en nosotros personas profesionalmente integras e idóneas para el ejercicio de esta especialización.

A Isnardo Gonzalez Jaimes, por su colaboración absoluta dentro del desarrollo de este trabajo, quien siempre estuvo atento a nuestras dudas y dispuesto a brindar su apoyo. A nuestros profesores porque sin ellos no habiéramos logrado los conocimientos que hoy en día se ven reflejados en este trabajo y a futuro en nuestra vida profesional.

A Marco Fidel Pinzón Azuero y Carlos Ernesto Pinzón Azuero por darme la oportunidad de entrar a Varisur y cia Ltda.

A Juan Diego Medina Tovar por su colaboración en el desarrollo de recolección de información para la monografía

A todas las personas que con su amistad, confianza y consejos ayudaron a lograr esta meta.

A las empresas Independence S.A y Varisur Ltda. por brindar el tiempo necesario para el desarrollo de monografía y asistencia a clases.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS EN EQUIPOS DE WORKOVER.	17
1.1 RESEÑA HISTORICA.....	18
1.2 PROBLEMÁTICA.....	20
1.3 CAMPOS DE APLICACIÓN.....	22
1.3.1 Trabajos de Workover.....	23
1.3.2 Plano esquemático de un equipo de Workover.....	26
1.3.3 Mapa geográfico de los campos en Colombia donde operan equipos de Workover.....	27
2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS DEL EQUIPO DE WORKOVER.....	28
2.1 UNIDAD BÁSICA.....	28
2.1.1 Definición.....	28
2.1.2 Componentes eléctricos y electrónicos.....	28
2.1.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos.....	29
2.2 BOMBA DE LODOS.....	44
2.2.1 Definición.....	44
2.2.2 Componentes eléctricos y electrónicos.....	45
2.2.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos.....	45
2.3 GENERADORES.....	46
2.3.1 Definición.....	46

2.3.2	Componentes eléctricos y electrónicos.....	46
2.3.3	Funciones de los componentes eléctricos.. y electrónicos.....	47
2.4	TANQUES DE LODOS.....	54
2.4.1	Definición.....	54
2.4.2	Componentes eléctricos y electrónicos.....	54
2.4.3	Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos.....	55
2.5	ACUMULADOR.....	57
2.5.1	Definición.....	57
2.5.2	Componentes eléctricos y electrónicos.....	58
2.5.3	Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos.....	58
2.6	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	63
2.6.1	Definición.....	63
2.6.2	Componentes eléctricos.....	63
2.6.3	Funciones de los componentes eléctricos.....	63
2.7	SISTEMA DE APANTALLAMIENTO.....	65
2.7.1	Definición.....	65
2.7.2	Componentes eléctricos.....	66
2.7.3	Funciones de los componentes eléctricos.....	66
3.	FMEA (Análisis, modos y efectos de falla).....	67
3.1	FMEA COMO PARTE DE LA METODOLOGIA DEL RCM.....	67
3.1.1	Método.....	71
3.1.2	Fronteras.....	72
3.1.3	Funciones.....	78
3.1.4	Fallas funcionales.....	79
3.1.5	Modos de falla.....	80
3.1.6	Efectos de modos de falla y análisis de efecto.....	81
4.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	83
4.1	SOFTWARE DE DETECCION DE FALLAS.....	83

4.1.1 DDDL.....	84
4.1.2 Allison doc.	85
5. MODELO PROPUESTO.....	87
6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACION.....	88
7. MODELO DE GESTION.....	89
8. CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	91
ANEXOS.....	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Equipos eléctricos y electrónicos.....	17
Figura 2. Gonzalo Jiménez de Quesada.....	18
Figura 3. Equipos de Workover.....	20
Figura 4. Especificaciones tecnológicas de equipos de Workover.....	23
Figura 5. Equipo de Workover en 3D.....	24
Figura 6. Plano esquemático equipo de Workover.....	25
Figura 7. Mapa geográfico donde operan equipos de Workover.....	26
Figura 8. Convenciones.....	27
Figura 9. Esquemático unidad básica.....	28
Figura 10. Motor Detroit diésel serie 60 y transmisión Allison serie 4000....	29
Figura 11. Módulo de control electrónico.....	33
Figura 12. Sensores del motor al ECM.....	34
Figura 13. Arnés de inyectores.....	35
Figura 14. Unidad de control electrónica.....	35
Figura 15. Conexión de arnés de poder.....	36
Figura 16. Conexión de arnés de comunicación.....	37
Figura 17. Interfaz de vehículo.....	38
Figura 18. Sistema de comunicación Bag Bone.....	43
Figura 19. Bomba de lodos.....	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 20. Generadores.....	46
Figura 21. Unidades de control.....	47
Figura 22. Sistema de control DEPSEA 7320.....	48
Figura 23. Terminales y conexiones DEPSEA 7320.....	49
Figura 24. Circuito esquemático del sistema depsea.....	50
Figura 25. Tablero eléctrico de 440V.....	52
Figura 26. Tablero eléctrico de 220V.....	53
Figura 27. Transformador 440/220 V.....	54
Figura 28. Tanques de lodos.....	55
Figura 29. Motor eléctrico de 7.5 HP.....	56
Figura 30. Motor eléctrico de 40 HP.....	57
Figura 31. Comparación entre métodos de arranque de un motor eléctrico..	57
Figura 32. Arrancador suave Emotron.....	58
Figura 33. Esquemático de una unidad de acumulador.....	59
Figura 34. Control Pointer.....	60
Figura 35. PLC del panel de control.....	61
Figura 36. Control electrónico.....	62
Figura 37. Conexión de arrancadores suaves.....	63
Figura 38. Malla de tierra	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 39. Hoja definición de funciones	69
Figura 40. Hoja de RCM.....	70
Figura 41. Siete preguntas de RCM.....	71
Figura 42. Flujograma de implantación de FMEA.....	72
Figura 43. Plano esquemático de fronteras.....	74
Figura 44..Cuadro sistemas, subsistemas y equipos eléctricos y electrónicos.....	75
Figura 45. Diagrama de bloques sistemas.	76
Figura 46. Diagrama de bloques sistema de generación.....	76
Figura 47. Diagrama de bloques sistema de prevención.....	77
Figura 48. Diagrama de bloques sistema de lodos.....	77
Figura 49. Diagrama de bloques sistema de levante.....	78
Figura 50. Diagrama de bloques sistema de protección eléctrica.....	78
Figura 51. DDDL pantalla de Inicio	85
Figura 52. DDDL muestra parámetros.....	85
Figura 53. Inicio Software Allison DOC.....	86
Figura 54. Matriz de riesgo.....	88

RESUMEN

TÍTULO: ANALISIS, CAUSA Y EFECTOS DE FALLAS DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS DE UN EQUIPO DE WORKOVER*

AUTORES: STEFANY KARINA PEREZ CARDONA
LUIS EDUARDO PINZÓN FRNANDEZ**

PALABRAS CLAVES: FMEA, WORKOVER, ECM, TCM

DESCRIPCIÓN:

El análisis FMEA de los sistemas eléctricos y electrónicos de un equipo de workover Inicialmente, la problemática en Colombia es que estos equipos son relativamente nuevos y el personal operativo no está debidamente capacitado y ni existe mucha información. Estos equipos llegan al país en los años 90 y sus beneficios han mejorado los procesos operativos inmensamente. El análisis comienza con una breve definición de las maquinas (unidad básica, bomba de lodos, generador, acumulador, tanque de lodos y los sistemas de apantallamiento y puesta a tierra) con sistemas eléctricos y electrónicos que hacen parte de un equipo de workover, además una descripción de cada uno de los dispositivos eléctricos y electrónicos que las conforman con sus funciones. Realizamos una explicación del método del FMECA sus partes y su método el cual aplicamos para realizar el análisis de modos, causas y efectos de falla en cada uno de los sistemas y dispositivos eléctricos y electrónicos por ultimo. Además mencionamos los beneficios del software de diagnóstico para los motores electrónicos y transmisiones electrónicas que son dos de los principales equipos a estudiar y analizar y sus módulos de control electrónico (ECM Y TCM). Para finalizar concluimos las ventajas y los beneficios de realizar un FMECA a este tipo de equipos.

La información recolectada para el análisis del FMECA es netamente del poder intelectual de los miembros de la monografía y es recopilada de su experiencia laboral con estos equipos y sistemas.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en gerencia de mantenimiento.
Director: Ramiro Candela, Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TÍTULO: FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS OF THE SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS DE UNA MÁQUINA DE WORKOVER*

AUTHORS: STEFANY KARINA PEREZ CARDONA
LUIS EDUARDO PINZÓN FRNANDEZ**

KEYWORDS: FMEA, WORKOVER. TCM.ECM

SUBJET OR DESCRIPTION:

FMEA analysis of electrical systems and electronic equipment workover Initially, the problem in Colombia is that these devices are relatively new and operational staff is not properly trained and nor is there much information. These teams enter the country in the 90s and its benefits have improved immensely operational processes. The analysis begins with a brief definition of the machine (base unit, mud pump, generator, battery, tank sludge and screening systems and ground) with electrical and electronic systems that are part of a team of workover, well a description of each electrical and electronic devices that conform to their functions. We conducted an explanation of parts FMECA method and the method which we apply for the analysis of modes, causes and effects of failure in each of the systems and electrical and electronic devices finally. Besides the benefits mentioned diagnostic software for electronic motors and electronic transmissions which are two of the top teams to study and analyze and electronic control modules (ECM AND TCM). Finally we conclude the advantages and benefits of FMECA to perform this type of equipment.

The information collected for the analysis of FMECA is purely intellectual power of the members of the monograph and is compiled from work experience with the equipment and systems

* Monograph

** School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization.
Director: Ramiro Candela, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

1. SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS EN EQUIPOS DE WORKOVER.

A continuación se listan los equipos eléctricos y electrónicos importantes para la operación objeto de análisis en esta monografía, teniendo en cuenta el mantenimiento que ha de realizarse y el riesgo que representan.

Figura 1. Equipos eléctricos y electrónicos

SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS EN EQUIPOS DE WORKOVER			
SISTEMA DE LEVANTE	UNIDAD BÁSICA	ELECTRONICO	Motor detroit diesel serie 60 DDEC V Transmision allison electronica serie 5000 Electrohidraulico parker Frenos ABS Electroneumatico air spring Comunicación back bone
		ELECTRICO	Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V
SISTEMA DE LODOS	BOMBA DE LODOS	ELECTRONICO	Motor detroit diesel serie 60 DDEC V Transmision allison electronica serie 5000 Comunicación bag bone
		ELECTRICO	Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V
	TANQUE DE LODOS	ELECTRICO	Motor electrico 7.5 HP Motor electrico 40HP Arrancador suave Emotron
SISTEMA DE GENERACIÓN	GENERADOR	ELECTRONICO	Motor deutz SD-200 Generador stanford UCI 27 Control DEPSEA 7320
		ELECTRICO	Motor de arranque deutz 1183677 12V Tablero electrico de 440V Tablero electrico de 220V Transformador 440V/220V
SIST. DE PREVENCIÓN	ACUMULADOR	ELECTRONICO	Compresor somar 20HP Control Pointer
		ELECTRICO	Motor electrico 40HP Arrancador suave Emotron
SIST. PROTECCIÓN ELECTRICA	PUESTA A TIERRA	ELECTRICO	Malla de tierra
	APANTALLAMIENTO	ELECTRICO	Pararrayo-bajante-tierra

1.1 RESEÑA HISTORICA.

La presencia del petróleo en Colombia se remonta desde mucho antes de lo que se considera como el inicio de la industria del petróleo en el mundo. Tal fecha es aceptada como la perforación del pozo del Coronel Drake en Titusville, a mediados del siglo XIX.¹

Durante la conquista, el Licenciado Gonzalo Jiménez de Quesada, Fundador de Santa Fe de Bogotá, fue el primero en reportar la presencia de “oro negro” en los afloramientos de petróleo del Valle Medio del Rio Magdalena lugar conocido con el nombre de La Tora, donde habitaba la comunidad de los Yarigués. En este sitio, en donde se encuentran hoy Barrancabermeja y las instalaciones industriales más importantes de Ecopetrol, la expedición española encontró un líquido negruzco que brotaba de la tierra.¹

Figura 2. Gonzalo Jiménez de Quesada



Fuente: http://www.alip.org/docs/Historias/breve_historia_petrolera_colombia.pdf.pdf

Antes de esa época, en el Siglo XVI; los indígenas utilizaban ese petróleo para calafatear sus embarcaciones, prender sus hornos, y aún con fines medicinales, como fortalecer las piernas y controlar el cansancio. Para finales del siglo XIX, en el año 1883, se perforó cerca de Barranquilla, el primer pozo de petróleo Tubará, por dos líderes en exploración: Manuel María Palacio y Diego López, asesorados por el geólogo Luis Stiffler, que perforaron un pozo que llegó a producir 50 barriles por día, del precioso líquido.¹

Por la misma época, se construyó y se puso en marcha, en el año 1909, la primera refinería, Cartagena Oil Refining, para procesar crudo importado y con una capacidad de 400 barriles por día.¹

¹ ACIPET, Asociación colombiana de ingenieros de petróleos. Historia del petróleo en Colombia. P.1. Available from Internet: http://www.alip.org/docs/Historias/breve_historia_petrolera_colombia.pdf.pdf

En la búsqueda y extracción de hidrocarburos Colombia ha pasado de un sistema de concesión a un contrato de asociación con variables como el Factor R. Que, cien años después de los primeros hallazgos comerciales de crudo, cuenta con un modelo de contrato de exploración, mantenimiento y producción muy competitivo internacionalmente.²

Los pozos perforados son reactivados después utilizando equipos de workover (mantenimiento y reparación del pozo).³

² ECOPETROL. Reseña histórica .P.1. Available from Internet:
<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoymundo/petroleoencolombia.htm>

³ Nota de los autores.

1.2 PROBLEMATICA.

Figura 3. Equipos de Workover



Colombia es un país rico en recursos naturales, posee gran diversidad de ellos, en especial recursos hidrocarburos, los cuales son explotados en su mayoría por empresas privadas.

En la industria encontramos una importante área, la petrolera. Esta parte del campo industrial, es generadora de grandes riquezas tanto económicas como productivas, que benefician a los usuarios.

El alto precio del barril de petróleo ha originado una elevada inversión para el diseño, construcción y compra-venta de quipos de Workover. La rápida recuperación de inversión ha ocasionado una fuerte competencia entre este tipo de empresas.

En los últimos años y como consecuencia inmediata del desarrollo tecnológico en el mundo a Colombia y al sector petrolero como tal, han llegado nuevos equipos (Rig) de los cuales no se tiene mucha información de sus fallas y su funcionamiento.

Estos equipos están principalmente conformados por sistemas eléctricos y electrónicos de los que no existe mucha documentación y son primordiales en las operaciones. La necesidad de conocer estos sistemas en mayor detalle en las compañías privadas dedicadas a este negocio es algo primordial tanto en el departamento de mantenimiento como el departamento de operaciones.⁴

Debido a que son equipos portátiles, es decir, se mueven de hacia los distintos pozos con bastante frecuencia, lo cual trae consigo daños por efectos climáticos, humanas y operacionales que los hacen tendientes a constantes fallas, que se ven reflejadas en los indicadores de mantenibilidad, confiabilidad, y disponibilidad de la operación prestada en los diferentes campos petroleros existentes en Colombia.⁴

Estas fallas generan pérdidas de tiempo operacional, que es la variable más significativa en este tipo de servicios, pues de esta dependen las utilidades de las compañías privadas dedicadas a esta labor.⁴

El petróleo es uno de los productos naturales de mayor influencia y generación de recursos tanto económicos como energéticos a nivel mundial, ya que de él, los pueblos han obtenido desarrollo tecnológico, económico y de negociación a través de la evolución de las formas de tratamiento y comercialización que, en su faceta ideal, tienen a suplir las necesidades de la población y sus herramientas de bienestar.⁴

Es por esto que permanentemente, los involucrados en el mundo petrolero deben contribuir en la búsqueda de los métodos de optimización de los procesos de producción, transportación, almacenamiento y uso del petróleo⁴

Los campos petroleros utilizan generalmente sistemas eléctricos y electrónicos independientes de la red local para su operación, que deben respetar rigurosas normas nacionales e internacionales para cumplir con tres objetivos esenciales: seguridad al personal, operación continua y mínimo impacto al medio ambiente, debido a estas exigencias es necesario que en el diseño se empleen materiales y equipos de última tecnología, lográndose con esto una rápida construcción y puesta en marcha de estos.⁴Teniendo en cuenta lo sensible que son estos sistemas en campo abierto por cambios climatológicos y cualquier falla de estos, se considera catastrófica, pues conllevaría a parar la operación.⁴

Se pretende establecer las distintas causas, efectos y modos de fallas de los sistemas eléctricos y electrónicos de un equipo de Workover que apunte a reducir los tiempos de indisponibilidad, y establecer tareas de mantenimiento que permitan actuar preventivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse en estos equipos.⁴

⁴INDEPENDENCE S.A. Manual Estándar Eléctrico Energy. [Citado 16 Febrero de 2013] p.16-17 Disponible en base de datos Isolución.

1.3 CAMPOS DE APLICACIÓN.

1.3.1 Trabajo de Workover.

El termino workover es usado para referirse al mantenimiento y reparación del pozo. Más específicamente esto se refiere a procesos de sacar y reemplazar la tubería dañada.⁵

Los servicios de workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes. Estos equipos se utilizan para sellar zonas agotadas en pozos existentes, abrir nuevas zonas productoras para aumentar la producción o bien activar zonas productoras mediante procesos de fracturación o acidificación. Se utilizan también para convertir pozos productores en pozos de inyección a través de los cuales se bombea agua o dióxido de carbono a la formación, para aumentar la producción del yacimiento. Otros servicios de workover incluyen reparaciones importantes en el subsuelo, como reparaciones de la cañería de revestimiento (casing) o el reemplazo de equipamiento de fondo de pozo que ha sufrido deterioro.⁵

Los equipos de workover se usan en el proceso de terminación de pozos, que es la preparación de un pozo de petróleo o gas natural recientemente perforado para ponerlo en producción.⁵

Workover está entre las más complejas dificultades de varios tipos de trabajos en pozos. La tubería se puede dañar debido a la corrosión y esto puede ocasionar que válvulas de seguridad y las bombas eléctricas sumergibles pueden tener un mal funcionamiento llegando a la necesidad de reemplazarlas.

Antes de intervenir con workover, el pozo debe de ser eliminado. A veces las operaciones requieren por lo menos tener que perforar.

⁵ SAN ANTONIO INTERNACIONAL. Equipos de workover .P.1. Available from Internet: <http://www.sanantoniointernacional.com/equipos/workover.html>

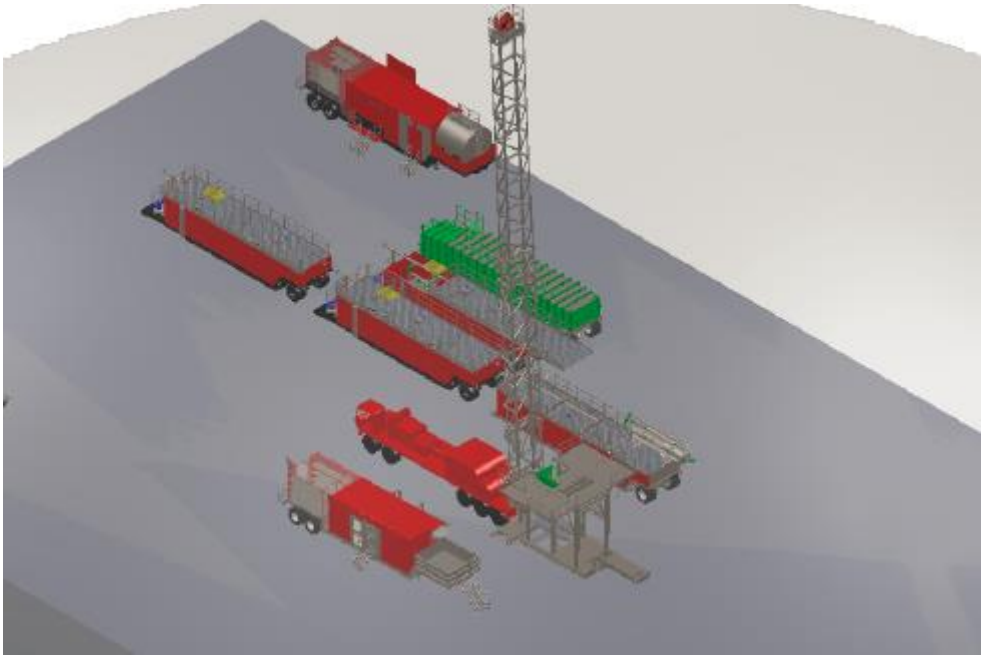
Figura 4. Especificaciones tecnológicas de equipos de Workover

Modelo	JD-XJ150	JD-XJ250	JD-XJ350	JD-XJ450	JD- XJ550	JD- XJ650
Profundidad del Servicio (2-7/8"UE tubería)ft(m)	8,530 (2,600)	10,500 (3,200)	13,120 (4,000)	18,045 (5,500)	22,966 (7,000)	27,887 (8,500)
Profundidad de Workover (2-7/8" sarta de la perforación) ft(m)		8,530 (2,600)	10,500 (3,200)	14,064 (4,500)	19,029 (5,800)	22,966 (7,000)
Carga Nominal de Gancho lb (kN)	67,440 (300)	89,920 (400)	134,880 (600)	220,304 (980)	264,364 (1,176)	303,480 (1,350)
Max. Carga de Gancho lb(kN)	131,508 (585)	151,740 (675)	202,320 (900)	252,900 (1,125)	303,480 (1,350)	330,456 (1,470)
Dia. de Alambre/Línea Efectiva in(mm)/N°	Φ0.87 (Φ22)/6	Φ0.87 (Φ22)/6	Φ1 (Φ26)/6	Φ1 (Φ26)/6	Φ1 (Φ26)/8	Φ1.13 (Φ29)/8
Max. Velocidad de Elevación de Gancho ft/s(m/s)	4.6(1.4)	4.6(1.4)	4.33(1.32)	4.04(1.23)	4.36(1.33)	4.3(1.31)
Peso lb(kg)	58,898 (22,180)	22,180 (58,898)	83,776 (38,000)	97,003 (44,000)	99,208 (45,000)	121,254 (55,000)
Potencia de Malacate (Hp)	150	250	350	450	550	650
Mástil	Sola sección	Double sección	Double sección	Double sección	Double sección	Double sección
Altura de Mástil ft(m)	52.49(16)/59 (18)	59 (18) /68.9(21)	102.69 (31.3)	102.69 (31.3)	104.99 (32)	111.55 (34)
Max. Carga Estática lb(kN)	131,580 (585)	157,360 (689)	229,296 (1020)	268,636 (1,195)	303,480 (1,350)	347,990 (1,548)
Mesa Rotativa	-	ZP105	ZP105	ZP175	ZP175	ZP175
Polea Viajera	YG50	YG70	YG110	YG150	YG150	YG150
Grifo	-	SL90	SL120	SL120	SL135	SL160

Fuente: <http://www.sanantoniointernacional.com/equipos/workover.html>

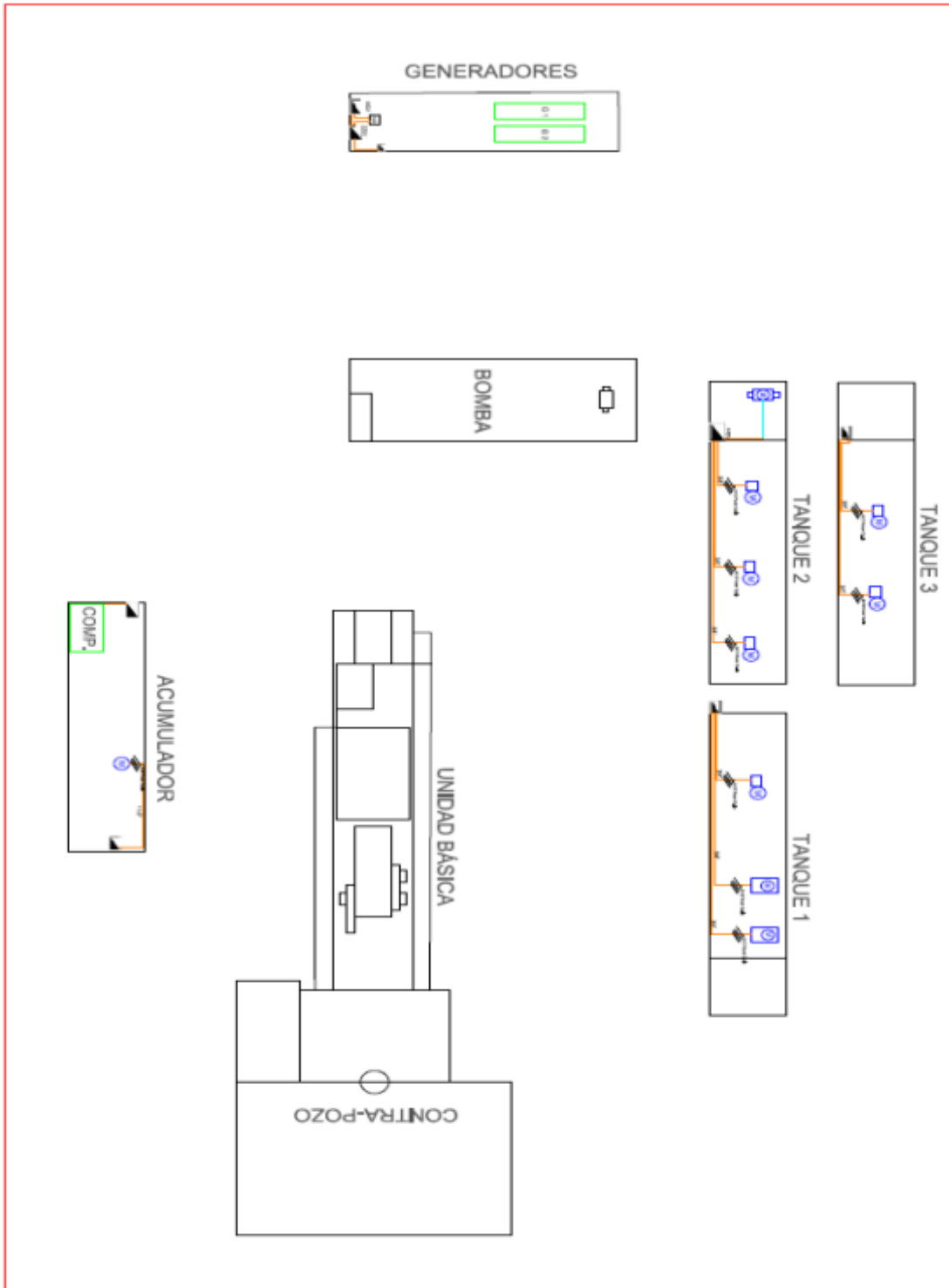
El workover empieza desconectando el machín, quitando el árbol (válvulas de seguridad) y levantando el tubing hanger de la cabeza del pozo y jalar la terminación del pozo. Independientemente del trabajo que se va a realizar hay que hacer pruebas de presiones (equilibrar presiones) para evitar patadas de pozo, una vez el pozo está controlado se procede a sacar la sarta de producción (tubería) para realizar el trabajo de workover planeado.

Figura 5. Equipo de workover en 3D.



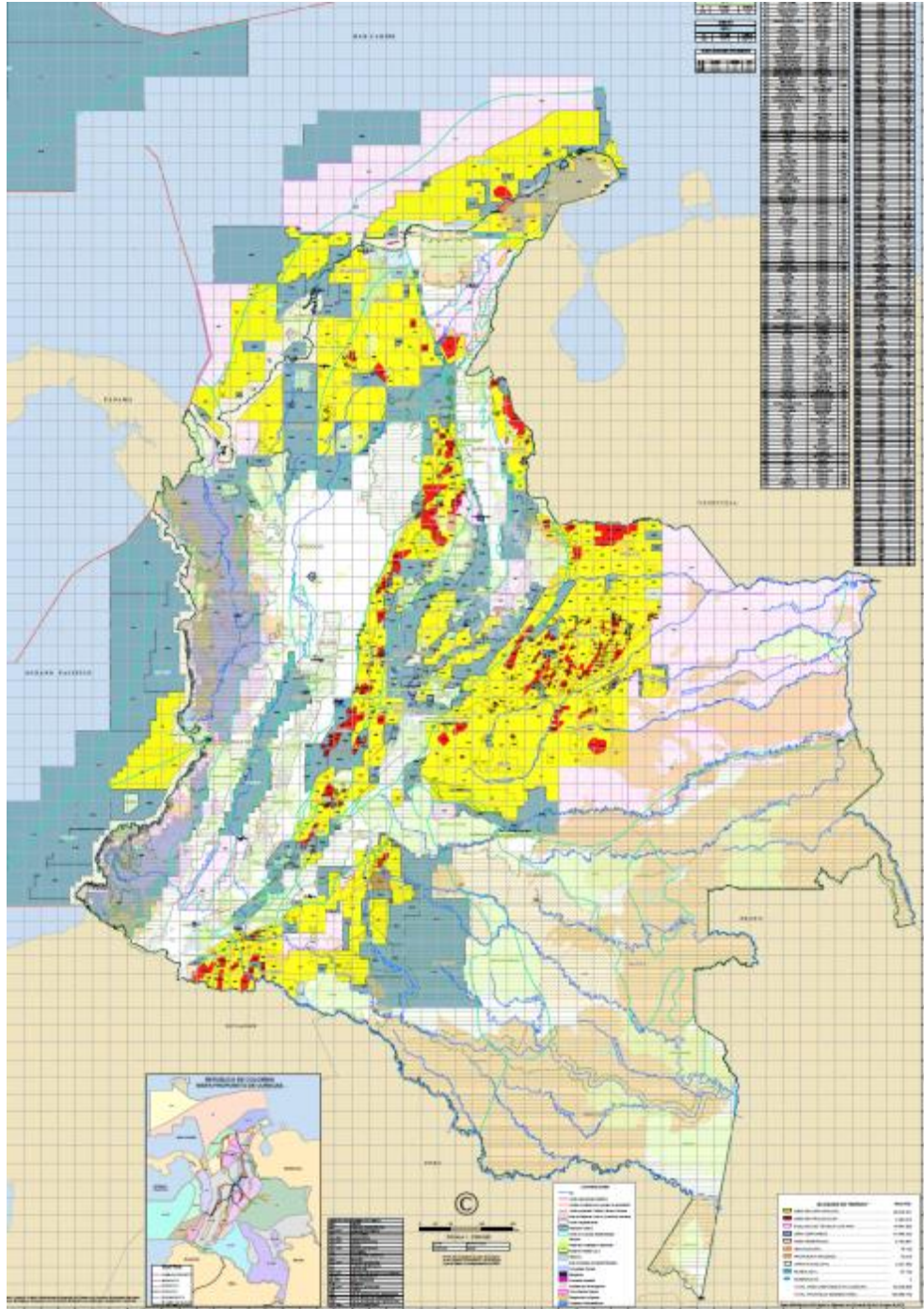
1.3.2

Figura 6. Plano esquemático equipo de Workover.













1.3.3.

Figura 7. Mapa geográfico de los campo en Colombia donde operan equipos de Workover.



Fuente: http://www.anh.gov.co/media/asignacionAreas/2m_tierras_230113_2.pdf

Figura 8. Convenciones

BLOQUES DE TIERRAS *		Area (Ha)
	AREA EN EXPLORACION.....	26.879.431
	AREA EN PRODUCCION.....	2.263.573
	EVALUACION TECNICA CON ANH.....	19.881.654
	AREA DISPONIBLE.....	47.995.422
	AREA RESERVADA.....	8.792.967
	NEGOCIACIÓN.....	79.153
	PROPUESTA RECIBIDA.....	79.316
	OPEN ROUND 2010.....	2.021.360
	RONDA 2012.....	97.733
	NOMINACION	0
	TOTAL AREA DISPONIBLE EN CUENCAS.....	62.548.956
	TOTAL PROVINCIA SEDIMENTARIA.....	163.966.753

* Áreas definidas por ANH según lo dispuesto en el Acuerdo 04 del 4 de mayo de 2012.

Fuente: http://www.anh.gov.co/media/asignacionAreas/2m_tierras_230113_2.pdf

Los equipos de Workover operan en el área de producción.

2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS Y ELÉCTRONICOS DEL EQUIPO DE WORKOVER.

2.1 UNIDAD BÁSICA

Figura 9. Esquemático unidad básica



2.1.1 Definición

Es un equipo móvil, con distintos sistemas, los cuales accionándolos debidamente hacen posible las funciones de workover en los pozos. Su función principal es levantamiento de la torre y rotación del malacate, para dar movimiento lineal a la sarta.

2.1.2 Componentes eléctricos y electrónicos

- **Motor Detroit diesel serie 60 DDEC V**
- **Transmisión Allison electrónica serie 5000**
- **Sistema Electrohidráulico Parker**
- **Frenos ABS**
- **Electro neumático air spring**
- **Arnés de Comunicación back bone**
- **Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V**

2.1.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos

Figura 10. Motor Detroit diesel serie 60 y transmisión Allison serie 4000:



Fuente: guía del operador 2007 del motor de la serie 60

Los componentes del motor son:

- Combustible

El sistema consta del DDEC, inyectores de combustible, múltiples de combustible (integrados con la culata), bomba de combustible, una placa de enfriamiento para la ECU o motores no automotrices, filtros de combustible primario y secundario y las líneas de combustible necesarias para conexión. En este sistema intervienen los sensores de Presión de combustible y de temperatura de combustible.

- Presión de Combustible (FPS):

Este sensor está ubicado en la parte superior del filtro de combustible principal, donde sensa el parámetro de presión del combustible que pasa a través de este, advirtiendo una inminente pérdida de potencia. Este es un sensor de capacitancia variable, que produce una señal analógica lineal. Los parámetros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parámetros de funcionamiento del sensor en software de diagnóstico).

- Temperatura de Combustible (FTS):

Este sensor al igual que el anterior, está ubicado en la parte superior del filtro de combustible principal, donde sensa la temperatura del combustible que pasa a través de este. Este sensor es tipo termistor el cual posee una resistencia que es variable, cuando es expuesto a diferentes temperaturas. Los parámetros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parámetros de funcionamiento del sensor en software de diagnóstico).

- Lubricación

El sistema de aceite lubricante consta de bomba de aceite, enfriador de aceite, dos filtros de aceite de flujo total, válvulas de desvío en la bomba de aceite y en el adaptador de filtro de aceite y válvula reguladora de presión del aceite en la galería de aceite vertical del bloque de cilindros.

En este sistema intervienen los sensores de Presión de Aceite y de temperatura de aceite.

- Presión de Aceite (OPS):

El esta ubicado en la parte lateral derecha del motor, donde sensa el parametro de presion del aceite de motor. Este sensor es tambien de capacitancia variable. Los parametros de operación de este sensor varian entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Temperatura de Aceite (OTS):

El esta ubicado en la parte lateral derecha del motor, bajo el sensor de presion de aceite, donde sensa el parametro de temperatura de motor. Es un sensor tipo termistor y posee un resistencia variable. Los parametros de operación de este sensor varian entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Aire y Sistema de Escape

El aire exterior aspirado hacia el interior del motor pasa a través del filtro de aire al turbo alimentador y se comprime. Luego se mueve al enfriador de carga aire a aire (intercambiador de calor) y se enfría. A continuación fluye al múltiple de admisión y dentro de los cilindros, donde se combina con combustible atomizado proveniente de los inyectores.

Para una óptima protección del motor contra polvo y otros contaminantes transportados por el aire, efectúe el servicio de los limpiadores de aire tipo seco usados al llegar a la máxima restricción de aire permisible, o anualmente, lo que ocurra primero.

El sistema de escape toma Los gases calientes que fluyen desde el múltiple de escape al tubo ascendente del escape los cuales se usan para accionar el turbo alimentador.

Este sistema posee un sensor de turbo y otro de temperatura de aire.

- Sensor del Turbo (TBS):

El TBS censa la presión de aire que ingresa del múltiple de escape y está ubicado sobre este mismo. El TBS provee información al ECM sobre el uso del combustible en el motor (control de humo). Los parametros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Temperatura de Aire (ATS):

El sensor de temperatura de aire mide el parámetro de aire que ingresa del múltiple de escape. Es un sensor tipo termistor que posee una resistencia variable. Este sensor provee señales de entrada al ECM importantes, que son importantes para funciones tales como la variación de calor cuando el motor está en mínimas Rpm y el tiempo de inyección, con resultados en el mejoramiento en el arrancado del motor en frío y reduciendo el humo blanco. Los parametros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Enfriamiento

En los motores Serie 60 se usa un sistema de enfriamiento de radiador/ventilador modulado térmicamente. Este sistema tiene una bomba de agua fresca tipo centrífuga para circular el líquido refrigerante dentro del motor. Dos termostatos tipo bloqueo total ubicados en un cárter instalado al lado derecho de la culata controlan el flujo del líquido refrigerante. Este sistema también consta de un sensor de temperatura del líquido refrigerante y otro de nivel del mismo.

- Sensor de Temperatura (CTS):

El esta ubicado en la parte lateral izquierda superior del motor, donde sensa el parametro de temperatura del liquido refrigerante. Es un sensor tipo termistor y posee un resistencia variable. Los parametros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios y los 4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Sensor de Nivel (CLS):

Este sensor está ubicado en la parte inferior del radiador y es un sensor de protección del sistema. Trabaja con una función llamada shutdown, la cual es programada en el ECM, que al detectar la falla, 30 segundos después apaga el motor. Los parametros de operación de este sensor varían entre 0.25 Voltios

4.75 Voltios. (Ver parametros de funcionamiento del sensor en software de diagnostico).

- Motor de arranque

Se cuenta con un motor de arranque, interruptor de arranque, alternador de carga de la batería, baterías de almacenamiento y el cableado necesario. De este sistema se deriva cableado para suplir alimentación al sistema electrónico, a través del conector conocido como pentafasico, ubicado del lado derecho del módulo de control.

- Sensores de Referencia y de Velocidad

En los motores serie 60, los sensores de referencia y los sensores de velocidad son los más importantes de todo el sistema, ya que son quienes permiten que el módulo de control identifique que el sistema está funcionando de manera correcta. Cuando una falla se presenta por la advertencia de alguno de estos sensores, el sistema pierde capacidad o en el caso de los sensores de referencia, simplemente el sistema no inicia.

Los sensores de referencia son el de referencia sincrónica y el de referencia de tiempo. Estos sensores son generadores de corriente y envían una señal de al ECM.

- Referencia Sincrónica (SRS):

El sensor de referencia sincrónica se encarga de indicar que el inyector uno ya está listo. Básicamente este sensor sincroniza la mecánica con la electrónica, diciéndole a la electrónica que todo está en posición para iniciar el proceso de control del sistema y lo logra, censando un Pin.

- Referencia de Tiempo (TRS):

El sensor de referencia de tiempo, de acuerdo la señal que recibió del SRS, se encarga de indicarle al sistema cual es la secuencia de trabajo de los inyectores. El TRS le indica al ECM cuál es la rotación del motor o cuando suministrar combustible al inyector. Este sensor censa un piñón de 26 pines.

Los sensores de velocidad se encargan de poner al equipo en los límites de aceleración mínimos y máximos. Cualquier falla de estos sensores pondrá a operar el motor en mínima. Los sensores de velocidad son el de posición del acelerador (TPS) y el de aceleración manual (VSG).

- Posición del Acelerador (TPS):

Este sensor envía una señal que es originada por el pedal de aceleración, la cual, es recibida por el ECM. Esta señal es proporcional al ángulo de posición del pedal.

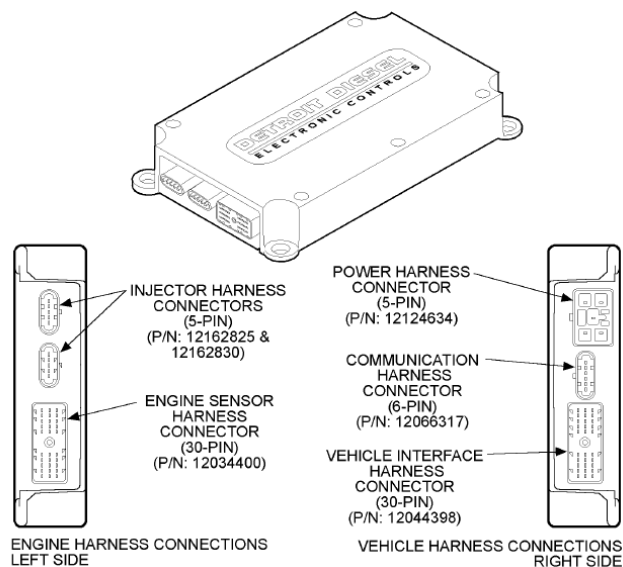
- Aceleración manual (VSG):

Este sensor funciona como un potenciómetro y puede ser usado para controlar la velocidad del motor entre un rango mínimo y máximo de aceleración de manera constante. La resistencia total puede variar entre 1 KΩ y 10 KΩ.

- Módulo de Control Electrónico (ECM)

El ECM posee una memoria EEPROM, la cual, controla las funciones básicas del motor como por ejemplo, la aceleración y el torque, el tiempo de inyección de combustible, diagnósticos de los parámetros del motor o protección al motor. Este sistema de control básicamente mejora el uso del combustible, brindando así, mayor economía.

Figura 11. Módulo de control electrónico



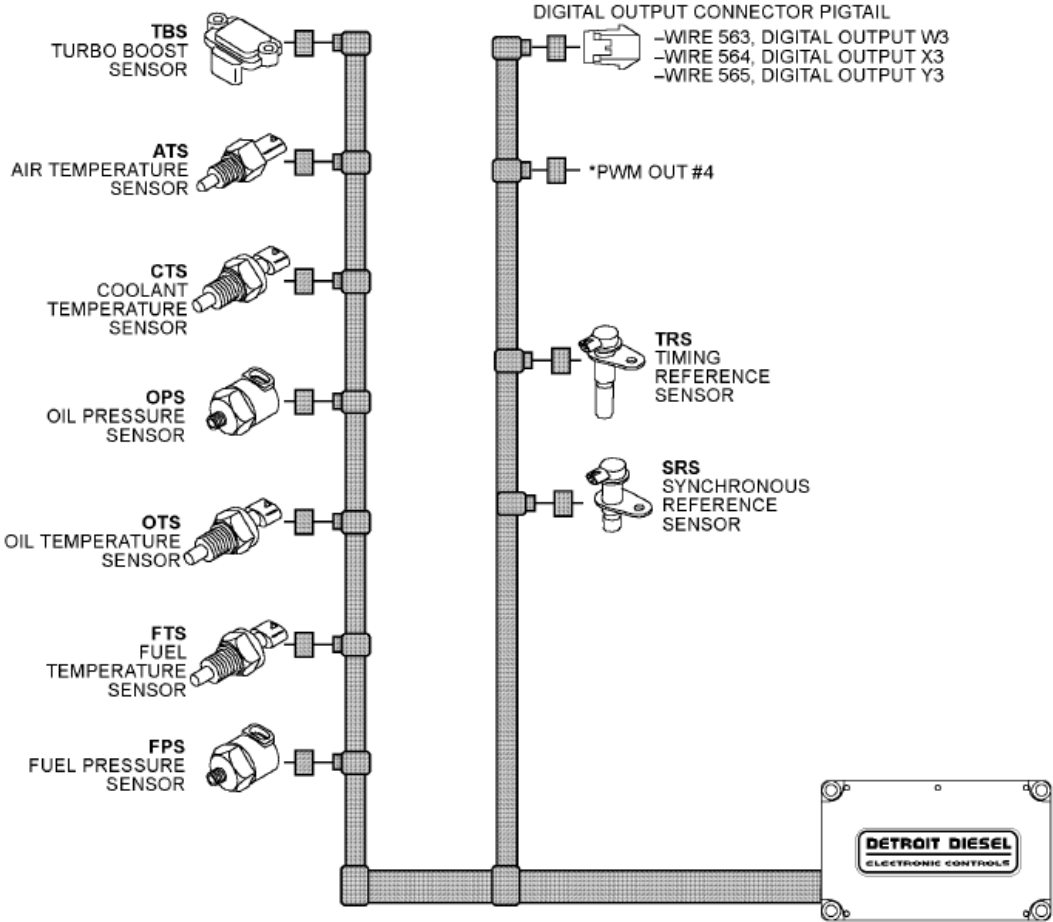
Fuente: software DDDL

En el caso de los motores serie 60 el cual posee seis cilindros, se utiliza un único ECM. El ECM consta de cinco arneses, que son, el arnés de sensores del motor, el arnés de inyectores, el arnés de poder, el arnés de comunicación y finalmente el arnés de interfaz del vehículo.

- Arnés de Sensores del Motor (ESH):

Este arnés, es instalado de fábrica y es conectado de forma estándar a todos los sensores del motor y de igual manera, al ECM.

Figura 12. Sensores del motor al ECM.

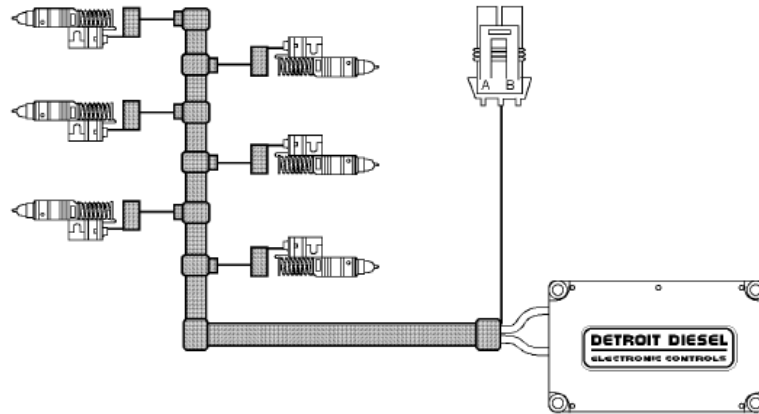


Fuente: software DDDL

- Arnés de Inyectores:

El arnés de inyectores es conectado de fábrica y completamente de forma estándar a todas las unidades electrónicas de inyección o EUI y al ECM.

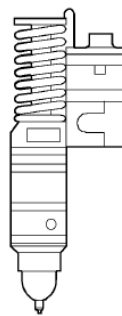
Figura 13. Arnés de inyectores



Fuente: software DDDL

Las unidades de control electrónicas opera de la misma manera que los hace un inyector mecánico de los que han sido utilizados por Detroit Diesel desde hace 50 años.

Figura 14. Unidad de control electrónica



SERIES 50/60

Fuente: software DDDL

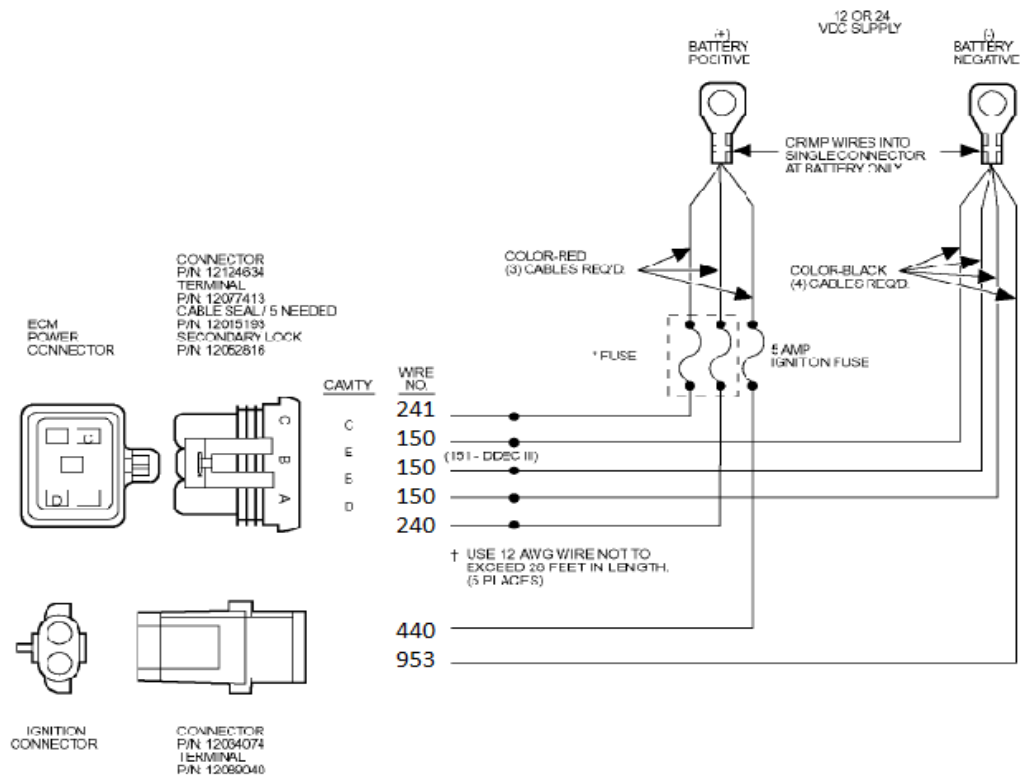
Estas unidades electrónicas usan una válvula solenoide operada para controlar el tiempo y la medida de inyección de combustible. La inyección de combustible inicia cuando la válvula solenoide está cerrada y termina cuando se abre.

La duración de cierre de la válvula determina la cantidad de combustible inyectado.

- Arnés de Poder:

Este arnés provee al sistema de 12 o 24 voltios de alimentación dependiendo del ECM. Está configurado con una instalación de protección dual, el cual proveerá redundancia en circuitos críticos y empalmes en cableado y/o entre conectores. Consta de dos líneas cableadas en paralelo. Esta configuración le permite cubrir mayor distancia del ECM a la batería.

Figura 15. Conexión de arnés de poder.

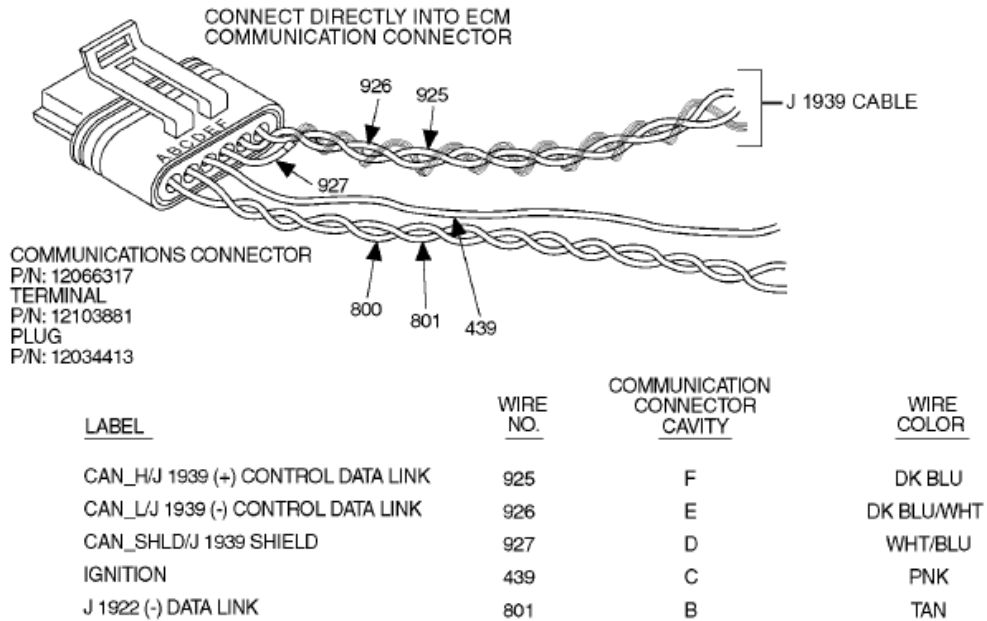


Fuente: software DDDL

- Arnés de comunicación:

Este arnés se conecta al ECM a través del puerto de comunicación SAE J1939 a otros sistemas del vehículo como dispositivos de control de tracción, transmisiones, sistemas de freno, y retardadores como es mostrado a continuación.

Figura 16. Conexión de arnés de comunicación.

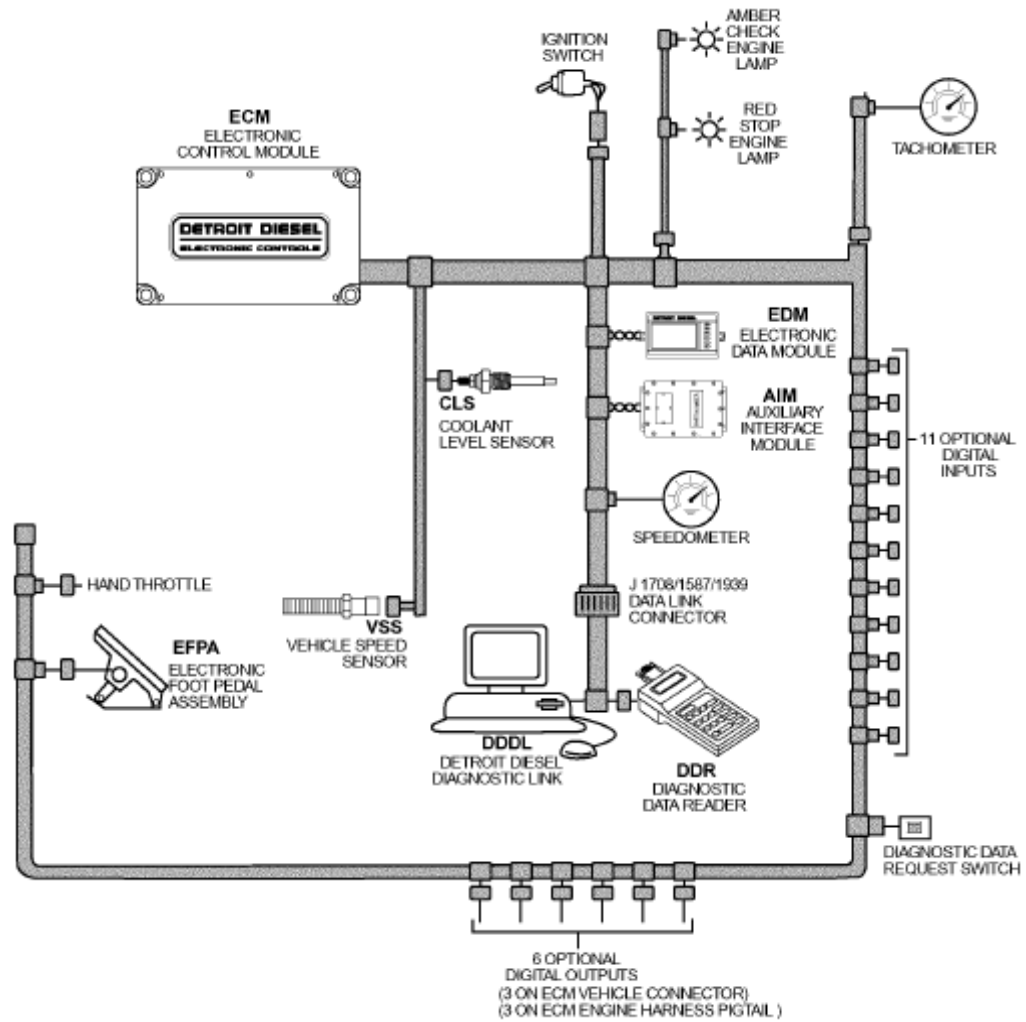


Fuente: software DDDL

- Arnés de interfaz del vehículo (VIH):

Este arnés conecta al ECM con otros dispositivos de control como los sensores de velocidad y aceleración así como el sensor de nivel de refrigerante, los LED's de alarma del sistema, el display de visualización de los datos (EDM), como parte de la comunicación para diagnóstico del vehículo.

Figura 17. Interfaz de vehículo.



Fuente: software DDDL

- Módulo de Visualización Electrónica (EDM):

Este sistema permite visualizar los parámetros del motor y de otros equipos.

- **Módulo de Control de la Transmisión (TCM):**

El control electrónico de la transmisión se lleva a cabo por medio del TCM. Estos están disponibles en configuraciones de 12 o de 24 voltios para que se ajusten a la configuración del sistema eléctrico del equipo.

El TCM recibe y procesa información proveniente de los selectores de cambio, la posición del acelerador, temperatura del colector y el retardador, estado del interruptor de presión, velocidad del motor, velocidad de la turbina y velocidad de salida de la transmisión. El TCM comúnmente utiliza para la información que recibe para, controlar los solenoides de la transmisión, proporcionar el estado del sistema así como brindar información de diagnóstico de forma similar al ECM.

- Selectores de Cambio:

Estos selectores de cambio están ubicados lejos del TCM y se comunican con este a través del enlace de datos de comunicación J1939. Estos selectores brindan la opción de manipular las velocidades de la transmisión como sea deseado, y a su vez, poder visualizar las fallas de que existen o que existieron en algún momento durante la operación.

- Sensor de Posición del Acelerador:

Este TPS contiene un cable de activación de empuje y un potenciómetro. Un extremo del cable está unido a la palanca de combustible del motor, y el otro, dentro de la carcasa protectora, al potenciómetro del TPS. El voltaje del TPS se dirige al TCM y la señal de voltaje indica la posición del acelerador, y junto con los demás datos de entrada determina la regulación del cambio.

- Sensores de Velocidad:

Estos tres sensores proporcionan información al TCM. La señal de velocidad del motor es generada por costillas en el cuerpo de la bomba del convertidor de torque. La velocidad de la turbina es generada por los contornos ranurados de la carcasa del embrague giratorio. La señal de velocidad de salida es generada por una pieza dentada unida a la flecha de salida. Las relaciones de velocidad entre estos sensores permiten que el TCM determine si la transmisión está en el rango seleccionado.

- Módulo de Interfaz del Vehículo (VIM)

Este módulo proporciona relevadores, fusibles y puntos de conexión para la interfaz con el lado exterior del sistema eléctrico del vehículo.

- **Sistema electrohidráulico PARKER.**

El control electrónico del sistema consiste en una serie de componentes electrónicos que garantizan una mayor respuesta y un mejor monitoreo del sistema hidráulico.

El control de este sistema inicia en el momento que hace el cambio de transferencia de modo vehicular a modo mecánico (malacate), por medio del accionamiento de la bomba hidráulica. La cual genera la presión necesaria y activa serie de electroválvulas que dan paso de corriente a la consola de control del maquinista, luego al presionar la opción del PTO (toma de fuerza) que se hace por medio del módulo de control MD3.

Otras de las funciones del sistema es la nivelación de la unidad básica para poder izar la torre de trabajo esta función se puede hacer por medio de los joystick del sistema o de forma automática con la opción de auto nivelación del display Parker. Los joystick están instalados en relación con las electroválvulas y con los módulos de transmisión AX1 Y AX2. La visualización de los parámetros del sistema se hace desde un display Parker MD3.

- **Display Parker MD3 (modulo digital IQAN)**

Este módulo es la unidad de control principal del sistema electro hidráulico, es totalmente programable para el uso de cualquier aplicación de la unidad además tiene interfaz gráfico para el usuario.

El modulo muestra información y datos de la unidad. Tiene una pantalla transflectiva TFT de 3.5 pulgadas, con iluminación, posee cinco botones de navegación para realizar las diferentes funciones con el control electrónico, con gran facilidad para el operador. El modulo está compuesto por un microprocesador de 32 bits y una memoria interna de registro capaz de almacenar 80.000 archivos y tiene una velocidad de respuesta de 10 mili segundos. El MD3 recibe señales análogas de 0 a 5 voltios procedentes de los sensores del sistema y transmite señales digitales a sus alarmas de operación, está diseñado para trabajar a la intemperie, pero tiene un rango de operación entre (-30 y +60) °C. Las principales funciones son accionadas con:

- El botón F1 es para activar el PTO
- El botón F2 es para la auto nivelación
- El botón F3 es para observar los parámetros del sistema

- **Módulos de transmisión AX1 Y AX2**

Son los módulos de control y comunicación del sistema, están en constante comunicación con el módulo MD3 mediante el protocolo de comunicación CAN, son resistentes a la intemperie y son el cerebro del sistema, posee entradas y salidas análogas y digitales.

Entradas: el modulo tiene ocho entradas de tensión para conexión de señales de 0 a 5 voltios, cuatro de ellas son para multi función y tiene la flexibilidad de poder ser configurador en la función de sus entradas y programarlas como entradas de frecuencia o entradas para la medición de velocidad o posición.

Salidas: tiene seis salidas PWM las cuales operan las válvulas del sistema, internamente tiene una unidad que ejecuta en sí misma un auto test durante el inicio y el ciclo de la operación. Esto permite chequear errores del software, dando una señal de alerta al módulo de control MD3.

- Sensor de presión hidráulica

Tiene un transductor con un rango de 0 a 5 voltios, para la aplicaciones hidráulicas móviles, maneja un rango de presión en operación de 0 a 500 bares (7300)psi sus propiedades para operar se basan en la alta inmunidad electromagnética, la fiabilidad y la fácil instalación

- Sensor de nivel de posición.

Es un sensor de efecto hall sin contacto, de proximidad y censa la inclinación de la unidad y es el dispositivo que ayuda a la unidad con la función de auto nivelación.

- Bloque de electroválvulas.

Son los transductores que convierten las señales eléctricas de los joystick en señales hidráulicas en los mandos para accionar las funciones de estos, movimientos de gatos hidráulicos accionamiento del winche de la unidad y elevación de la torre de trabajo.

- Joystick

Es un nivelador o palanca ergonómica resistente y seguro. Este es de un solo eje con una señal de entrada de 0.5 a 4.5 voltios y es el interfaz del usuario al sistema electrohidráulico.

- **Sistema de frenos ABS**

Es el sistema de antibloqueo del freno de la unidad básica cuando es utilizada como camión (en las movilizaciones de peso a peso). Es comandada por un módulo electrónico que censa las señales de sus actuadores y actúa según los requerimientos del conductor.

Es un sistema de seguridad en modo vehicular y sus respuesta electrónica es inmediata mejorando la maniobrabilidad y estabilidad del vehículo

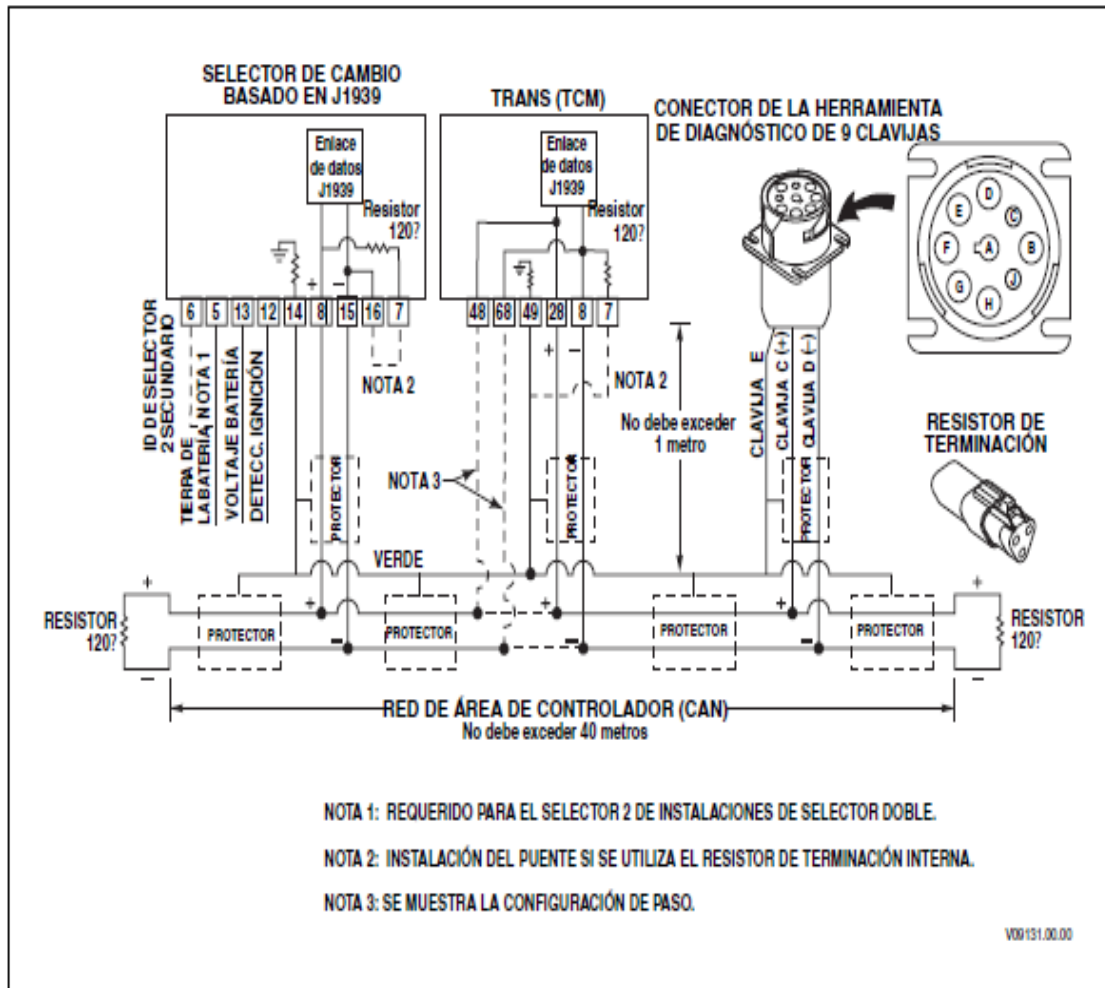
- **Sistema electro neumático AIR SPRINT**

Es un sistema que ayuda en la estabilidad en el vehículo electrónicamente controla y censa la posición de la transferencia de la unidad y en modo vehicular baja el eje que está controlado para darle mayor estabilidad y control del peso en la movilidad, y al momento de cambiar la transferencia a modo mecánico (malacate el eje automáticamente eleva el eje para evitar sus desgaste).

- **Sistema de comunicación BAG BONE**

Es el arnés utilizado para transmitir los datos a través de todos los dispositivos electrónicos del motor y la transmisión electrónica utilizando protocolos de comunicación (j1939).

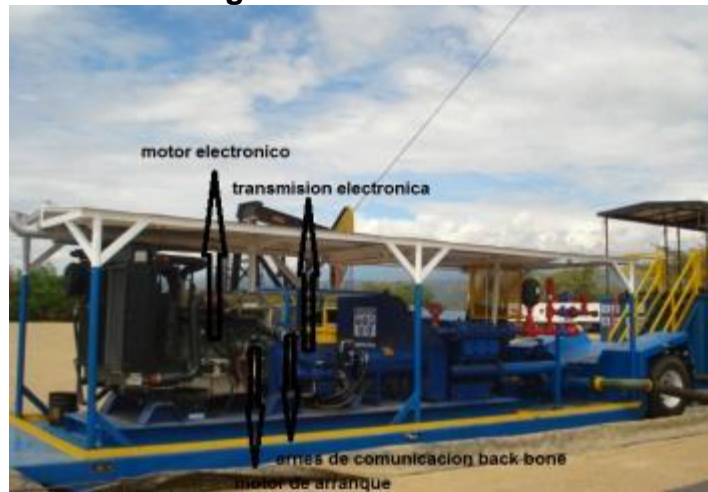
Figura 18. Sistema de comunicación Bag Bone



Fuente: software DDDL

2.2 BOMBA DE LODOS

Figura 19. Bomba de lodos



2.2.1 Definición

Una bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, de combustión, y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, variando parámetros como velocidad, caudal y presión. Las bombas en general se pueden clasificar de dos tipos, uno de ellos conocido como bombas dinámicas, la cual encierra principalmente las bombas centrífugas, periféricas y especiales, su característica principal es que la cantidad de fluido que ingresa a la bomba no siempre es igual a la cantidad de fluido a la salida, puede manejar muy altos caudales pero maneja bajas presiones; estas bombas son usadas principalmente para el transporte de fluidos con baja viscosidad y baja densidad como el agua. Por otro lado tenemos las bombas de desplazamiento positivo, las cuales también se subdividen en reciprocantes como son la de embolo, diafragma y rotatorias como son las de tornillo sin fin, engranajes entre otros; la característica principal de estas bombas es que a diferencia de las bombas dinámicas la cantidad de fluido que ingresa a la bomba, siempre es igual a la cantidad de fluido que sale de ella; estas bombas son muy utilizados para los sistemas hidráulicos, pues proporcionas muy altas presiones, y pueden desplazar fluidos de altas densidades y viscosidades.⁶

⁶BUENAS TAREAS. Bombas de lodos .P.1. Available from Internet:
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Bombas-De-Lodos/1881664.html>

Bombas de Circulación de lodos La función principal de las bombas de circulación es la de entregar determinado volumen de lodo, a determinada presión, hasta el fondo del pozo y subcionar lodos del fondo del pozo a la superficie (tanques) en pocos palabras recirculación de fluidos para controlar las presiones del pozo.⁶

2.2.2 Componentes eléctricos y electrónicos

- **Motor Detroit diesel serie 60 DDEC V**
- **Transmisión Allison electrónica serie 5000**
- **Arnés de Comunicación back bone**
- **Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V**

2.2.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos

La bomba de lodos electrónica maneja el mismo motor y la misma transmisión de una unidad básica por lo tanto sus componentes son similares. A diferencia de la unidad básica esta no contiene tantos sistemas electrónicos por lo que ofrece menos funciones en la operación.

Una de las grandes diferencias es que no tiene transferencia, es estacionaria no es utilizada como camión por lo tanto sus computadores aunque son los mismos, ECM (módulo de control electrónico) y TCM (módulo de control de la transmisión) están programados de una manera diferente a los de la unidad básica. Además los sistemas electrohidráulico Parker, electro neumático air spring ni mucho menos el sistema de frenos ABS.

⁶BUENAS TAREAS. Bombas de lodos .P.1. Available from Internet:
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Bombas-De-Lodos/1881664.html>

2.3 GENERADORES

Figura 20. Generadores



2.3.1 Definición

Un generador (planta eléctrica) cambian la potencia mecánica desarrollada por los motores primarios en corriente eléctrica. Generalmente son de corriente alterna las bobinas del inducido sirven para establecer el campo magnético. Las instalaciones modernas de equipos de workover están provistas generadores que producen corriente alterna que casi siempre reciben su potencia a través de motores Diésel.

Los generadores tienen la suficiente capacidad para producir la mayor parte de la potencia de la instalación – sin incluir el equipo de levantamiento, bombeo y rotación – utilizando una sola unidad.

La corriente alterna producida por los generadores se utiliza para el alumbrado de la instalación, los motores eléctricos, campamento, etc.

2.3.2 Componentes eléctricos y electrónicos

- Motor deutz SD-200
- Generador stanford UCI 27
- Control DEPSEA 7320
- Motor de arranque deutz 1183677 12V
- Tablero eléctrico de 440V
- Tablero eléctrico de 220V
- Transformador 440V/220V

2.3.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos

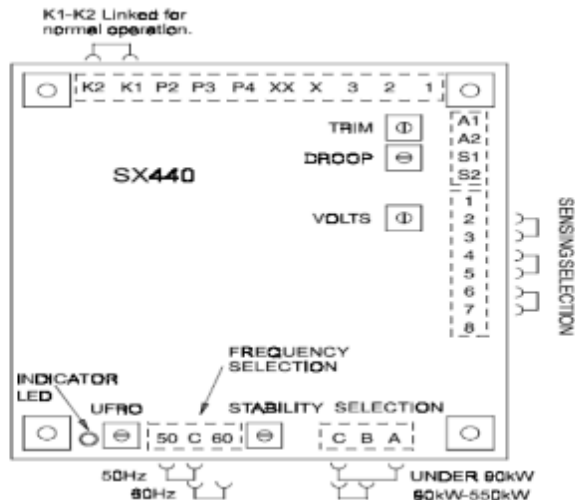
- Motor deutz SD-200

Se cuenta con un motor de arranque, interruptor de arranque, alternador de carga de la batería, baterías de almacenamiento y el cableado necesario. De este sistema se deriva cableado para suplir alimentación al sistema electrónico a través del cableado al breaker de alimentación del plc (sistema depsea).

- Generador Stanford

La gama de generadores de corriente alterna UC22/27 abarca máquinas sin escobillas de campo giratorio, disponibles para tensiones hasta 650 V/50Hz para 1500 rpm ó 60Hz para 1800 rpm, fabricados según norma BS5000 parte 3 y otras normas internacionales. Todos los modelos UC22/27 son auto excitados, recibiendo su excitación desde los devanados principales de salida con la ayuda de las Unidades de Control de Voltaje SX460/SX440/ SX421. Los modelos UC22 también son disponibles con un devanado especial y con un sistema de excitación controlado por transformador. Opcionalmente está disponible un sistema de excitación por imán permanente (PMG) en conjunto con la unidad de control de Voltaje (AVR), tipo MX341 ó MX321.⁷

Figura 21. Unidades de control

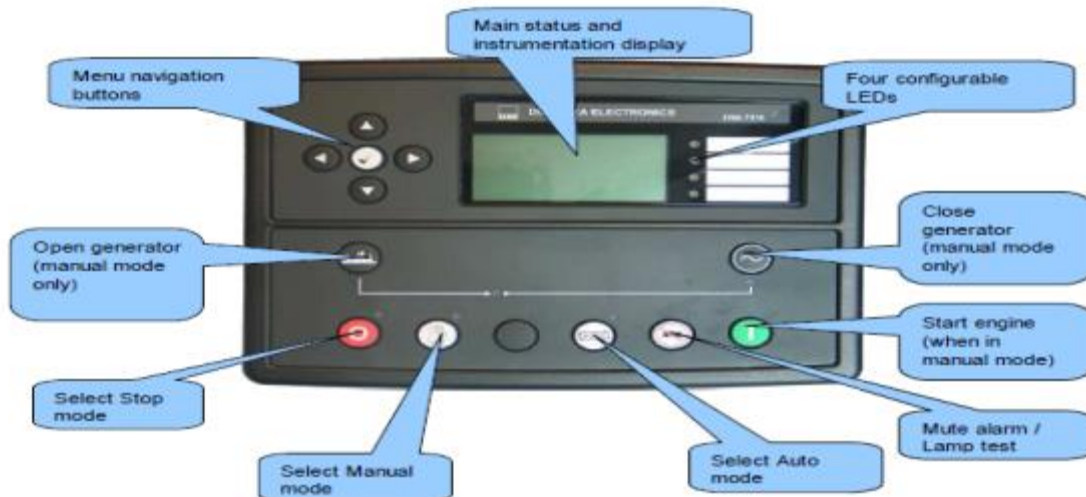


Fuente: DSE7200 / 7300 Series Operators Manual

⁷STANFORD. Manual de instalación servicio y mantenimiento para generadores c.a .2010. Document Number: 224 y 274.

- Sistema de control DEPSEA 7320

Figura 22. Sistema de control DEPSEA 7320



Fuente: DSE7200 / 7300 Series Operators Manual

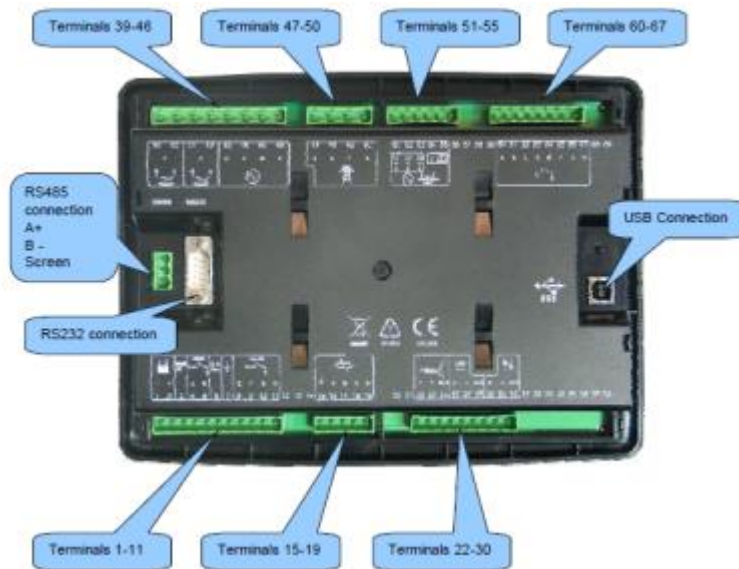
El sistema de control depsea es el computador electrónico de un generador deutz. El módulo de la serie DSE7000 ha sido diseñado para permitir que el operador para iniciar y detener el generador, y si requiere, transferir la carga al generador ya sea manualmente (a través de la fascia montado pulsadores) o automáticamente. Además, la DSE7320 inicia y se detiene el grupo electrógeno dependiendo del estado de la red de forma automática (Utilidad) de suministro. El usuario también tiene la posibilidad de visualizar los parámetros de funcionamiento del sistema a través de la pantalla LCD. El módulo de DSE7000 supervisa el motor, lo que indica el estado de funcionamiento y las condiciones de fallo, de forma automática apaga el motor y dar una verdadera primera condición de fallo de un fallo de motor por un AUDIBLE COMÚN ALARMA. La pantalla LCD indica el fallo. El potente microprocesador ARM contenida dentro del módulo permite la incorporación de una gama de tareas complejas características.⁸

- Pantalla LCD de texto (que soporta múltiples idiomas).
- Verdadero Voltaje RMS, control de corriente y potencia.
- Monitorización de parámetros del motor.
- Completamente entradas configurables para uso como alarmas o un rango de diferentes funciones.
- Interfaz de la centralita del motor para motores electrónicos.

⁸ MANTON, Anthony. Deep Sea electronics Dse7200/7300 Series Operators Manual. 2010. Document Number: 057-074

El uso de un PC y el software de configuración Suite permiten la alteración de las secuencias operativas seleccionadas, temporizadores y alarmas. Además, editor de configuración de la fascia integrante del módulo permite el ajuste de un subconjunto de esta información. Una caja de plástico robusto diseñado para las casas de montar el módulo del panel frontal. Las conexiones son a través de la clavija de bloqueo y sockets.⁸

Figura 23. Terminales y conexiones DEPSEA 7320



Fuente: DSE7200 / 7300 Series Operators Manual

- De la terminal 1-11 son salidas de alimentación DC, combustible y arranque.
- De la terminal 15-19 sensores analógicos.
- De la terminal 22-30 son salidas del sensor de rpm, protocolo de comunicación CAN y sincronización.
- De la terminal 39-46 conmutación de la carga y detección del voltaje del generador.
- De la terminal 47-50 red de detección de voltaje.
- De la terminal 51-55 conexión al generador.
- De la terminal 60-67 entradas digitales configurables.

⁸ MANTON, Anthony. Deep Sea electronics Dse7200/7300 Series Operators Manual, 2010. Document Number: 057-074

- **Motor de arranque deutz 1183677 12V**

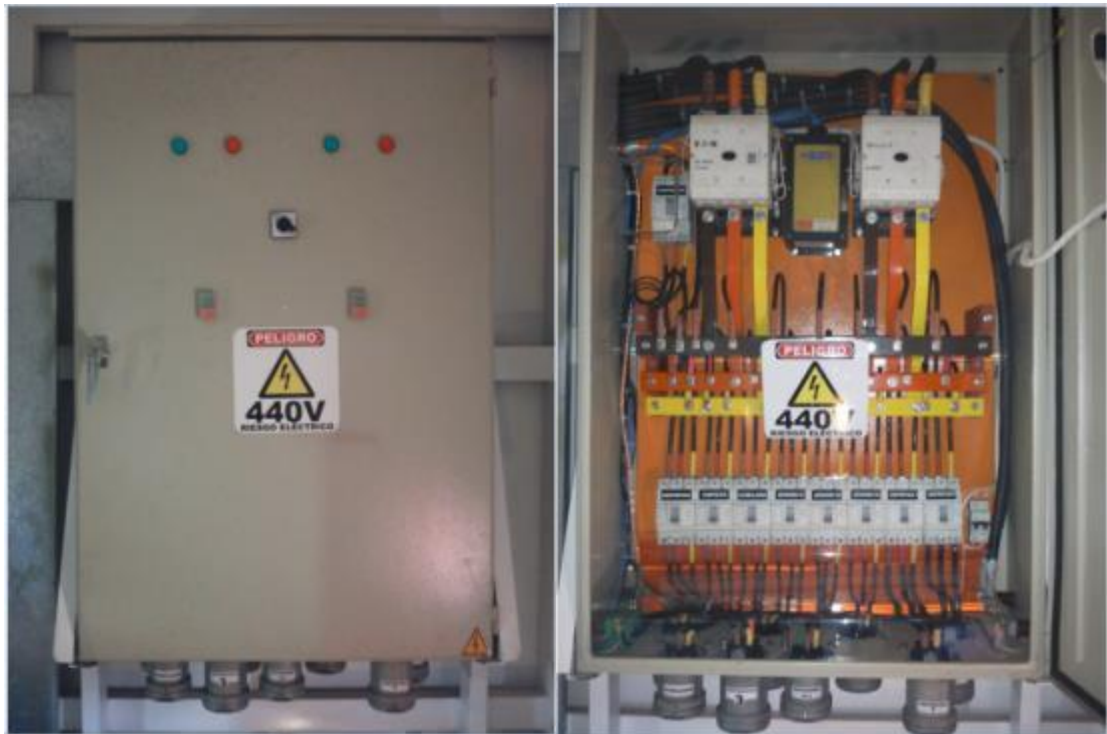
El motor de arranque es un motor eléctrico que se alimenta directamente de las baterías de 12V del equipo y su función es facilitar el encendido del motor de combustión interna, con ayuda de un relé eléctrico o automático una vez el motor de combustión interna enciende el motor de arranque se desactiva.

- **Tablero eléctrico de 440V**

Son gabinetes donde se concentran los dispositivos de conexión, maniobra, protección, señalización y distribución de tensión nominal de 440V permitiendo que la instalación a este nivel de tensión funcione adecuadamente

Son considerados como parte principal del sistemas eléctricos en equipos de workover en ellos se encuentran alojados los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra que permiten el funcionamiento de los motores eléctricos de 440V, que se encuentran en el acumulador y tanques de lodos.

Figura 25: Tablero eléctrico de 440V



- **Tablero eléctrico de 220V**

Son gabinetes donde se concentran los dispositivos de conexión, maniobra, protección, señalización y distribución de tensión nominal de 220V permitiendo que la instalación a este nivel de tensión funcione adecuadamente.

Son considerados como parte principal del sistemas eléctricos en equipos de workover en ellos se encuentran alojados los dispositivos de seguridad y los workover en ellos se encuentran alojados los dispositivos de seguridad y los mecanismos de maniobra que permiten el funcionamiento de la iluminación del equipo, del campamento donde se alojan las personas que laboran permanentemente en el taladro, y algunos dispositivos eléctricos con tensión nominal de 220V, como equipos de soldadura.

Figura 26: Tablero eléctrico de 220V

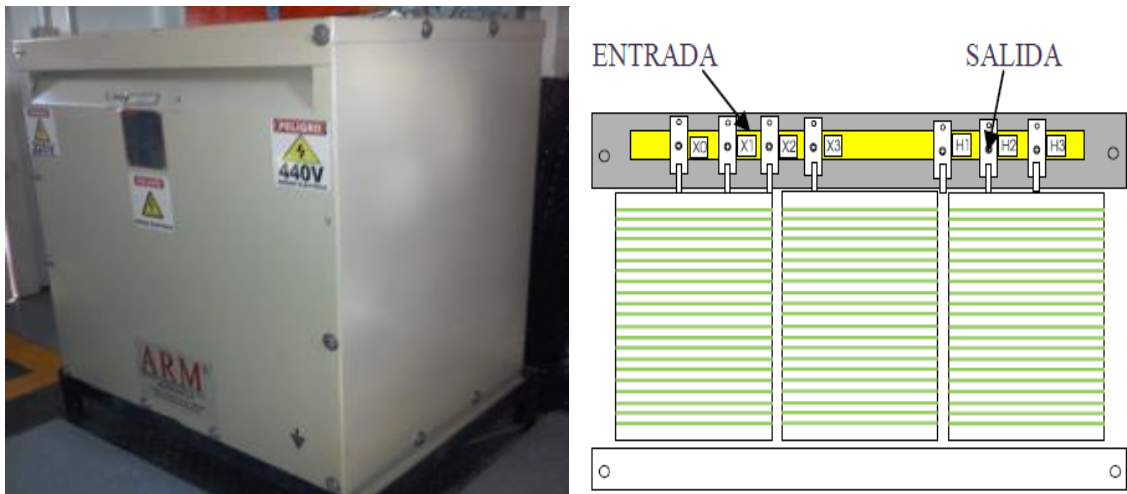


- **Transformador 440V/220V**

El transformador es un dispositivo eléctrico capaz de capaz de convertir y/o transformar el nivel de tensión de un circuito eléctrico de corriente alterna de 440V/220V manteniendo la potencia eléctrica dada.

Para nuestro caso equipos de workover se utilizan tipo seco que es aquel que está construido de tal forma que el aire del ambiente circula a través del gabinete para enfriar y ventilar el embobinado, núcleo y terminales. Su mantenimiento es menos complicado que el de tipo aceite, básicamente se basa en ajuste, limpieza e inspección.

Figura 27: Transformador 440/220 V



2.4 TANQUES DE LODOS

Figura 28: Tanques de lodos



2.4.1 Definición

Son recipientes rectangulares se usan para almacenar y controlar los fluidos provenientes del pozo en la superficie. Almacenan el lodo que está listo para ser circulado al fondo del pozo. El lodo que está en el tanque de debe estar limpio, libre de gas y sólidos. En equipos de workover comúnmente son tres tanques, denominados uno, dos y tres. Donde el uno es el que más cerca está al pozo, el dos el siguiente y el tres el más lejano.

El lodo se mezcla en los tanques de lodo con ayuda de los agitadores, esto se mueven con ayuda de un motor eléctrico.

2.4.2 Componentes eléctricos y electrónicos

- **Motor eléctrico 7.5HP**
- **Motor eléctrico 40HP**
- **Arrancador suave Emotron**

2.4.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos.

- **Motor eléctrico de 7.5 HP**

Se considera una maquina eléctrica rotativa, transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que representa un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente es decir, es capaz de producir movimiento bajo carga a partir de la energía eléctrica. Sus partes principales son rotor- estator y ventilador.

En el equipo de workover se utilizan para mover los agitadores de los tanques de lodo.

Figura 29: Motor eléctrico de 7.5 HP



- **Motor eléctrico de 40 HP**

Se considera una maquina eléctrica rotativa, transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que representa un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente es decir, es capaz de producir movimiento bajo carga a partir de la energía eléctrica. Sus partes principales son rotor- estator y ventilador.

En el equipo de workover se utilizan como motor de la centrifuga de los tanques de lodo, haciendo girar el lodo a alta velocidad. Las utilizan el tanque dos y/o el tres, dependiendo de las características del lodo.

Figura 30: Motor eléctrico de 40 HP



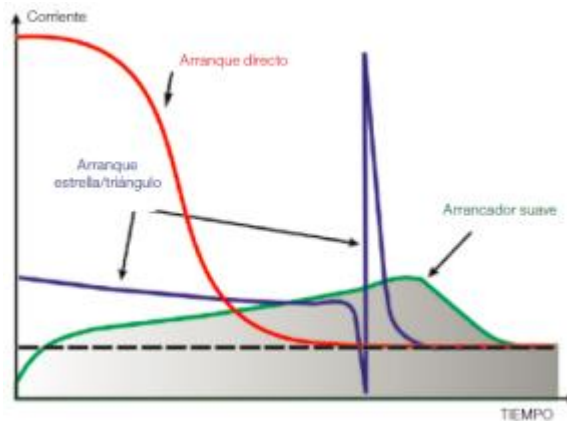
- **Arrancador suave Emotron**

Los Arrancadores suaves optimizan las secuencias de arranque y de parada (aceleran y desaceleran), aumentan la productividad, permiten ahorro de energía / mantenimiento y protegen los motores de inducción trifásicos.

El control de la tensión aplicada al motor por medio de los ajustes del ángulo de disparo de los tiristores permite a los Arrancadores suaves arrancar y parar un motor eléctrico de modo suave y controlado.

Con los ajustes adecuados de las variables, el par producido es ajustado a las necesidades de la carga para que la corriente necesaria sea la más baja posible en los arranques. Se utiliza como método de arranque del motor de la centrifuga.⁹

Figura 31: Comparación entre métodos de arranque de un motor eléctrico.



Fuente: WEG

⁹WEG, Automatización arrancadores suaves, 2011. P. 1-3

Figura 32: Arrancador suave Emotron



Fuente: WEG

2.5 ACUMULADOR

2.5.1 Definición

Es una unidad formada de varios recipientes en forma de botella o esféricos están localizados en la unidad de operaciones y es aquí que se guarda el fluido hidráulico.

Ya que los preventores se deben poder sellar rápidamente cuando es necesario, el fluido hidráulico se tiene que poner bajo cierta presión utilizando el gas de nitrógeno contenido en los recipientes.

El acumulador casi siempre va colocado como a 100 pies (30.48m) de la Instalación para que si ocurre un incendio o reventón, el acumulador no sea averiado y las válvulas puedan ser utilizadas para cerrar las preventora.

En resumen el acumulador es un dispositivo hidráulico de seguridad de pozos, El cual controla y regula presiones para cerrar dispositivos de seguridad (preventoras) en boca de pozo.

Figura 33: Esquemático de una unidad de acumulador



2.5.2 Componentes eléctricos y electrónicos

- Compresor somar 20HP
- Control Pointer
- Motor eléctrico 40HP
- Arrancador suave Emotron

2.5.3 Funciones de los componentes eléctricos y electrónicos

- **Control Pointer**

Es un sistema electrónico controlado por un PLC. Provisto de un panel que de manera ágil, eficiente y segura alerta cuando hay situaciones crítica en la operatividad del acumulador.

El panel de control cuenta con cuatro testigos los cuales son :

Figura 34. Control Pointer



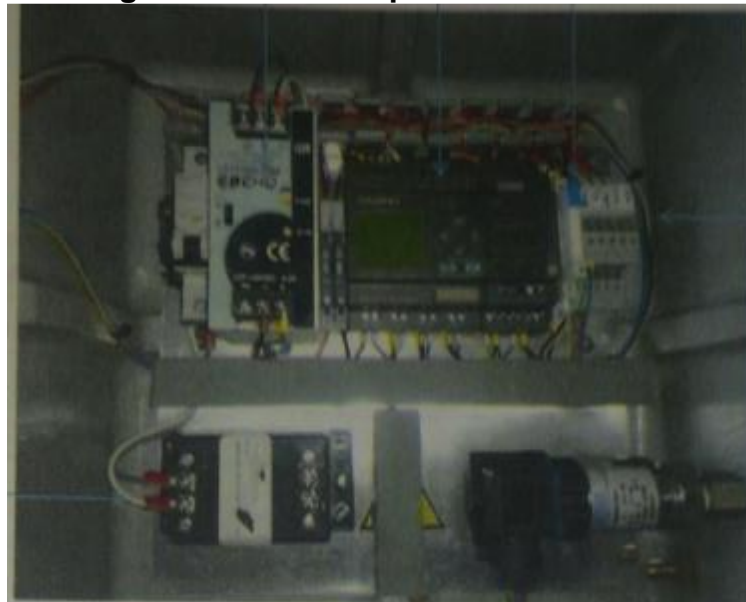
- Baja presión de aire: este testigo se ilumina cuando el sistema detecta que la presión del aire, se encuentra por debajo de una presión de trabajo normal.
- Bajo nivel de aceite: este testigo se ilumina cuando el sistema detecta que el nivel de aceite del tanque del acumulador se encuentra bajo.

- Baja presión del acumulador: este testigo se ilumina cuando el sistema detecta que la presión del acumulador, se encuentra por debajo de una presión de trabajo normal.
- Motor encendido: este testigo se ilumina cuando el sistema detecta que el motor del acumulador se encuentra encendido

Cuando los testigos se encienden la alarma se activa con excepción del testigo del motor encendido. También cuenta con dos botones más:

- Probar testigos: al presionar este botón, se encienden todos los testigos del sistema y se activa la alarma. Si se encontraba alguna alarma activa al soltar el botón esta alarma no se modificara y el sistema continuara sonando hasta que se normalice la situación de alarma o se silencie.
- Silenciador de alarma: al presionar este botón, se silencia la alarma, la cual permanecerá de esta forma mientras no se presente anomalía en otra variable que no se encontraba activada al momento de silenciar la alarma.

Figura 35: PLC del panel de control



El PLC cuenta con entradas las cuales son utilizadas para procesar las señales de los sensores que llevan los datos del acumulador, estas señales son procesadas en la CPU del PLC el cual valida si se encienden o se apagan los testigos y la alarma, enviando estas señales por las salidas con las que cuentan.

- **Compresor electrónico**

El aire entra en una cámara sellada donde es atrapado entre dos rotores contra rotativos. Cuando los rotores se engranan, reducen el volumen de aire atrapado y lo suministra comprimido al nivel de presión correcto. Este simple concepto de compresión, con enfriamiento de contacto continuo, permite que el compresor de aire de tornillo rotativo funcione a temperaturas de aproximadamente la mitad de la generada por un compresor de pistones. Ésta baja temperatura permite que el compresor de aire de tornillo rotativo funcione en un ciclo de servicio continuo 24/7. Su función principal en el equipo del acumulador es mantener la presión necesaria para en el momento de la emergencia el acumulador tenga la presión necesaria de accionamiento.

Figura 36: Control electrónico



- **Motor eléctrico de 40 HP**

Se considera una maquina eléctrica rotativa, transforma la energía eléctrica en energía mecánica, por medio de la repulsión que representa un objeto metálico cargado eléctricamente ante un imán permanente es decir, es capaz de producir movimiento bajo carga a partir de la energía eléctrica. Sus partes principales son rotor- estator y ventilador.

En el equipo de workover se utiliza como motor de acumulador, para dar movimiento la bomba tríplex (comprime aceite hidráulico) por medio de una polea la cual es la encargada de aumentar la presión para el cargué del acumulador.

- **Arrancador suave Emotron**

Los Arrancadores suaves optimizan las secuencias de arranque y de parada (aceleran y desaceleran), aumentan la productividad, permiten ahorro de energía / mantenimiento y protegen los motores de inducción trifásicos.

El control de la tensión aplicada al motor por medio de los ajustes del ángulo de disparo de los tiristores permite a los Arrancadores suaves arrancar y parar un motor eléctrico de modo suave y controlado.

Con los ajustes adecuados de las variables, el par producido es ajustado a las necesidades de la carga para que la corriente necesaria sea la más baja posible en los arranques. Se utiliza como método de arranque para el motor del acumulador.

Figura 37. Conexión de arrancadores suaves



2.6 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2.6.1 Definición

Un Sistema de Puesta a Tierra (SPT) es un conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conecta los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra (elementos enterrados) y la red equipotencial de cables y barras que normalmente no conducen corriente.¹⁰

El Sistema de Puesta a Tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y las estructuras metálicas que ante una sobretensión, resultado de una falla o descarga, puedan presentar diferencias de tensión peligrosas para las personas o equipos.¹⁰

Los procedimientos para diseñar sistemas de tierras se basan en el estándar de la IEEE 80 Std 2000 y el NEC-NTC 2050, debido al costo elevado de los equipos y el alto costo que implica un paro en el proceso, se requiere un correcto diseño y una adecuada selección de materiales para un óptimo desempeño del sistema de puesta a tierra.¹⁰

2.6.2 Componentes eléctricos

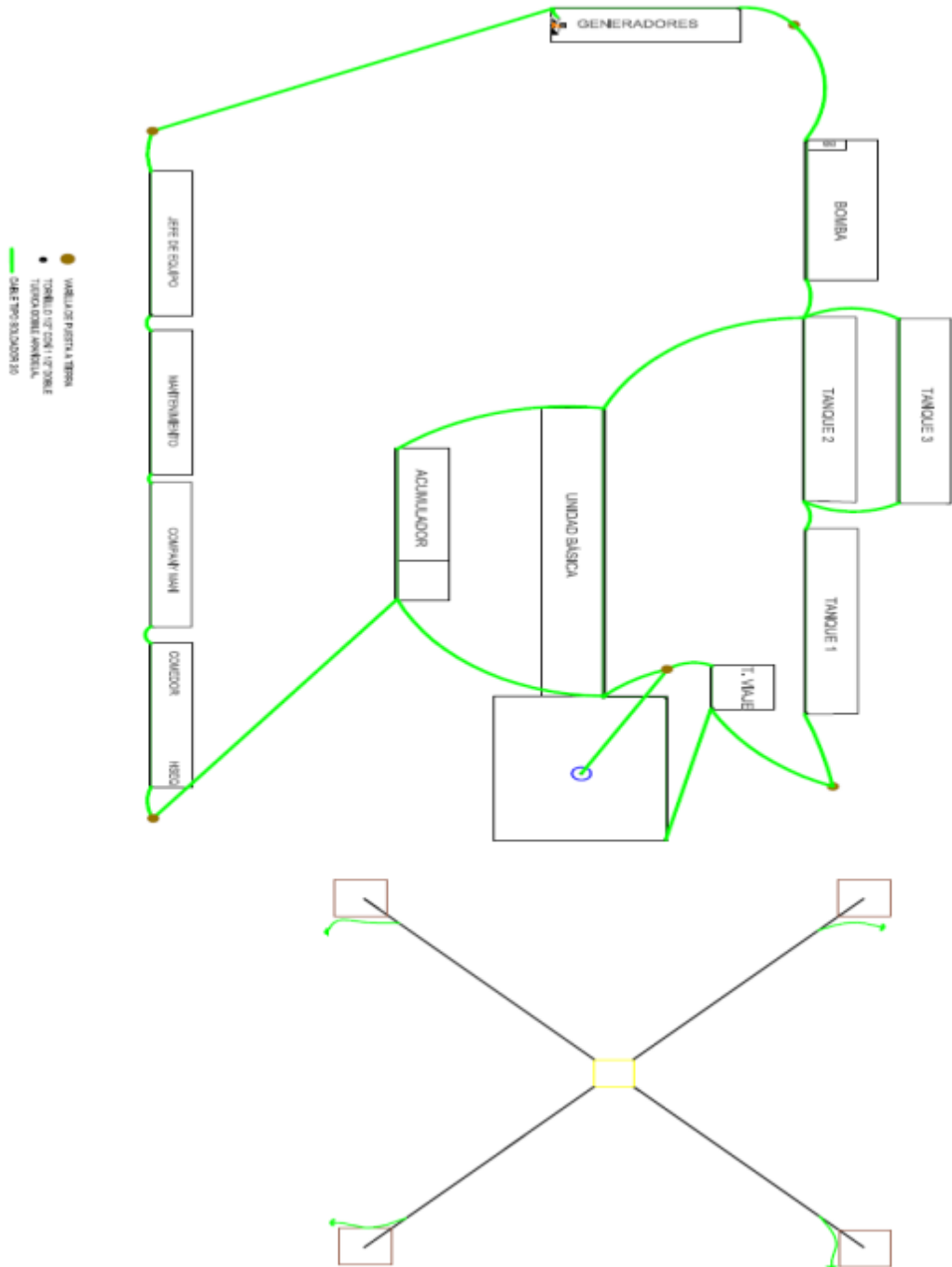
- **Malla de tierra**

2.6.3 Funciones de los componentes eléctricos

La función de la malla a tierra es garantizar la equipotencialidad del ser humano y de los equipos de la instalación ante eventos que logren incrementar el potencial de elementos metálicos expuestos a la electricidad. Así mismo garantizar que cuando se presenta una falla o descarga, cualquier punto, interior o exterior de la instalación eléctrica, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no esté sometido a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano.¹⁰

¹⁰ INDEPENDENCE S.A. Manual Estándar Eléctrico Energy. [Citado 16 Febrero de 2013] p.182 Disponible en base de datos Isolución.

Figura 38. Malla de tierra



2.7 SISTEMA DE APANTALLAMIENTO

2.7.1 Definición

El sistema de apantallamiento es técnicamente conocido como sistema de protección contra descarga atmosférica.¹¹

Las descargas atmosféricas son eventos naturales cuyos parámetros son variables espacial y temporalmente. El control de la magnitud y ocurrencia de estos fenómenos escapa al alcance del hombre, pero el punto de impacto y la mitigación de sus efectos sobre la salud humana, animal, medio ambiental, así como la protección del funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos, sí hace parte de las medidas que pueden adoptarse desde la ingeniería.¹¹

Es importante aclarar que respecto a los rayos no existe ni medios para evitarlos ni sistemas de protección 100% efectiva (Según consenso mundial).¹¹

La mayor incidencia de rayos en el mundo se da en las tres zonas de mayor convección profunda: América tropical, África central y norte de Australia. Colombia, por estar situada en zona de confluencia intertropical, presenta una importante actividad de rayos y de allí la importancia de la protección contra dicho fenómeno.¹¹

La construcción de un sistema de apantallamiento contra descargas atmosféricas directas es una necesidad ineludible para cualquier instalación industrial, comercial o edificios de vivienda que involucre personas, materiales o equipos eléctricos y electrónicos.¹¹

¹¹INDEPENDENCE S.A. Manual Estándar Eléctrico Energy. [Citado 16 Febrero de 2013] p.196 Disponible en base de datos Isolución.

2.7.2 Componentes eléctricos

- **Pararrayo- Bajante- Tierra.**

2.7.3 Funciones de los componentes eléctricos.

El dimensionamiento de un sistema de apantallamiento debe garantizar la protección de las personas, materiales y edificaciones expuestos a daños en caso de descargas atmosféricas directas, cumpliendo con los criterios de seguridad recomendados por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y las normas ICONTEC NTC 4552 “Protección Contra Descargas Eléctricas Atmosféricas”.¹²

Pararrayo: Su función principal es interceptar la corriente de rayo.

Bajante: Conducir la corriente de rayo a tierra y atenuar el campo magnético.

Tierra: Disipar la corriente de rayo.

Un **sistema Integral de Protección Contra Rayos (SIPRA)** se compone básicamente de tres subsistemas. El de protección externa tiene como propósito conducir el rayo hasta la tierra, el de puesta a tierra dispersa y disipa la energía en el terreno y el de protección interna limita las sobretensiones que se presentan entre las partes metálicas y conductores eléctricos; todo con el fin de brindar protección a personas y equipos.¹²

¹² INDEPENDENCE S.A. Manual Estándar Eléctrico Energy. [Citado 16 Febrero de 2013] p.197 Disponible en base de datos Isolución.

3. FMEA (Análisis, modos y efectos de falla)

Es importante resaltar que el análisis, modo y efectos de falla es uno de los pasos importantes de la filosofía del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM, el cual remonta su origen durante el estudio de la mejora de confiabilidad en la aviación comercial de los Estados Unidos para United Airline, en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como Boeing (constructor de aviones), el sector de la aviación, ha hecho que otros sectores tales como el de generación de energía (plantas nucleares y centrales termoeléctricas), petroleras, químicas, gas, refinación y la industria manufacturera, se interesen en implementar esta metodología de gestión del mantenimiento.¹³

El FMEA es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que ocurran y puedan afectar a los procesos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. A partir del análisis realizado por los grupos de trabajo a los distintos activos en su contexto operacional, se obtiene la información necesaria para prevenir las consecuencias y los efectos de las posibles fallas a partir de la selección adecuada de las actividades de mantenimiento. Estas actividades se eligen de modo que actúen sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias.¹⁴

3.1 FMEA COMO PARTE DE LA METODOLOGIA DEL RCM

Teniendo como base que lo que se desea es incrementar la disponibilidad de los activos, a bajos costos, es decir, asegurar que los equipos continúen cumpliendo las funciones para las cuales fueron diseñados.

Los FMEA se desarrollaran para cada uno de los equipos presentes en los sistemas eléctricos y electrónicos considerados objeto de análisis.

¹³ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010.

¹⁴PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 128.

El objetivo es encontrar todas las formas o modos en los que puede fallar un activo dentro del proceso, e identificar las posibles consecuencias de las fallas en función de criterios básicos como son: Seguridad humana, Seguridad del medio ambiente, imagen e impacto en la producción.

Los FMEA se desarrollan de tal forma que en este mismo se puedan identificar el sistema, los subsistemas y su función, los modos y causas de falla funcional, su modo de detección, la identificación de tareas de mantenimiento encaminadas a evitar la falla y su frecuencia. El formato de aplicación se muestra en las figuras.

Figura 39. Hoja definición de funciones

CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES	Cód Fun.	FUNCIONES

3.1.1 Método

La metodología propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los equipos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:¹⁵

Figura 41. Siete preguntas de RCM

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
2. ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional ?
3. ¿Qué causa la falla funcional?
4. ¿Qué sucede (efectos) cuando falla ?
5. ¿Qué ocurre (consecuencias) si falla ?
6. ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

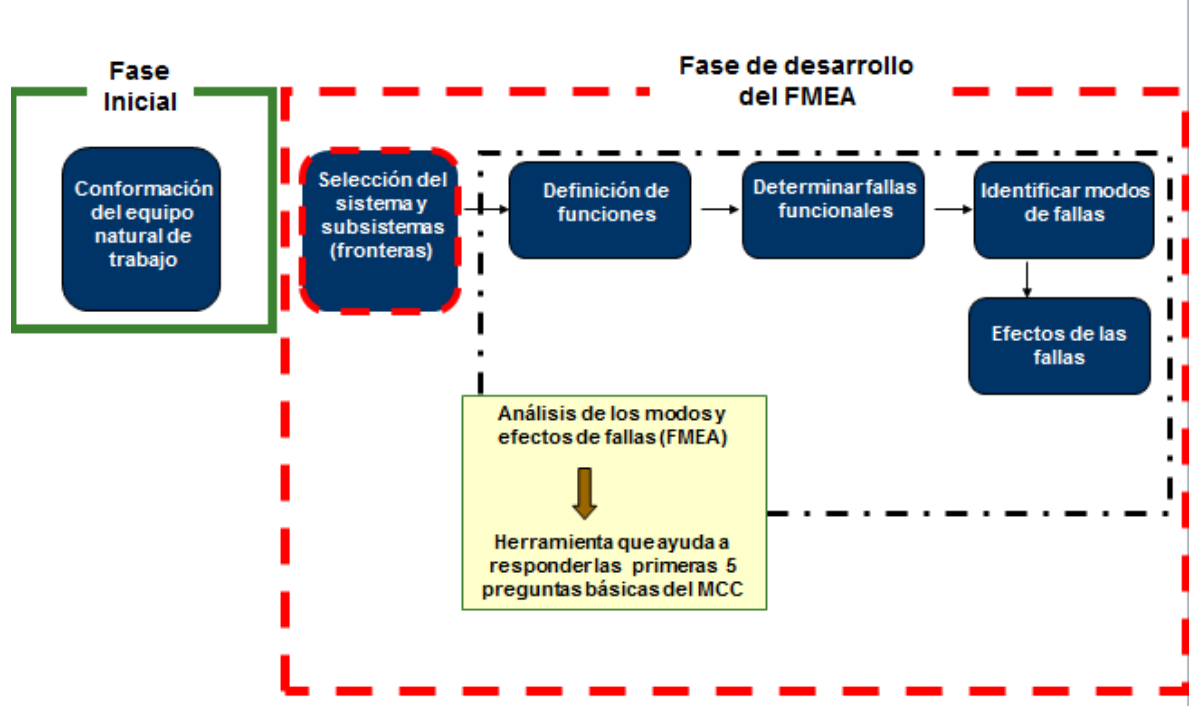
Fuente: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P.118.

Los FMEA (análisis, modos y efectos de fallas) constituyen la herramienta fundamental para responder las siete preguntas, siguiendo el flujograma (figura 41) FMEA podrá dar respuesta a las primeras cinco preguntas de la estrategia del RCM.¹⁵

Antes de comenzar el análisis de las necesidades de mantenimiento de los activos, es fundamental conocer qué tipo de activos existen y decidir cuáles son los que deben someterse al proceso de revisión (sistemas eléctricos y electrónicos)

¹⁵PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 118.

Figura 42. Flujo de implantación de FMEA



Fuente: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 118.

Se observan en el flujograma dos grandes fases del proceso de implantación de FMEA.

- Fase inicial.

Formación de un equipo natural de trabajo.

Es necesario crear un equipo constituido por personas con distintas funciones dentro de la organización que sean capaces de responder las preguntas.¹⁵

El éxito de la metodología en la industria dependerá básicamente del trabajo del equipo encargado. Para el caso de este documento se tuvo en cuenta a Ingeniero electricista- Ingeniero electrónico expertos en el tema.¹⁵

¹⁵PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 118

- Fase de desarrollo del FMEA.
 - Selección del sistema y subsistemas (fronteras)
 - Funciones
 - Fallas funcionales
 - Modos de falla
 - Efectos de falla

Se desarrollara el concepto en los siguientes capítulos.

3.1.2 Fronteras

Para el desarrollo de los FMEA o Análisis, modos, efectos de falla, es importante definir las fronteras de cada sistema o cada equipo, para lo cual se toma como base las guías dadas en la norma ISO 14224.¹⁶

La ISO 14224 es un modelo de jerarquía conocido como taxonomía de equipos. Que básicamente es para tener estructurado el proceso, controlarlo y poder hacer seguimiento, teniendo en cuenta que se debe conocer con exactitud que se estudia y que no ya que un equipo fuera de la frontera no es de interés para estudio.¹⁶

Así mismo los diagramas de bloque permitirán un comprensivo análisis funcional de cada sistema y ubicación de los equipos.

Como se muestra en la figura 42.

Se considera un sistema como un conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso que tienen una función específico.

¹⁶ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010

Figura 43. Plano esquemático de fronteras.

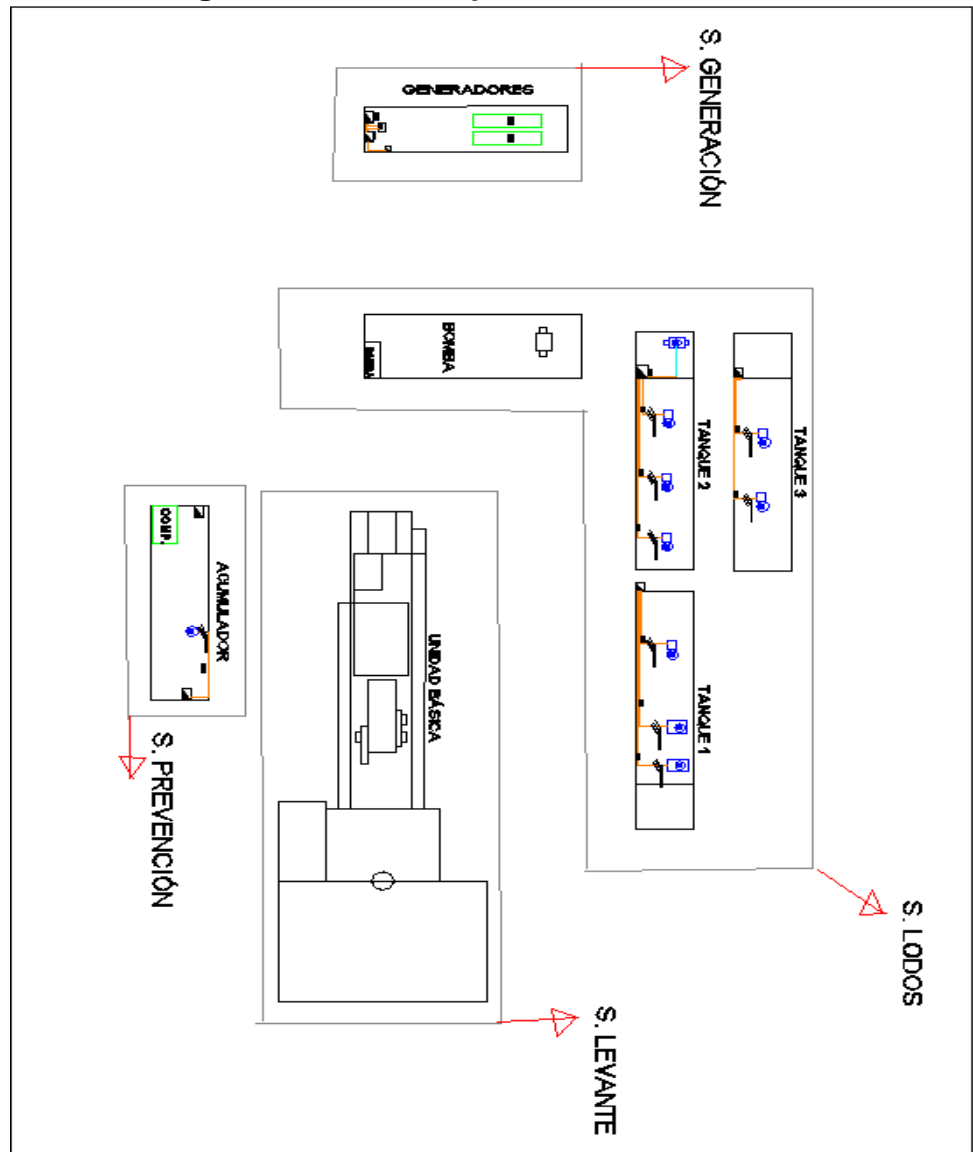


Figura 44. Cuadro sistemas, subsistemas y equipos eléctricos y electrónicos

SISTEMAS ELÉCTRICOS Y ELECTRONICOS EN EQUIPOS DE WORKOVER			
SISTEMA DE LEVANTE	UNIDAD BÁSICA	ELECTRONICO	Motor detroit diesel serie 60 DDEC V Transmision allison electronica serie 5000 Electrohidraulico parker Frenos ABS Electroneumatico air spring Comunicación back bone
		ELECTRICO	Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V
SISTEMA DE LODOS	BOMBA DE LODOS	ELECTRONICO	Motor detroit diesel serie 60 DDEC V Transmision allison electronica serie 5000 Comunicación bag bone
		ELECTRICO	Motor de arranque Delco Remy 1990483 12V
	TANQUE DE LODOS	ELECTRICO	Motor electrico 7.5 HP Motor electrico 40HP Arrancador suave Emotron
SISTEMA DE GENERACIÓN	GENERADOR	ELECTRONICO	Motor deutz SD-200 Generador stanford UCI 27 Control DEPSEA 7320
		ELECTRICO	Motor de arranque deutz 1183677 12V Tablero electrico de 440V Tablero electrico de 220V Transformador 440V/220V
SIST. DE PREVENCIÓN	ACUMULADOR	ELECTRONICO	Compresor somar 20HP Control Pointer
		ELECTRICO	Motor electrico 40HP Arrancador suave Emotron
SIST. PROTECCIÓN ELECTRICA	PUESTA A TIERRA	ELECTRICO	Malla de tierra
	APANTALLAMIENTO	ELECTRICO	Pararrayo-bajante-tierra

Figura 45. Diagrama de bloques sistemas.

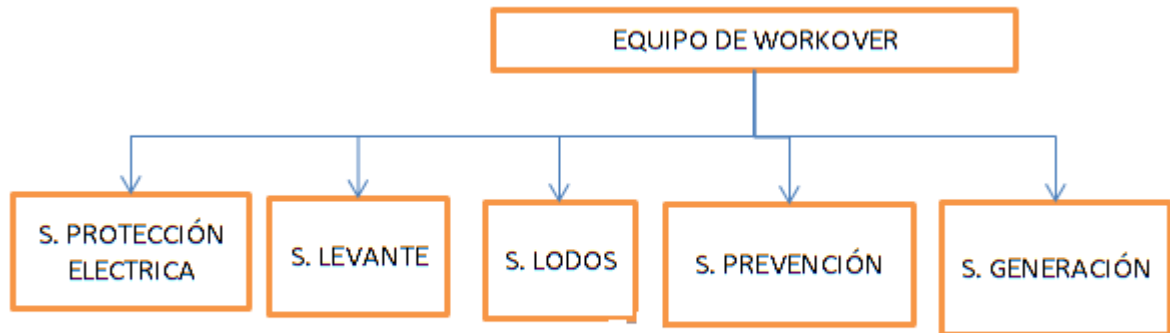


Figura 46. Diagrama de bloques sistema de generación

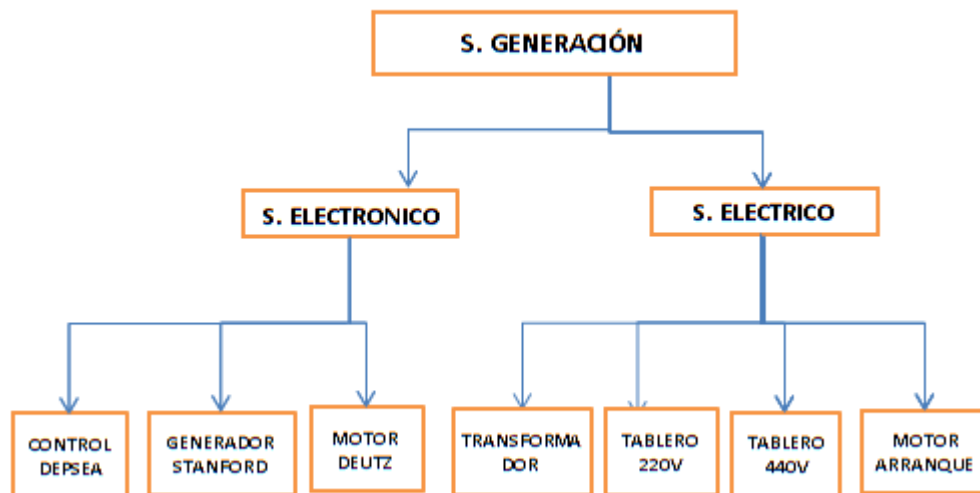


Figura 47. Diagrama de bloques sistema de prevención

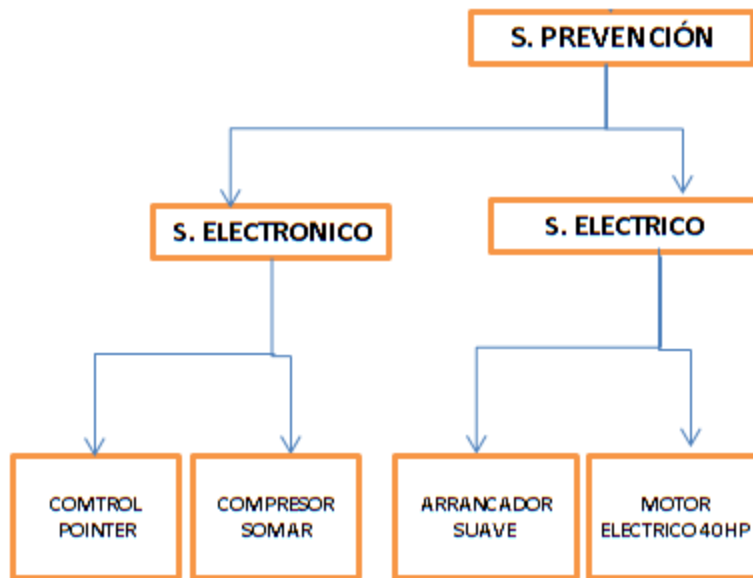


Figura 48. Diagrama de bloques sistema de lodos

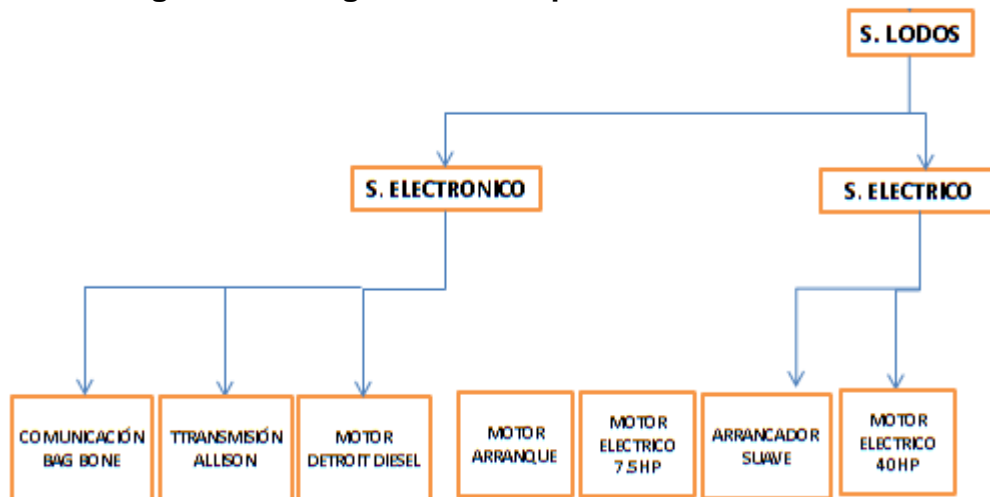


Figura 49. Diagrama de bloques sistema de levante

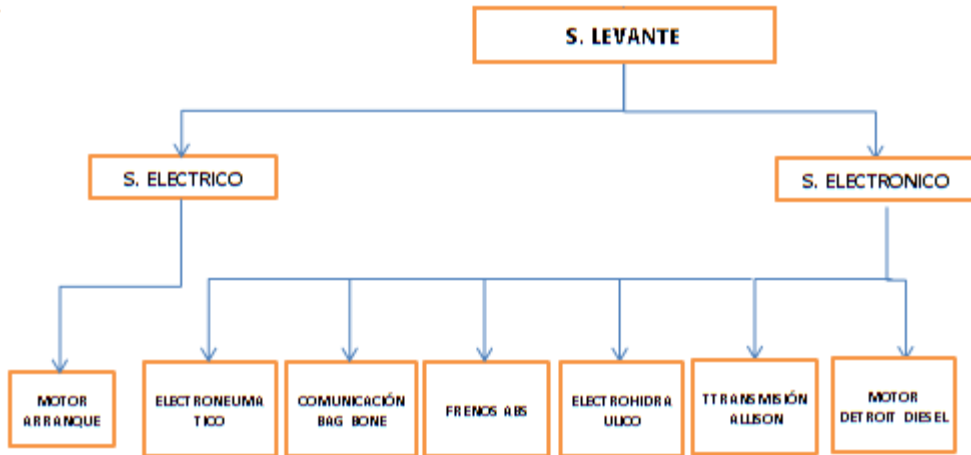
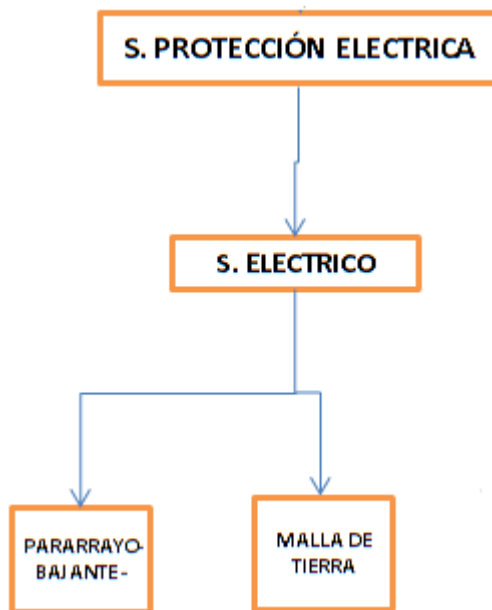


Figura 50. Diagrama de bloques sistema de protección eléctrica



3.1.3 Funciones

Una función se define como el propósito o la misión de un activo en un contexto operacional específico, es decir, cada elemento de los equipos se adquiere para propósitos determinados.¹⁷

La metodología define los siguientes tipos de funciones:

- *Funciones primarias*: Son las funciones que un activo tiene que cumplir dentro de un proceso, usualmente vienen definidas por el propio nombre del activo. Por ejemplo la función primaria de una bomba es bombear un determinado fluido.¹⁷
- *Funciones secundarias*: Son las funciones que el activo está capacitado para cumplir en adición a las salidas principales descritas por las funciones primarias: Por ejemplo, soporte-apariencia-Higiene y seguridad.¹⁷
- *Funciones de protección*: Existen equipos que tienen como misión proteger en primera instancia a las personas de los posibles efectos de las fallas y posteriormente proteger los activos.¹⁷
- *Funciones subsidiarias*: Son funciones realizadas en el proceso principal por equipos especiales adecuados a procesos específicos que no están relacionados directamente con el producto final del proceso principal.¹⁷

Para poder identificar claramente cuando un activo no está cumpliendo sus funciones de manera eficiente es necesario que el grupo de trabajo defina de forma precisa los estándares de ejecución asociados a cada función de los activos a analizar con respecto a su contexto operacional.¹⁷

¹⁷PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 128-129

3.1.4 Fallas funcionales

Una vez definidas las funciones que cada activo debe cumplir en un contexto operacional dado, el siguiente paso es determinar cómo ese activo deja de cumplir sus funciones. La pérdida de una función es lo que se denomina falla funcional.¹⁸

Una falla funcional se define como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el funcionamiento esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña. El nivel de insatisfacción producido por causa del fallo funcional dependerá de las consecuencias que pueda generar la aparición de dicha falla dentro del contexto operacional. Las diferentes fallas funcionales pueden incidir sobre una función de forma parcial o total. La pérdida total de la función ocurre cuando el activo se detiene por completo de forma inesperada. La pérdida parcial ocurre cuando el activo no puede alcanzar el estándar de ejecución esperado, es decir, cuando opera de forma ineficiente o fuera de los límites específicos tolerados.¹⁸

La definición precisa de una falla funcional para un activo depende en gran parte del contexto operacional del mismo, por lo que activos idénticos pueden sufrir diferentes fallas funcionales si el contexto operacional es diferente.¹⁸

Se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.¹⁸

¹⁸PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 130

3.1.5 Modos de falla

Las fallas funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son lo que la metodología RCM define como modo de falla (causas físicas que provocan las fallas funcionales totales o parciales). Las actividades de prevención, anticipación o corrección según el RCM, deben estar orientadas a atacar modos de falla específicos. Esta afirmación, constituye una de las mayores diferencias entre RCM y la forma tradicional de gestionar el mantenimiento, es decir, que para el RCM, las actividades de mantenimiento generadas a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo, atacarán específicamente a cada uno de los modos de falla asociados a cada falla funcional (cada falla funcional puede tener más de un modo de falla).¹⁹

El nivel al cual se gestiona el mantenimiento de un activo, se relaciona con el nivel al cual se identifica el modo de falla. Muchas veces el nivel al cual se identifica el modo de falla no corresponderá al nivel de detalle seleccionado para analizar el activo y sus funciones, por lo cual, para poder desarrollar un sistema de gestión de mantenimiento de un determinado grupo de activos en un contexto operacional, es necesario identificar el nivel al cual se producirán los distintos modos de falla asociados a las funciones de un activo en su actual contexto operacional.¹⁹

En el proceso de análisis de modos de falla, el grupo de trabajo buscará información consultando:

- Listas genéricas de modos de falla.
- Personal de mantenimiento o producción.
- Fabricantes y vendedores de activos.

¹⁹PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 131

3.1.6 Efectos de modos de falla Análisis de efectos

La identificación de los efectos de modo de falla deberá incluir toda la información necesaria que ayude a soportar la evaluación de las consecuencias de las fallas. Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de falla, el grupo de trabajo debe responder de forma clara las siguientes preguntas:²⁰

1. ¿Cómo se evidencia que un modo de falla ha ocurrido?

La descripción del efecto de falla deberá especificar si la ocurrencia del modo de falla se evidencia a partir de algún tipo de señal o de manifestación física. (Síntoma: como ruido, humo, señales de variables operacionales, alarmas, etc.)²⁰

2. ¿Cómo podría afectar la ocurrencia de cada modo de falla a la seguridad humana o al ambiente?

Se debe detallar si existe la posibilidad de que alguna persona pueda resultar herida o pueda incumplirse alguna norma ambiental. Normalmente, estos modos de falla aparecen por la mala operación de los equipos, caídas de objetos, presiones excesivas de trabajo, derrames de sustancias químicas, etc., Y suelen ser inusuales gracias al avance en el diseño moderno de las instalaciones y sus equipos.²⁰

3. ¿Cómo afectaría la ocurrencia de cada modo de falla a la producción y las operaciones?

Para decidir cuál es la mejor actividad de mantenimiento a ejecutar sobre los activos, es necesario que el grupo de trabajo tenga claramente definido la naturaleza y severidad de las consecuencias de los modos de falla dentro del proceso de producción (se recomienda cuantificar el impacto económico de cada modo de falla). En algunos casos los modos de falla afectaran al producto final, a los procesos, calidad del producto o eficiencia del servicio prestado, en otros, podrán afectar a la seguridad humana o al ambiente. Se debe describir de forma clara si el modo de falla conlleva a impacto en la operación. En estos casos, normalmente, los modos de falla generan paros completos de los procesos y aumento en los costos de los procesos, etc.²⁰

²⁰PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 132-133

El impacto del modo de falla en la organización depende del contexto operacional donde trabaje el activo, del estándar de ejecución deseado para la función del activo y de las consecuencias físicas generadas tras la aparición del modo de falla.²⁰

El RCM clasifica los modos de falla en las siguientes categorías:

- *Modo de falla con consecuencias ocultas*: Las consecuencias se generan a partir de funciones ocultas o no evidentes que presentan algunos activos en su contexto operacional, por ejemplo los equipos de reserva, de control o de seguridad. La aparición de estos modos de falla no será evidente dentro del desarrollo normal de las operaciones de un determinado sistema, en el caso de que estas fallas ocurran por si solas. Este tipo de falla, que no son evidentes por si solas sino cuando otra falla ocurre se denominan falla oculta.²⁰
- *Modos de falla con consecuencias sobre la seguridad humana y del medio ambiente*: Las consecuencias surgen a partir de las funciones evidentes de los activos y afectaran, a la seguridad humana y al medio ambiente.²⁰
- *Modos de falla con consecuencias operacionales*: Surgen a partir de funciones evidentes de los activos cuyas fallas funcionales afectarán de forma importante a la producción o las operaciones (costos de operación, costos directos de reparación, etc.)²⁰
- *Modos de falla con consecuencias no operacionales*: Surgen a partir de funciones evidentes y sus consecuencias son aceptables respecto a la seguridad, ambiente y operación, únicamente repercute económicamente, en el costo directo de su reparación.²⁰

²⁰PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 132-13

4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.1 SOFTWARE DE DETECCIÓN DE FALLAS

Los motores y transmisiones electrónicas son fácilmente de diagnosticar tanto manualmente como con ayuda del software especializado en detección y corrección de fallas.

Estos equipos y sistemas electrónicos presentan códigos de fallas inactivas y activas, las inactivas son distintos acontecimientos de carácter operacional que se presentan en un instante en la operación y en el funcionamiento de estos y de igual manera se corrige durante el transcurso de la operación pero el computador los guarda como fallas inactivas. Por ejemplo en el momento del encendido del motor no se hace el debido procedimiento y es forzado el encendido el motor detecta esta inconsistencia y guarda la falla como inactiva o simplemente son problemas que presenta el equipo pero operacionalmente no se ve afectado su funcionamiento por ejemplo pérdida de la señal del freno de motor.

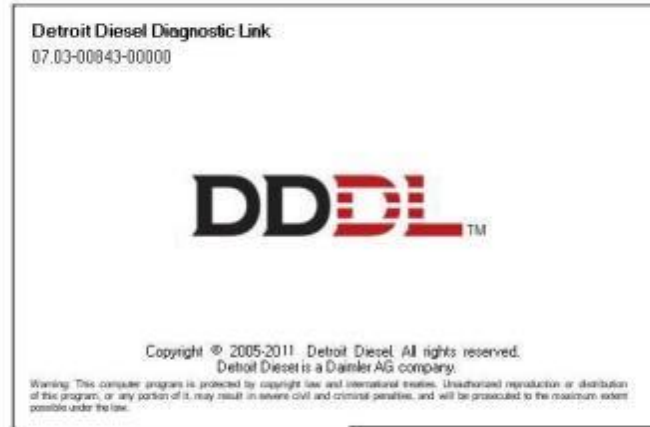
Por otro lado las fallas activas si son de relevancia una vez se presentan pueden llegar a apagar el equipo dejándolo inactivo. Afectando las operaciones en campo. Posibles fallas activas pueden ser baja presión de combustible o alta temperatura del motor.

Aquí es donde los software de diagnóstico entran en un papel importante para el mantenimiento preventivo de los equipos y sistemas electrónicos en las operaciones de workover.

De igual manera estas herramientas son una ayuda muy importante en la gestión de costos y a nivel gerencial son supremamente importantes ya que podemos controlar y mejorar el desgaste de los activos de la empresa (equipos electrónicos), y todos sus componentes internos y externos (consumo de combustible, aceites, refrigerantes etc.).

4.1.2 DDDL

Figura 51. DDDL pantalla de Inicio



Fuente: software DDDL

El software de diagnóstico para motores Detroit diésel DDDL (Diagnostic Link Detroit Diésel) es la herramienta para detectar códigos de falla en los motores electrónicos, monitorear los parámetros operacionales y corregir problemas electrónicos del motor (Detroit diésel).²¹

Figura 52. DDDL muestra parámetros



Fuente: software DDDL

21 Software de diagnóstico DDDL (diagnostic Detroit diesel link) 7.09

4.1.2 Allison DOC

Figura 53. Inicio Software Allison DOC.



El software de diagnóstico para las transmisiones Allison (Allison doc.) es la herramienta para detectar códigos de falla en las transmisiones electrónicas, monitorear los parámetros operacionales y corregir problemas electrónicos de la transmisión (Allison).²²

Las principales características y funciones del software de diagnóstico son:

- Restablecimiento de los parámetros principales
- Detección de códigos de falla
- Monitoreo de señales en tiempo real y continuo:
 - Presiones
 - Temperaturas
 - Voltajes
 - Revoluciones
 - Torques
 - Tiempos
 - Consumos

²²Software de diagnóstico Allison doc.11.0.1

- Reprogramación de parámetros operacionales
- Paso a paso de solución a los códigos de falla detectados
- Pronosticador de fallos
- Corte de inyectores
- Grabación en tiempo real del funcionamiento y estado de la unidad
- Crear planes de mantenimiento específico por parámetros

5. MODELO PROPUESTO

Se propone los siguientes FMEA (análisis, causas y efectos de falla) de los sistemas eléctricos y electrónicos para un equipo de workover. Teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados que influyen en la estrategia del mantenimiento.

La valoración del riesgo se realizó en base a la siguiente figura.

Figura 54. Matriz de riesgo

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA		PROBABILIDAD					
HUMANAS	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN			IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO	FRECUENTE
Mas de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrofico	1						
Incapacidad permanente	Efectos irreversibles en	ENTRE 100M - 10M	Nacional	Critico	2						
Incapacidad temporal	Efectos reversibles en menos de 6	ENTRE 10 M- 1M	Regional	Marginal	3						
Lesiones	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M-.05M	Local	Insignificante	4						
Nunguna	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ninguno	Ninguno	5						
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses	± 1 Mes
						A	B	C	D	E	F

El análisis de los modos y efectos de falla de cada uno de los equipos eléctricos y electrónicos de un equipo d workover se visualizara en un archivo de Excel (ver anexos).

6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACION

La estrategia de implementación primero debe considerar alinear con la estrategia de la empresa las actividades de mantenimiento (vender la idea a la gerencia general) y convertirse en prioridad para todos los miembros de la compañía, una forma válida de realizarlo es definiendo objetivos y responsabilidades utilizando indicadores, el desarrollo de este documento supondrá concretar una serie de políticas a llevar a cabo para los equipos eléctricos y electrónicos considerados importantes para la operación de workover, definiendo planes de mantenimiento preventivo e incluso utilizando técnicas de mantenimiento predictivas eficaces en la parte eléctrica, como lo es la termografía.

Al comenzar el análisis de causas y efectos de fallas es importante conocer los sistemas eléctricos y electrónicos, sus activos físicos existentes y decir cuales se someterán al proceso.

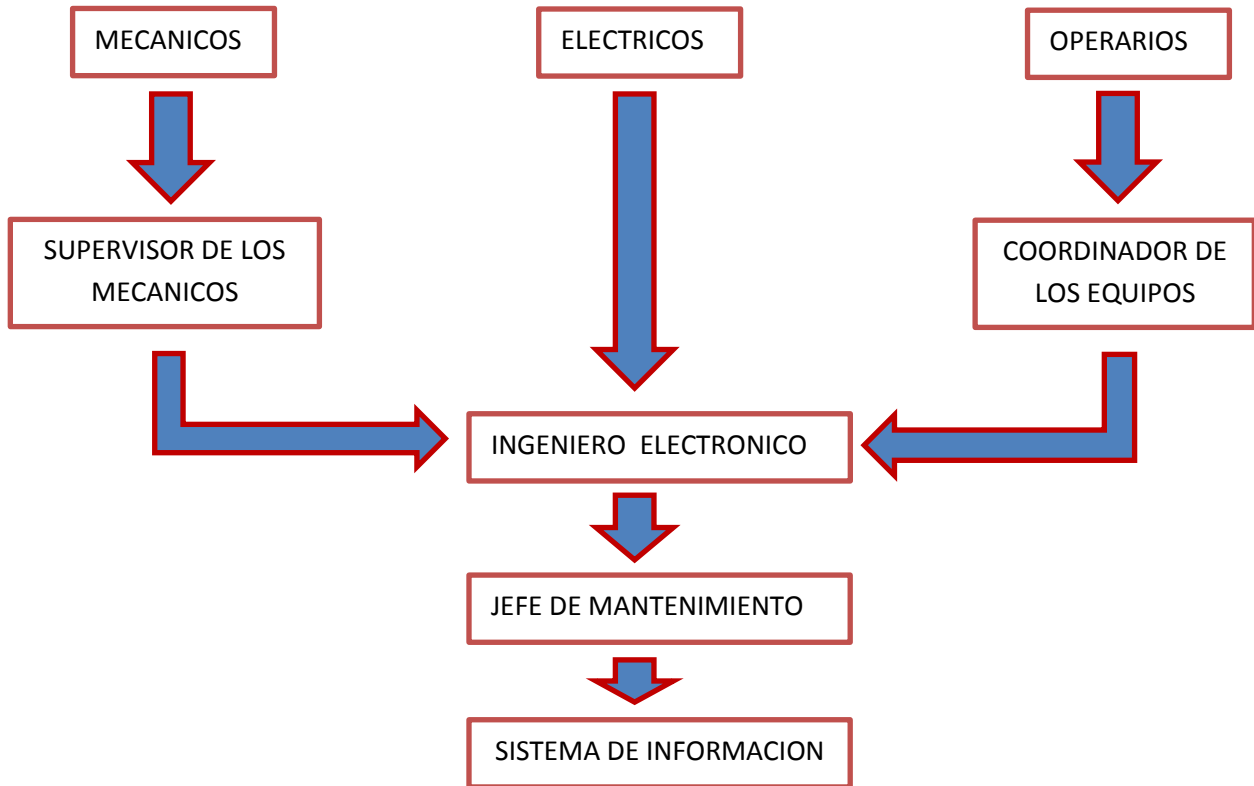
Formar (capacitar) un grupo de trabajo (Todos los niveles, sin jerarquía) para retroalimentar el proceso, mejorarlo y asegurar que se contemplen la mayor cantidad de fallas posibles, ya que ninguna decisión puede ser tomada mientras no haya sido aceptada. Capacitar al personal involucrado en la estrategia (Mantenimiento, Hse, Operaciones, Abastecimiento, Financiera, etc.)

Convencer al personal de que la estrategia vale la pena y es beneficiaria para todos, ya que sin necesidad de realizar tanto análisis de costos se evidencia que si se disminuyen las fallas a mediano y corto plazo se recupera la inversión inicial para abordar la estrategia que básicamente consiste en personal capacitado, herramientas y equipos de tecnología que en últimas se convierten en activos de la empresa y llegar a ser una excelente inversión.

Sin la estrategia mantenimiento propuesta, se seguirá siendo los apaga incendios comúnmente conocidos como bomberos de las empresas, que no brindan ningún valor agregado y no son más que un gasto.

Las acciones o tareas deben determinar la correcta asignación de recursos de mantenimiento (habilidades, materiales, equipos de pruebas y medida) para la realización del mantenimiento eléctrico-electrónicos y asegurar de esta manera que las tareas de mantenimiento resultadas del análisis, causas y efectos de falla se realicen con personal seleccionado, con procedimientos reseñados y utilizando las herramientas adecuadas.

7. MODELO DE GESTION



El departamento de mantenimiento en Varisur y compañía Ltda. está en un proceso de gestión en el cual se está alimentando un sistema de información con los nuevos equipos electrónicos que ha adquirido. El análisis de falla de los sistemas eléctricos y electrónicos es la principal herramienta para comenzar a desarrollar el modelo de gestión.

La alta gerencia aprobó los recursos necesarios para llevar a cabo este proyecto que el objetivo es aumentar la disponibilidad y confiabilidad de nuestros equipos generando cero horas de paradas de equipos por fallas en los sistemas eléctricos y electrónicos, y generando confiabilidad para nuestro principal cliente Ecopetrol. Además de esto los costos por paradas de equipo se disminuirán actualmente día de trabajo en operaciones cuesta 30 millones de pesos. Para facilitar esta gestión se adquirieron dos software de diagnóstico de fallas para motores serie 60 **DDDL** y para transmisiones Allison **ALLISON DOC**.

8. CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo general de la presente monografía con la elaboración del análisis, causas y efectos de falla (FMEA) de los sistemas eléctricos y electrónicos de un equipo de workover el cual permite hacer investigación y comprender los principios de RCM y prevenir las fallas expuestas.

Se identificaron los sistemas eléctricos y electrónicos de la Unidad básica, tanques de lodos, bombas de lodos, acumulador, generador. Se definieron las funciones de los sistemas y se asignaron las tareas de mantenimiento para cada uno de los modos de falla en los componentes de los sistemas.

Los FMEA construidos, cumplen con los requisitos del reglamento técnico de instalaciones eléctricas, con el estándar Industrias de petróleo y gas natural de recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.

BIBLIOGRAFIA

ACIPET, Asociación colombiana de ingenieros de petróleos. Historia del petróleo en Colombia. P.1. Available from Internet: http://www.alip.org/docs/Historias/breve_historia_petrolera_colombia.pdf

BUENAS TAREAS. Bombas de lodos .P.1. Available from Internet: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Bombas-De-Lodos/1881664.html>

ECOPETROL. Reseña histórica .P.1. Available from Internet: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoymundo/petroleoencolombia.htm>

INDEPENDENCE S.A. Manual Estándar Eléctrico Energy. [Citado 16 Febrero de 2013] 296p. Disponible en base de datos Isolución.

INTERNACIONAL STANDARD. Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO14224:2006.p 17-21.

MANTON, Anthony. Deep Sea electronics Dse7200/7300 Series Operators Manual. 2010. Document Number: 057-074

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas .RETIE, 2008. p. 59-66. 107-108.

ORTIZ, Daniel. Memorias Clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad - RCM. ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA DE MANTENIMIENTO. UIS. Bucaramanga 2010

ORTIZ PLATA, Daniel. Organizaciones del Mantenimiento: Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM. [CD_ROM]. Bucaramanga, 2008. Posgrado gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

PARRA MÁRQUEZ, Carlos Alberto y CRESPO MÁRQUEZ, Adolfo. Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad en la gestión de activos. Sevilla: Escuela técnica superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla, 2012. P. 128-132,139.

SAN ANTONIO INTERNACIONAL. Equipos de workover .P.1. Available from Internet: <http://www.sanantoniointernacional.com/equipos/workover.html>

STANFORD. Manual de instalación servicio y mantenimiento para generadores c.a .2010. Document Number: 224 y 274.

Software de diagnóstico Allison doc.11.0.1
Software de diagnóstico DDDL (diagnostic Detroit diesel link) 7.09

WEG, Automatización arrancadores suaves, 2011. P. 1-3

ANEXOS

- A. Análisis de modos y efectos de falla del acumulador [FMEA\FMEA acumulador.xlsx](#)
- B. Análisis de modos y efectos de falla del generador [electrónico](#)
- C. Análisis de modos y efectos de falla de la unidad básica y la bomba de lodos [FMEA\FMEA unidad y bomba.xlsx](#)
- D. Análisis de modos y efectos de falla eléctrico [FMEA\FMECA ELÉCTRICOS.xlsx](#)