

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN OBRAS
PÚBLICAS DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ UTILIZANDO FMEA, Y RCA
(ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO, Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)

URIEL HERHANDO SALAZAR ALVAREZ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

CARTAGENA, D.T.

2012

DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN OBRAS
PÚBLICAS DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ UTILIZANDO FMEA, Y RCA
(ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO, Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)

URIEL HERHANDO SALAZAR ALVAREZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

ME, m. Sc JUAN GABRIEL FAJARDO CUADRO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA

CARTAGENA, D.T.

2012

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

REGLAMENTO ACADEMICO

Artículo 105

“La Universidad Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grados aprobados, y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización”

AGRADECIMIENTOS

En un día como hoy expreso mis agradecimientos a:

A Dios por darme mucha salud, fortaleza y mucha dedicación para lograr culminar este proyecto que estaba pendiente en mi vida.

Al personal de la Alcaldía de Facatativá, secretario general Jaime Alejandro Duque, a Obras Públicas, Arq. Luis Hernando Arce, Ing. Andrés Mosquera y operarios.

A mi papá de crianza Humberto Auli por haberme apoyado económicamente a cumplir este sueño y a todos los que estuvieron en ese momento a mi lado.

A la Universidad Tecnológica de Bolívar por permitirme ejecutar éste proyecto vía virtual, en especial al Ing. Eduardo Arrieta, ya que por mis condiciones de distancia no podía ejercerlo, ya que después de casi 12 años ya veo muy cercano al hecho de convertirme en Ingeniero Mecánico.

A mi director de tesis Juan Fajardo Cuadro, por sus consejos, conocimientos transmitidos y tiempo prestado durante este periodo de trabajo.

A todas aquellas personas, que directa e indirectamente me proporcionaron su ayuda y colaboración.

DEDICATORIA

Gracias Dios por permitirme culminar éste paso, ya que siempre me has acompañado y me has permitido llegar hasta aquí.

Este proyecto se le dedico con todo mi corazón a mi hija Gabriela que desde que nació ha sido el motor para alcanzar mis metas y que siempre se sienta orgulloso de su papá. Te amo mucho hija hermosa.

A mi esposa Andrea que la amo mucho y que desde que se apareció en mi vida, ella ha sido mi mayor apoyo en las buenas y malas situaciones, siempre me ha aconsejado para que termine este proceso y sé que va estar orgullosa de haber atendido a todo su esfuerzo y dedicación para que siempre salgamos a delante con todos nuestro proyectos y de verme convertido en lo que ella siempre ha anhelado.

A mi hermosa mamá Miriam, que aparte de haberme dado la vida, siempre ha estado incondicionalmente en mi vida siendo mi amiga, mi consejera y mi guía para que siempre vaya por el mejor camino, ya que desde pequeño me ha enseñado a luchar y no bajar la guardia para conseguir lo que se quiere.

A mi hermano Nicol que siempre lo llevo en mi mente y en mi corazón, y sé que va estar orgulloso de que haya conseguido éste logro.

A mi tía Alba, a mi tío Juancho, a mi abuelita Chepa, a todos mis tíos, a todos mis primos y a mis hermosos sobrinos Juan y Nicolás, que han estado pendientes de éste proyecto y que siempre han soñado con que algún día obtenga este título.

URIEL HERNANDO SALAZAR ÁLVAREZ

Cartagena, 10 de Diciembre de 2012

Señores:

**Comité Evaluador de Proyectos de Grados.
Programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad.**

Respetados Señores:

A través de la presente certifico que he asesorado el trabajo de grado titulado:

“DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN OBRAS PÚBLICAS DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ UTILIZANDO FMEA, Y RCA (ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO, Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)”, realizado por el estudiante Uriel Hernando Salazar Álvarez, estudiante del programa de Ingeniería Mecánica. A juicio de este servidor el trabajo por mi asesorado reúne los requisitos establecidos.

Cordialmente,

JUAN GABRIEL FAJARDO CUADRO
Ingeniero Mecánico (ME,m.Sc)
Universidad Tecnológica de Bolívar

Facatativá, 10 de diciembre de 2012

Señores:

**Comité Evaluador de Proyectos de Grados.
Programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica.
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ciudad.**

Respetados Señores:

Con la presente me permito someter para su estudio, consideración y aprobación el trabajo de grado titulado: “DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN OBRAS PÚBLICAS DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ UTILIZANDO FMEA, Y RCA (ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO, Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)”, realizado por el estudiante Uriel Hernando Salazar Álvarez, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

URIEL HERNANDO SALAZAR ALVAREZ

AUTORIZACION

Facatativá, 10 de Diciembre de 2012

Yo Uriel Hernando Salazar Álvarez, identificado con cédula de ciudadanía número 7'918.612 de Cartagena (Bolívar), manifiesto en éste documento mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica de Bolívar los derechos patrimoniales, consagrados en el artículo 72 de la ley 23 de 1982 sobre Derechos de Autor, del trabajo final "DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN OBRAS PÚBLICAS DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ UTILIZANDO FMEA, Y RCA (ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTO, Y ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ)" producto de mi actividad académica para optar el título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica de Bolívar. La Universidad Tecnológica de Bolívar, entidad académica sin ánimo de lucro, queda por lo tanto facultada para ejercer plenamente los derechos anteriormente cedidos en su actividad ordinaria de investigación, docencia y extensión. La cesión otorgada se ajusta a lo que establece la Ley 23 de 1982. Con todo, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada con arreglo al artículo 30 de la Ley 1982. En concordancia suscribo este documento que hace parte integral del trabajo antes mencionado y entrego al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Atentamente,

Uriel Hernando Salazar Álvarez
C.C. 7'918.612 de Cartagena

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	24
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	26
2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	28
3. OBJETIVOS.....	29
3.1. Objetivo General.....	29
3.2. Objetivos específicos.....	29
4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION.....	31
5. MARCO SITUACIONAL.....	32
5.1. Ubicación.....	32
6. PLAN GENERAL ESTRATÉGICO.....	35
6.1. Visión.....	35
6.2. Misión.....	35
6.3. Objetivo general de desarrollo.....	35
6.3.1. Objetivos específicos.....	36
6.4. Organigrama estructural actual.....	38
7. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.....	39
7.1. Conceptos generales.....	39
7.1.1. Definición de mantenimiento.....	39
7.1.2. Funciones del mantenimiento.....	39
7.1.2.1. Funciones primarias.....	39

7.1.2.2. Funciones secundarias.....	40
7.1.3. Objetivos del área de mantenimiento.....	40
7.1.4. Reglas básicas para los encargados del mantenimiento.....	41
7.1.5. Control de mantenimiento.....	41
7.1.6. Tipos de mantenimiento.....	42
7.1.6.1. Mantenimiento preventivo.....	42
7.1.6.2. Mantenimiento correctivo no planificado.....	44
7.1.6.3. Mantenimiento correctivo planificado.....	46
8. IDENTIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA.....	47
8.1. Retroexcavadoras.....	47
8.1.1. Definición.....	47
8.1.2. Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.....	49
8.1.3. Retroexcavadora JONH DEERE 410 G.....	52
8.2. Minicargadores.....	54
8.2.1. Definición.....	54
8.2.2. Minicargador CASE 1845 C.....	54
8.2.3. Minicargador NEW HOLLAND L 170.....	58
8.3. Motoniveladoras.....	62
8.3.1. Definición.....	62
8.3.2. Motoniveladora JOHN DEERE 570 B.....	63
8.3.3. Motoniveladora INTENSUS GR 180.....	66
8.4. Excavadora hidráulica oruga.....	69

8.4.1. Definición.....	69
8.4.2. Excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.....	70
8.5. Vibrocompactadores.....	73
8.5.1. Definición.....	73
8.5.2. Vibrocompactador INTENSUS CV 80.....	73
8.5.3. Vibrocompactador DYNAPAC CA 15.....	76
8.5.4. Vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.....	79
8.6. Volquetas.....	81
8.6.1. Definición.....	81
8.6.2. Grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).....	82
8.6.3. Volquetas KODIAK 241 (OJW 016 y OJW 017).....	85
8.7. Volquetas doble troque tándem.....	89
8.7.1. Definición.....	89
8.7.2. Volquetas doble troque KODIAK TÁNDEM (OJW 018 y OJW 014).....	89
9. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS FMEA Y RCA.....	93
9.1. Desarrollo de la metodología FMEA.....	93
9.1.1. Fallas funcionales.....	94
9.1.2. Modos de falla.....	95
9.1.3. Efectos de fallas.....	96
9.1.4. Fuentes de información acerca de modos y efectos.....	97
9.2. Desarrollo de la metodología RCA.....	126
9.2.1. Causas raíces.....	127

9.2.2. Pasos para desarrollar la metodología RCA.....	129
9.2.3. Descripción y evaluación del impacto de adoptar y perpetuar el uso de las metodologías RCA y FMEA en la Alcaldía de Facatativá sede Obras Públicas.....	142
10. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	144
10.1. Mantenimiento diario.....	145
10.2. Plan de lubricación y engrase.....	146
10.3. Ajustes y servicios.....	147
10.3.1. Mantenimiento TIPO A.....	148
10.3.2. Mantenimiento TIPO B.....	150
11. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	153
11.1. Clasificación de la flota por tipo.....	153
11.2. Orden de trabajo.....	161
11.3. Historial de mantenimiento.....	162
12. CONCLUSIONES.....	163
RECOMENDACIONES.....	166
NOTAS BIBLIOGRÁFICAS.....	168
BIBLIOGRAFIA.....	169
ANEXOS.....	174

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Elementos para el mantenimiento de vehículos, equipos y maquinaria.....	175
ANEXO 2. FOTOS DE RETROEXCAVADORA 410 G.....	176
ANEXO 3. FOTOS DE VOLQUETA KODIAK 241.....	177
ANEXO 4. FOTOS DE VIBROCOMPACTADOR CA 15.....	178
ANEXO 5. FOTOS DE VIBROCOMPACTADOR DD 24.....	179
ANEXO 6. FOTOS MOTONIVELADORA GR 180.....	180
ANEXO 7. FOTOS DE MINICARGADOR 1845 C.....	181
ANEXO 8. FOTOS DE RETROEXCAVADORA 510 D.....	182
ANEXO 9. FOTOS VOLQUETA CON GRUA TELESCOPICA.....	183
ANEXO 10. FOTOS VOLQUETA DOBLETROQUE KODIAK 190.....	184
ANEXO 11. FOTOS EXCAVADORA DE ORUGA 690 ELC.....	185
ANEXO 12. Formato para desarrollar la metodología F.M.E.A.....	186
ANEXO 13. Formato lista de comprobación de mantenimiento tipo A.....	187
ANEXO 14. Formato lista de comprobación de mantenimiento Tipo B.....	188

ANEXO 15. Formato Orden de Trabajo.....	190
ANEXO 16. Formato historial de mantenimientos.....	191

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de Facatativá.....	33
Figura 2. Mapa veredal de Facatativá.....	34
Figura 3. Organigrama estructural actual.....	38
Figura 4. Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.....	49
Figura 5. Dimensiones Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.....	50
Figura 6. Motor John Deere 4045T, 95 HP.....	50
Figura 7. Retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.....	52
Figura 8. Dimensiones retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.....	52
Figura 9. Minicargador CASE 1845 C.....	54
Figura 10. Dimensiones del minicargador CASE 1845 C.....	55
Figura 11. Motor CASE, 4-390, 54 HP.....	56
Figura 12. Minicargador NEW HOLLAND L 170.....	58
Figura 13. Dimensiones minicargador NEW HOLLAND L 170.....	58
Figura 14. Motor New Holland N843, 32 HP.....	59
Figura 15. Motoniveladora JOHN DEERE 570 B.....	63

Figura 16. Dimensiones motoniveladora JOHN DEERE 570 B.....	63
Figura 17. Motoniveladora INTENSUS GR 180.....	66
Figura 18. Dimensiones motoniveladora INTENSUS GR 180.....	66
Figura 19. Motor CUMMINS QSB6.7, 144KW.....	67
Figura 20. Excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.....	70
Figura 21. Dimensiones excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC....	70
Figura 22. Dimensiones del alcance del brazo excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.....	71
Figura 23. Motor John Deere, E6068T, 140 HP.....	71
Figura 24. Vibrocompactador INTENSUS CV 80.....	73
Figura 25. Dimensiones vibrocompactador INTENSUS CV 80.....	74
Figura 26. Vibrocompactador DYNAPAC CA 15.....	76
Figura 27. Dimensiones del vibrocompactador DYNAPAC CA 15.....	76
Figura 28. Motor PERKINS 4326, 79 hp.....	77
Figura 29. Vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.....	79
Figura 30. Dimensiones vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.....	79
Figura 31. Motor Kubota, V2203M, 44HP, 667.7 Hz.....	80

Figura 32. Grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).....	82
Figura 33. Motor a gasolina CHEVROLET 366 fuel injection, V8, 180 hp.....	83
Figura 34. Carga permitida vs distancia de trabajo.....	85
Figura 35. Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).....	85
Figura 36. Dimensiones Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).....	86
Figura 37. Motor CATERPILLAR 3126E EURO II, 190/207 HP @ 2,500 RPM.....	86
Figura 38. Volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).....	89
Figura 39. Dimensiones volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).....	90
Figura 40. Motor CATERPILLAR 3126 E EPA 2000NB, 250HP A 2,200 RPM.....	90
Figura 41. Gráfica de la suma de los NPR vs TIPO DE MAQUINARIA.....	117
Figura 42. Diagrama de barras de los modos de fallas.....	118
Figura 43. Esquema de un separador de agua marca BALDWIN.....	121
Figura 44. Trampas de agua.....	122
Figura 45. Diagrama de barras de los modos de fallas por máquina.....	124
Figura 46. Gráfica de cantidad de sucesos ocurridos durante los años 2009 al 2012.....	125

Figura 47. Diagrama de Árbol RCA para nivel de aceite del sistema hidráulico.....	138
Figura 48. Diagrama de Árbol RCA para no toma de lectura tanto en horómetro como en odómetro.....	139
Figura 49. Diagrama de Árbol RCA para ruptura de mangueras en el sistema hidráulico.....	139
Figura 50. Diagrama de Árbol RCA para engrase general.....	140
Figura 51. Diagrama de Árbol RCA para nivel de aceite del motor.....	140
Figura 52. Diagrama de Árbol RCA para daños en el sistema eléctrico.....	141

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Inventario de la flota de Obras Públicas.....	47
Tabla 2. Especificaciones técnicas de retroexcavadora JOHN DEERE (510 D)...	51
Tabla 3. Especificaciones técnicas de retroexcavadora JOHN DEERE (410 G)...	53
Tabla 4. Tabla de dimensiones del minicargador CASE 1845 C.....	55
Tabla 5. Tabla de especificaciones técnicas del minicargador CASE 1845 C.....	57
Tabla 6. Especificaciones técnicas de minicargador NEW HOLLAND L 170.....	59
Tabla 7. Tabla de dimensiones de la motoniveladora JOHN DEERE 570 B.....	64
Tabla 8. Tabla de especificaciones técnicas motoniveladora JOHN DEERE 570 B.....	65
Tabla 9. Especificaciones estándar de equipos principales en la motoniveladora INTENSUS GR 180.....	67
Tabla 10. Especificaciones técnicas de motoniveladora INTENSUS GR 180.....	68
Tabla 11. Especificaciones técnicas de excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.....	72
Tabla 12. Especificaciones técnicas de vibrocompactador INTENSUS CV 80.....	75

Tabla 13. Especificaciones técnicas del vibrocompactador DYNAPAC CA 15.....	78
Tabla 14. Especificaciones técnicas de vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.....	80
Tabla 15. Especificaciones técnicas grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).....	83
Tabla 16. Especificaciones técnicas de grúa telescópica 705/3S.....	84
Tabla 17. Tabla de especificaciones técnicas de Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).....	87
Tabla 18. Tabla de especificaciones técnicas de volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).....	91
Tabla 19. Ejemplo de modos de falla de una bomba.....	96
Tabla 20. Escala para determinar probabilidad de severidad.....	99
Tabla 21. Escala para determinar probabilidad de frecuencia.....	99
Tabla 22. Escala para determinar probabilidad de detección.....	100
Tabla 23. Tabla de desarrollo del FMEA para retroexcavadora 510 D.....	102
Tabla 24. Tabla de desarrollo del FMEA para retroexcavadora 410 G.....	103
Tabla 25. Tabla de desarrollo del FMEA para minicargador 1845 C.....	104

Tabla 26. Tabla de desarrollo del FMEA para minicargador L 170.....	105
Tabla 27. Tabla de desarrollo del FMEA para motoniveladora 570 B.....	106
Tabla 28. Tabla de desarrollo del FMEA para motoniveladora GR 180.....	107
Tabla 29. Tabla de desarrollo del FMEA para excavadora hidráulica de oruga 690E LC.....	108
Tabla 30. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador CV 80.....	109
Tabla 31. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador CA 15.....	110
Tabla 32. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador DD 24.....	111
Tabla 33. Tabla de desarrollo del FMEA para grúa volqueta C 701.....	112
Tabla 34. Tabla de desarrollo del FMEA para volquetas KODIAK 241.....	113
Tabla 35. Tabla de desarrollo del FMEA para volquetas doble troque KODIAK TANDEM.....	114
Tabla 36. Resumen de la aplicación de la FMEA para toda la flota.....	115
Tabla 36a. Resumen de la aplicación de la FMEA para toda la flota.....	116
Tabla 37. Tabla de distribución de frecuencia de los modos de fallas.....	118
Tabla 38. Tabla de distribución de frecuencia de los NPR por tipo de máquina..	123

Tabla 39. Cantidad de sucesos ocurridos por máquina durante los años 2009 al 2012.....	124
Tabla 40. Niveles del plan de mantenimiento propuesto.....	144
Tabla 41. Actividades de mantenimiento realizados por el operado.....	145
Tabla 42. Actividades de mantenimiento Tipo.....	148
Tabla 43. Actividades de mantenimiento Tipo B.....	150
Tabla 44. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Kilometraje/Meses para vehículos pesados.....	154
Tabla 45. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Horas de trabajo para maquinaria pesada.....	157

INTRODUCCION

Este proyecto de grado está enfocado en el estudio de 5 vehículos y 10 máquinas pesadas, la mayoría funcionando con combustible Diesel, basado en la pertinencia técnico-beneficio para la implementación de un plan de mantenimiento preventivo a toda la flota existente y con miras a adquirir, así como la determinación de tareas programadas que sean más eficientes para lograr tener el mejor beneficio tanto para la sede de Obras Públicas como para la prestación de un buen servicio a la comunidad de Facatativá.

La investigación que se realizará está enmarcada dentro de los conceptos de un Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad que es una técnica para revisar las fallas de los equipos, operacionales y humanas, y así determinar las acciones correctivas o preventivas. Uno de los enfoques primarios de un Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es el desarrollo de nuevas actividades de mantenimiento preventivo.

Mucha de la flota ha experimentado fallas que podrían haber sido prevenidas. El foco de un Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es la revisión estructurada de cómo fallan los componentes y la determinación de cómo pueden ser usadas las medidas preventivas para minimizar el potencial de fallas.

Hoy en día existen muchas tecnologías que son fundamentales para que un Mantenimiento Centrado en la confiabilidad sea exitoso. Básicamente ésta

investigación se centra en dos metodologías fundamentales como son el Análisis de Modos de Falla y Efecto o FMEA y el Análisis de Causa Raíz o RCA para lograr convertir el mantenimiento netamente correctivo actualmente en la Alcaldía de Facatativá, sede Obras Públicas, en un Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

Al aplicar estas metodologías se obtendría como resultado un plan de acción programado que establece parámetros a nivel operativo y estratégico que al unificarse traerían un sin número de beneficios para la Alcaldía.

El presente trabajo tiene como objeto principal el desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en Obras Públicas del Municipio de Facatativá, utilizando las metodologías FMEA, y RCA (Análisis de Modos de Malla y Efecto, y Análisis de Causa Raíz), para toda la flota pesada que opera actualmente, haciendo que todas esas variables críticas se disminuyan y así poder incrementar la disponibilidad de los equipos para el beneficio económico y operativo de la Alcaldía.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La Alcaldía de Facatativá, sede Obras Públicas poseen una gran variedad de maquinaria pesada, el cual son su fuente de sus ingresos y de la prestación de servicios a la comunidad.

Con base en todos los datos que se recolectaron, sólo para el año 2012 se observa que existen muchas falencias en la hora de realizarles un mantenimiento adecuado a su flota, es muy común hacerles nivelaciones en los aceites tanto del motor como en el sistema hidráulico, pues puede ser que ya el motor este por repararse o que tenga fugas muy leves por retenedores u otro elemento y que el sistema hidráulico tenga fugas en su fuente de poder, otros problemas más frecuentes encontramos son la rupturas de mangueras del sistema hidráulico, cambios muy acelerados de filtros, no lectura de los kilómetros y/o horas de trabajo (ocasionando mantenimientos no programados), etc.

La mayoría de estos inconvenientes se vienen presentando desde hace mucho tiempo atrás, ocasionando muchos gastos inesperados en la compra de repuestos, que eventualmente se les tenga que aplicar un mantenimiento correctivo, creando mucho tiempo muerto y el riesgo en la seguridad del personal que manipula la maquinaria. Todo esto producido por un mantenimiento inadecuado o una mala elección de los elementos que se usan para repararlas.

Todos estos malos procedimientos que se practican hasta la fecha, solo cuentan con solo formato llamado "ELEMENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE VEHICULOS, EQUIPOS Y MAQUINARIA", ver anexo 1, el cual le ocasionan un gasto muy moderado desde el punto de vista de que semanalmente se aplique un mantenimiento correctivo, pero si lo proyectamos en el tiempo se refleja que en solo maquinaria se gasta mucho dinero en querer mantenerlos a punto para el servicio a la comunidad.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo incrementar la productividad de su flota de trabajo mediante la implantación de un plan de mantenimiento programado, realizando un estudio de los sucesos más críticos y presentando una propuesta de mejora que permita hacer más eficiente la prestación del servicio?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General.

Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo en la entidad de Obras Públicas de la Alcaldía del municipio de Facatativá utilizando FMEA, y RCA (análisis de modos de falla y efecto, y análisis de causa raíz), con miras a optimizar los programas de mantenimiento y maximizar la disponibilidad de los mismos.

3.2. Objetivos específicos.

1. Describir cómo ha sido la evolución del mantenimiento de la maquinaria pesada de la Alcaldía de Facatativá sede Obras Públicas y cómo ha venido fortaleciendo su infraestructura física.
2. Elaborar un diagnóstico de los equipos mediante técnicas estadísticas para identificar las mejores oportunidades de mejoramiento en ellos y evaluar su criticidad desde el punto de vista estratégico y operativo.
3. Identificar los modos de fallos dominantes y desarrollar la metodología FMECA para los equipos de mayor criticidad, para generar las acciones de mantenimiento de tipo preventivo, de detección temprana o de contingencia requeridos para aumentar su disponibilidad y mejorar su confiabilidad.
4. Desarrollar la metodología del árbol de fallas para un caso en particular de falla de mayor impacto negativo sobre la operación.

5. Describir y evaluar el impacto de adoptar y perpetuar el uso de las metodologías RCA y FMECA en la Alcaldía de Facatativá sede Obras Públicas.

6. Elaboración de un guía para la implementación del proyecto la Alcaldía de Facatativá sede Obras Públicas.

4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La prestación de un buen servicio por parte de Obras Públicas es de vital importancia para la comunidad de muy pocos recursos económicos (lo solicitan cuando necesitan realizar un trabajo en la zona rural como en la urbana) del municipio de Facatativá. Estos recursos que les ofrece la Alcaldía son de gran ayuda tanto para la comunidad como para el mismo mantenimiento de sus infraestructuras.

Por eso es de gran importancia que toda su flota pesada esté siempre disponible para ofrecer oportunamente sus servicios. Y para eso nos basamos en las herramientas para mejorar la confiabilidad de procesos y productos (FMEA) y la de crear estrategias de confiabilidad operacional (RCA).

Los resultados de la investigación contribuyen a la elaboración de guías de mejoras que nos permita ser más proactivo para el seguimiento de los sucesos perjudiciales en la maquinaria, y para la planificación del mantenimiento con la intención de mejorar la eficiencia en la prestación del servicio.

5. MARCO SITUACIONAL¹

5.1. Ubicación.

El municipio de Facatativá se localiza en el Departamento de Cundinamarca, a 36 Km de Bogotá, capital de la República de Colombia, en la vía troncal de occidente Medellín - Bogotá. Tiene una extensión de 159,60² km² de los cuales 154,5 Km² pertenecen a la zona rural y 5,1 Km² a la zona urbana. Con una altitud de 2.586 mts sobre el nivel del mar. Ver figura 1.

La variada topografía produce una amplia gama de tipos de suelos por morfología y por composición fisicoquímica que permite muchas posibilidades de uso agropecuario, así como para la protección y conservación de los recursos naturales, actividades ecológicas y turísticas.

La temperatura promedio es de 12.9°C con elevaciones máximas de 22°C y mínimas de 6°C, con variación a la época del año. Los vientos soplan generalmente en dirección sur-este con velocidades promedio de 2,6 mts/seg; la humedad relativa corresponde al 76% y presenta una precipitación pluvial entre 600 y 1.400 mm, con un promedio anual de 829,9 mm, de acuerdo a las épocas de invierno.

¹ Información tomada del PLAN DE DESARROLLO de la Alcaldía de Facatativá para el 2012.

² POT, Acuerdo Municipal 009 de 2011.

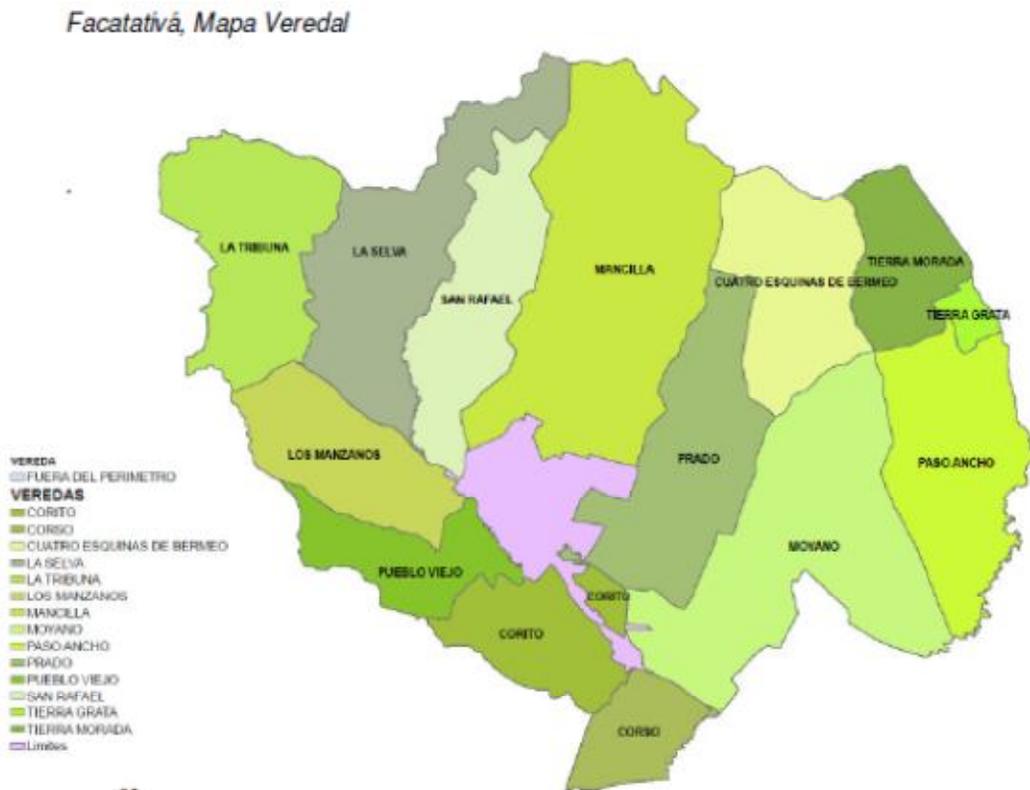
Figura 1. Ubicación geográfica de Facatativá.



Fuente. PLAN DE DESARROLLO de la Alcaldía de Facatativá para el 2012.

El municipio es categoría 3ª y está conformado por 14 veredas, 16 centros poblados y 109 barrios. Las veredas son: La Tribuna, Mancilla, Tierra Grata, Moyano, Pueblo Viejo, La Selva, El Prado, Cuatro esquinas de Bermeo, Los Manzanos, San Rafael, Tierra Morada, Paso Ancho, El corzo y Corito. El municipio de Facatativá, cuenta con un área de influencia de 34 municipios que se reúnen en las siguientes provincias: Bajo Magdalena (Caparrapí, Guaduas, Puerto Salgar), Gualivá (Albán, La Vega, La Peña, Nimaima, Quebrada Negra, San Francisco, Sasaima, Supatá, Utica, Vergara y Villeta), Magdalena Centro (Beltrán, Bituima, Caguaní, Guayabal de Síquima, Pulí, San Juan de Río Seco, Viani), Sabana de Occidente (Bojacá, El Rosal, Funza, Madrid, Mosquera, Subachoque, Tenjo y Zipacón), siendo Facatativá cabecera municipal. Ver figura 2.

Figura 2. Mapa veredal de Facatativá.



Fuente. PLAN DE DESARROLLO de la Alcaldía de Facatativá para el 2012.

6. PLAN GENERAL ESTRATÉGICO.

Está constituido por la visión, la misión, los objetivos, los valores, los principios, los lineamientos, las estrategias para el desarrollo, y los fundamentos para asegurar el uso eficiente de los recursos públicos y el óptimo desempeño de la función administrativa.

6.1. Visión.

En el año 2025 Facatativá será una Ciudad Contemporánea, segura y amable; posicionada como referente de alto significado histórico y cultural; con una sociedad del conocimiento que avanza en armonía ambiental, para asegurar la sostenibilidad de las generaciones venideras. Se consolidará como POLO DE DESARROLLO REGIONAL en proceso de internacionalización, conforme a la importancia geoestratégica que representa para Bogotá D.C. y el centro del país.

6.2. Misión.

Sumimos el compromiso misional de liderar un proceso de administración colectivo, incluyente y gerencial, poniendo en marcha políticas públicas eficientes que aseguren la democracia participativa y propicien las condiciones adecuadas para el desarrollo integral de la población.

6.3. Objetivo general de desarrollo.

Mejorar la calidad de vida de los habitantes de Facatativá, transformando positivamente sus condiciones actuales, mediante la puesta en marcha de

alternativas de solución y de acuerdo a las potencialidades de la persona y del territorio, la competitividad local y los factores diferenciales.

6.3.1. Objetivos específicos.

- Atender las situaciones expuestas por la comunidad, teniendo en cuenta la complejidad de los actores, y entendiendo, como Administración Municipal, que las decisiones que tomemos hoy abrirán o cerrarán posibilidades de acción política, a las decisiones que se puedan tomar mañana.
- Fortalecer la familia como núcleo de la sociedad, mediante la implementación de una política social que avance hacia la prevención y la disminución de situaciones definidas como problemáticas en cohesión, inclusión, valores, y en general, del bienestar de nuestra población.
- Adoptar un modelo de Gobernabilidad Democrática entendida como la definición operativa de Gobernanza, que permita aumentar los niveles de confianza en las instituciones del estado, desplegando acciones que disminuyan la percepción de inseguridad, fomente el disfrute de los bienes colectivos, la defensa de lo público y el respeto por los derechos humanos.
- Lograr mejores niveles de calidad educativa para que nuestros estudiantes sean el motor de una verdadera sociedad del conocimiento.
- Lograr que la población disfrute de una vida más prolongada y saludable, verificando el cumplimiento cabal de la prestación de los servicios de salud.
- Implementar una política pública de inversión empresarial, emprendimiento e innovación, con carácter regional, orientada a la promoción del empleo, a

generar valor, y al aumento en las potencialidades de consumo de las familias Facatativeñas.

- Priorizar proyectos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que estén alineados a las propuestas de gobierno contenidas en este instrumento de gestión.
- Trazar una política pública municipal de protección a los recursos naturales, que garantice un ambiente sano, un territorio sostenible y un crecimiento urbano y rural organizado, evitando condenar al municipio a la marginalidad y al caos.
- Recuperar nuestra memoria histórica a través de una gran apuesta por la resignificación y la recomposición del territorio.
- Promover la cooperación como sistema solidario de manos unidas, y el comienzo del proceso de internacionalización de la ciudad.
- Hacer de Facatativá un municipio más atractivo donde el embellecimiento y el mejoramiento del ornato público transformen su presentación y optimicen los espacios.
- Desarrollar un sistema de gestión del riesgo capaz de sortear las dificultades que se puedan presentar por eventos naturales y antrópicos, con énfasis en una política integral de prevención.
- Promover la llegada de nuevas tecnologías que sean determinantes para resolver problemas de orden ambiental, informático, y en general, de todas las áreas donde sea necesario su advenimiento.

6.4. Organigrama estructural actual.

Actualmente las funciones que desempeñan las personas que trabajan en el taller no se encuentran bien delimitadas, es decir que no existe un estudio de cargos y puestos de trabajo o un manual a seguir para efectuar contrataciones de personal.

La rama administrativa actual tiene esta forma. Ver figura 3.

Figura 3. Organigrama estructural actual.



Fuente. Autor del proyecto.

7. GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO.

7.1. Conceptos generales.

7.1.1. Definición de mantenimiento.

Mantenimiento es el conjunto de actividades necesarias para conservar los equipos y vehículos en condiciones de funcionalidad durante su vida útil o volverlos a dicha condición; obteniéndose con estas actividades el incremento de su disponibilidad. En consecuencia podemos decir que el mantenimiento no es más que la función que repara el equipo averiado lo más rápido posible, ahora se trata de mantenerlo en operación con las características que nos permita obtener el mayor rendimiento.

7.1.2. Funciones del mantenimiento.³

7.1.2.1. Funciones primarias.

Comprenden la justificación y básicamente son los objetivos que se proponen en la organización con relación al sistema de mantenimiento, pudiendo ser estos:

- ✓ Mantenimiento de máquinas y equipos.
- ✓ Inspección y lubricación.
- ✓ Modificaciones a equipos.
- ✓ Control de costos de mantenimiento.

³ CUADARDO, Edwin. Mantenimiento industrial. p. 5.

7.1.2.2. Funciones secundarias.

Son consecuencia de las características particulares de cada organización.

- ✓ Almacenamiento e inventario actualizado de materiales de mantenimiento.
- ✓ Aporte de medios específicos para desarrollar trabajos de mantenimiento.
tales como: herramientas, instrumentos de medida.
- ✓ Eliminación de contaminantes y ruidos.

7.1.3. Objetivos del área de mantenimiento.

- ✓ Tener vehículos y equipos confiables disponibles en cualquier momento.
- ✓ Lograr el máximo aprovechamiento y óptimo funcionamiento de los equipos.
- ✓ Generar el menor costo posible.
- ✓ Reducir el índice de accidentes por falla mecánica.
- ✓ Incrementar la vida útil sin olvidar aspectos de seguridad.
- ✓ Conocer las fallas más frecuentes y como corregirlas.
- ✓ Programar actividades de mantenimiento.
- ✓ Llevar un registro de las operaciones de mantenimiento.
- ✓ Analizar el costo de las reparaciones.
- ✓ Elaborar check list de los equipos y vehículos.
- ✓ Reducir los tiempos muertos para la reparación.

7.1.4. Reglas básicas para los encargados del mantenimiento.

- ✓ Conocer los sistemas de los equipos.
- ✓ Administrar los recursos.
- ✓ Tener registros confiables.
- ✓ Tener información técnica (manuales de reparación).
- ✓ Contar con las herramientas para aplicar el mantenimiento.
- ✓ Generar un programa de mantenimiento preventivo.
- ✓ Promover el análisis de fallas.
- ✓ Obtener los costos de las reparaciones.

7.1.5. Control del mantenimiento

Es la tarea más importante que debe afrontar la unidad de mantenimiento, es en definitiva mostrar como contribuye el mantenimiento al aumento de la rentabilidad de la organización, a través de la información que se recoge de las órdenes de trabajo (OT) e historiales. Las razones del porque el control del mantenimiento debe estar presente son las siguientes:

- ✓ Conocer los costos reales.
- ✓ Simplificar y mejorar la recolección de datos.
- ✓ Balancear las relaciones entre operación y mantenimiento.
- ✓ Motivar al personal del taller.
- ✓ Manejar correctamente la inmovilización de los vehículos.

- ✓ Disponer de un stock mínimo de recursos en función de los requisitos reales.
- ✓ Mejorar el abastecimiento de repuestos y optimizar el costo técnico.
- ✓ Establecer un plan de mantenimiento adecuado a los requerimientos.
- ✓ Disminuir el número de reparaciones fuera de la empresa.
- ✓ Disponer de máquinas más confiables .Este conjunto de tareas que en su mayoría pueden realizarse fácilmente mediante el empleo de programas de computación, que representan una herramienta informática para la planificación de los trabajos de mantenimiento.

7.1.6. Tipos de mantenimiento.

7.1.6.1. Mantenimiento preventivo.

Este tipo de mantenimiento, consistente en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas de la unidad, se realiza según intervalos de tiempo, o según determinados criterios prefijados con el objetivo de reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una unidad. Este mantenimiento siempre es programado o planificado.

El mantenimiento preventivo intenta mitigar en cierta medida las deficiencias del mantenimiento reactivo, pretende adelantarse a la avería de imprevistos mediante una planificación adecuada. Sin embargo, muchas fallas presentan un carácter estocástico o aleatorio, y por tanto, será poco probable que se realice el cambio o reparación justo antes de la falla. Para compensar esa incertidumbre, se interviene

antes de la avería, produciendo un consciente desaprovechamiento de “reserva de uso”, es decir, la posibilidad de aprovechar al máximo la vida de cierto equipo o sistema. Como todos los sistemas de mantenimiento tienen sus ventajas y desventajas que continuamos presentando.

Ventajas:

- Evitar grandes reparaciones, muy costosas en general, por averías que normalmente son debidas a pequeñas causas no tenidas en cuenta.
- Permite reparar con tiempo las reparaciones, reuniendo los repuestos y herramientas, proveer las necesidades de personal y planificar su ejecución en coordinación con operaciones.

Desventajas:

- No se emplea eficientemente los recursos de mantenimiento:
 1. Por sobre-mantenimiento, cuando se interrumpe la vida útil y de operación normal de una unidad anticipadamente. Debido a que se realizan tres tareas de mantenimiento sin conocer el estado de la maquinaria, creando problemas que no existían por reparaciones defectuosas o montajes deficientes en máquinas que estaban en buen estado. Se estima que, entre un 20% y un 25% de las fallas que se presentan en la partida de las máquinas son atribuibles a estos problemas.

2. Por sub-mantenimiento, cuando la avería se produce antes que se realice la acción preventiva, es decir, el mantenimiento reactivo toma el lugar que el preventivo neutralizando sus posibles beneficios

- Se aplica a un número promedio de elementos de la misma clase y los resultados dependen del tamaño de la muestra. Para determinar periodos de intervención adecuados conociendo la teoría de confiabilidad, se requiere tiempo y registro de datos, de por lo menos 2 a 3 años de operación. No es frecuente encontrar datos estadísticos (tasa de fallas, confiabilidad, etc.) pues los fabricantes no los suelen proporcionar.

7.1.6.2. Mantenimiento correctivo no planificado.

Es el mantenimiento correctivo de emergencia que debe llevarse a cabo con la mayor premura para evitar que se incrementen costos e impedir daños materiales y/o humanos.

Si se presenta una avería imprevista, se procederá a repararla en el menor tiempo posible para que el sistema, equipo o instalación siga funcionando normalmente sin generar perjuicios o se reparará aquello que por una condición imperativa requiera su arreglo (en caso que involucre la seguridad, o por peligro de contaminación, o por la aplicación de normas, etc.)

El mantenimiento correctivo resulta aplicable en:

- Sistemas complejos, normalmente en componentes electrónicos o en aquellos donde no es posible prever fallas, y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.
- Equipos en funcionamiento que tiene cierta antigüedad. En estos casos puede suceder que la falla se presente en forma imprevista, y por lo general en el momento menos oportuno, debido justamente a que el equipo es exigido por necesidad y se le requiere funcionando a pleno.

Un inconveniente en este tipo de mantenimiento es que debe preverse un capital disponible para las piezas y elementos de repuesto, visto que la adquisición de los mismos puede no ser resuelta con rapidez, y requiere de una gestión de compra y entrega que no coincide con los tiempos reales para poner en marcha nuevamente los equipos en el más corto tiempo posible, con el agravante que puedan ser piezas discontinuadas, importadas o que ya no se fabriquen más. Para efectuar el mantenimiento correctivo se designa al personal calificado para resolver el problema de inmediato y con la mayor solvencia profesional. Por lo general el personal que maneja este tipo de mantenimiento son los operarios seguidos del almacenista, quien es la persona que entrega los elementos que se necesitan para corregir el problema que se presentó y solamente utilizan un formato donde

registran todo. Ver Anexo 1. Elementos para el mantenimiento de vehículos, equipos y maquinaria.

7.1.6.3. Mantenimiento correctivo planificado.

El mantenimiento correctivo planificado prevé lo que se hará antes que se produzca el fallo, de manera que cuando se detiene el equipo para efectuar la reparación, ya se dispone de los repuestos, de los documentos necesarios y del personal técnico asignado con anterioridad en una programación de tareas.

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto.

Este tipo de mantenimiento difiere del **no planificado** en que se evita ese grado de apremio del anterior, porque los trabajos han sido programados con antelación.

Para llevarlo a cabo se programa la detención del equipo, pero previo a ello, se realiza un listado de tareas a realizar sobre el mismo y programamos su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para realizar toda reparación, recambio o ajuste que no sería factible hacer con el equipo en funcionamiento.

Suele hacerse en los momentos de menor actividad, horas en contra turno, períodos de baja demanda, durante la noche, en los fines de semana, períodos de vacaciones, etc.”

8. IDENTIFICACION DE LA MAQUINARIA

Puesto que la aplicación del programa de mantenimiento está centrado inicialmente en la sección de Flota Pesada de la sede de Obras Públicas de la Alcaldía de Facatativá, se hará una breve explicación de todos los equipos que hacen parte de ella.

A continuación se muestra un listado con toda la maquinaria perteneciente a la sección de Maquinaria Pesada. Ver tabla 1.

Tabla 1. Inventario de la flota de Obras Públicas.

NUM	MAQUINA	REFERENCIA	MODELO	MARCA	CANTIDAD
1	RETROEXCAVADORA	510 D	1995	JOHN DEERE	1
2	RETROEXCAVADORA	410 G	2006	JOHN DEERE	1
3	MINICARGADOR	1845 C	NR	CASE	1
4	MINICARGADOR	L 170	2009	NEW HOLLAND	1
5	MOTONIVELADORA	570 B	1995	JOHN DEERE	1
6	MOTONIVELADORA	GR 180	2009	INTENSUS	1
7	EXCAVADORA HIDRAULICA ORUGA	690 ELC	1995	JOHN DEERE	1
8	VIBROCOMPACTADORA	CV 80	2009	INTENSUS	1

9	VIBROCOMPACTADORA	CA 15	1995	DYNAPAC	1
10	VIBROCOMPACTADORA	DD 24	2009	INGERSOLL RAND	1
11	GRUA VOLQUETA C 70	OJF 583	1993	CHEVROLET	1
13	VOLQUETAS KODIAK 241	OJW 016 OJW 017	2009	CHEVROLET	2
12	VOLQUETAS DOBLE TROQUE KODIAK TANDEM	OJW 014 OJW 018	2009	CHEVROLET	2

Fuente. Flota actual en Obras Públicas del Municipio de Facatativá.

8.1. Retroexcavadoras.

8.1.1. Definición.⁴⁵

Máquina autopropulsada sobre ruedas con un bastidor que monta a la vez un equipo de carga frontal y otro de excavación en la parte posterior, de forma que puedan ser utilizados alternativamente. Cuando se emplea como excavadora la máquina excava normalmente por debajo del nivel del suelo mediante un movimiento de la cuchara hacia la máquina, eleva, recoge, transporta y descarga materiales mientras esta inmóvil.

Cuando se emplea como cargadora carga mediante el movimiento de los brazos que elevan y descargan materiales. Y por medio de su desplazamiento excava y

⁴ <http://members.fortunecity.es/100pies/Definiciones.htm>

⁵ JOHN DEERE. Backhoe Loaders 310B/410B/510B/610B/710B. A-5177ES , p. 15

transporta materiales. Entre sus principales características podemos anotar las siguientes:

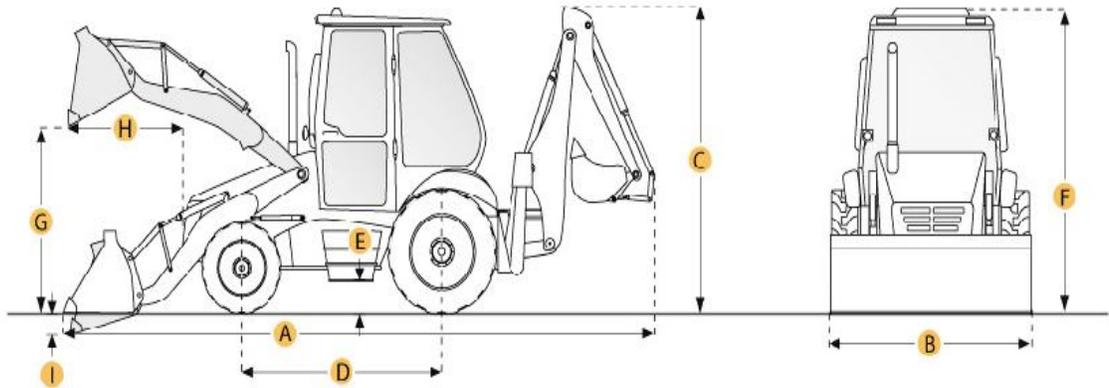
- ✓ Potencias entre 50 y 70 Kw.
- ✓ Peso de operación entre 6300 y 8800 Kg.
- ✓ Velocidades máximas 35.6 y 45 Km/h.
- ✓ Posibilidad de alquiler (arriendo) y contratación.

8.1.2. Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.

Figura 4. Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.



Figura 5. Dimensiones Retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>

Figura 6. Motor John Deere 4045T, 95 HP.



Tabla 2. Especificaciones técnicas de retroexcavadora JOHN DEERE 510 D.

Engine		
Make	John Deere	
Model	4045T	
Net Power	95 hp	71 kw
Gross Power	100 hp	75 kw
Displacement	276 cu in	4.5 L
Power Measured @	2200 rpm	
Net Torque Rise	25 %	
Net Max Torque	268 lb ft	363 Nm
Aspiration	Turbocharged	
Operational		
Max Weight	16000 lb	7260 kg
Fuel Capacity	34 gal	129 L
Hydraulic System Fluid Capacity	21 gal	79 L
Oil System Fluid Capacity	2.2 gal	8.5 L
Cooling System Fluid Capacity	4.2 gal	16 L
Transmission Fluid Capacity	21 gal	79 L
Turning Radius	11.7 ft in	3550 mm
Tire Size Front - 2wd / 4wd	11L-16,12PR F3	
Rear Tires Size 2wd/4wd	19.5L-24,12PR R4	
Operating Voltage	12 V	
Alternator Supplied Amperage	95 amps	
Transmission		
Type	synchronized in all four	
Number of Forward Gears	4	
Number of Reverse Gears	4	
Max Speed - Forward	19.7 mph	32.7 km/h
Max Speed Reverse	22.6 mph	36.4 km/h

Backhoe		
Dig Depth - Std	16.7 ft in	5070 mm
Dig Depth - Ext	20.8 ft in	6340 mm
Reach From Swivel - Std	19.9 ft in	6070 mm
Reach From Swivel - Ext	23.9 ft in	7290 mm
Bucket Dig Force - Std	11100 lb	5034.9 kg
Bucket Dig Force - Ext	11230 lb	5093.8 kg
Load at Max Lift - Std	6780 lb	3074 kg
Lift - Ext	3616 lb	1639 kg
Load Height - Std	12.6 ft in	3840 mm
Load Height - Ext	15 ft in	4580 mm
Reach at Load Height - Std	23.7 ft in	7210 mm
Reach at Load Height - Ext	27.7 ft in	8430 mm
Loader		
Bucket Capacity	1.6 yd3	1.2 m3
Bucket Width	92 in	2340 mm
Bucket Breakout Force	9900 lb	44 kN
Lift Capacity at Full Height	7300 lb	3310 kg
Clearance at Max Dump Height	8.8 ft in	2670 mm
Reach at Max Dump Height	2.4 ft in	739 mm
Dig Depth	4 in	100 mm
Hydraulic		
Pump Type	Radial pistons	
Pump Flow Capacity	35 gal/min	133 L/min
Relief Valve Pressure	2755 psi	19000 kPa
Dimensions		
Transport Length	23.3 ft in	7110 mm
Transport Width	7.7 ft in	2340 mm
Transport Height	12.6 ft in	3840 mm
Height to Top of Cab	9.2 ft in	2800 mm
Wheelbase	6.9 ft in	2100 mm
Ground Clearance	1.1 ft in	330 mm

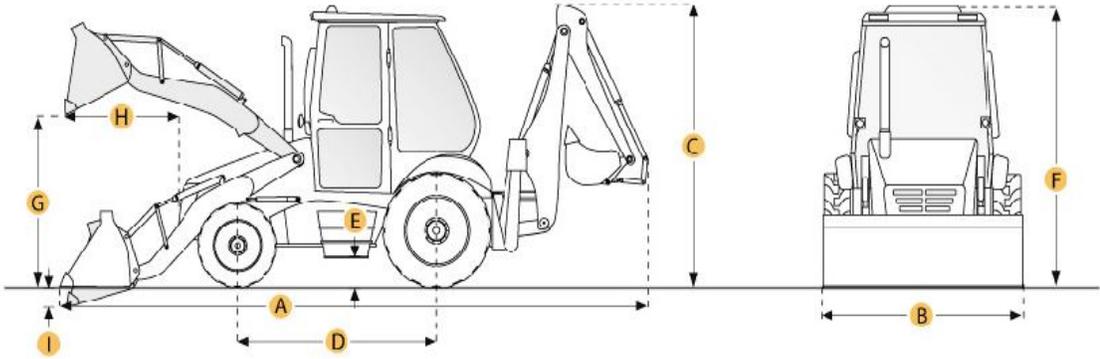
Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.1.3. Retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.

Figura 7. Retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.



Figura 8. Dimensiones retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Tabla 3. Especificaciones técnicas de retroexcavadora JOHN DEERE 410 G.

Engine			Backhoe		
Make	John Deere		Dig Depth – Std (L)	15.8 ft in	4830 mm
Model	4045T		Dig Depth - Ext	20.5 ft in	6100 mm
Net Power	96 hp	71.6 kw	Reach From Swivel – Std (K)	19.7 ft in	5990 mm
Power Measured @	2100 rpm		Reach From Swivel - Ext	23.7 ft in	7210 mm
Torque Measured @	1400 rpm		Bucket Dig Force - Std	14801 lb	6713.6 kg
Net Torque Rise	23 %		Bucket Dig Force - Ext	14801 lb	6713.6 kg
Net Max Torque	279 lb ft	378.3 Nm	Load Height – Std (J)	12.5 ft in	3810 mm
Aspiration	Turbocharged		Load Height - Ext	15.5 ft in	4720 mm
Operational			Reach at Load Height – Std (M)	23.3 ft in	7110 mm
Operating Weight 2wd	1628 lb	738 kg	Reach at Load Height - Ext	27.3 ft in	8330 mm
Operating Weight 4wd	1262 lb	572 kg	Loader		
Max Weight	15000 lb	6804 kg	Bucket Capacity	1.3 yd3	0.96 m3
Fuel Capacity	36 gal	136 L	Bucket Width	36 in	914 mm
Hydraulic System Fluid Capacity	26 gal	98 L	Bucket Breakout Force	10210 lb	45.4 kN
Oil System Fluid Capacity	3.4 gal	13 L	Lift Capacity at Full Height	7340 lb	3332 kg
Cooling System Fluid Capacity	4.2 gal	16 L	Clearance at Max Dump Height (G)	12.3 ft in	3758.2 mm
Transmission Fluid Capacity	4 gal	15 L	Reach at Max Dump Height (H)	3 ft in	902 mm
Front Axle Fluid Capacity	2 gal	7.6 L	Dig Depth (I)	4.2 in	107 mm
Rear Axle Fluid Capacity	4.2 gal	16 L	Hydraulic		
Turning Radius	11.7 ft in	3560 mm	Pump Type	system	
Tire Size Front - 2wd / 4wd	11L-16 F3		Pump Flow Capacity	43 gal/min	163 L/min
Rear Tires Size 2wd/4wd	19.5L-24 R4		Relief Valve Pressure	3625 psi	25000 kPa
Operating Voltage	12 V		Dimensions		
Alternator Supplied	90 amps		Transport Length (A)	23.9 ft in	7290 mm
Amperage			Transport Width (B)	7.5 ft in	2300 mm
Transmission			Transport Height (C)	12.8 ft in	3910 mm
Type	4-speed, helical cut gear, full power shifted transmission with hydraulic reverser		Height to Top of Cab (F)	9.3 ft in	2820 mm
Number of Forward Gears	4		Wheelbase (D)	6.9 ft in	2100 mm
Number of Reverse Gears	3		Ground Clearance (E)	1.2 ft in	356 mm
Max Speed - Forward	20.5 mph	33 km/h			
Max Speed Reverse	16.1 mph	25.9 km/h			

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

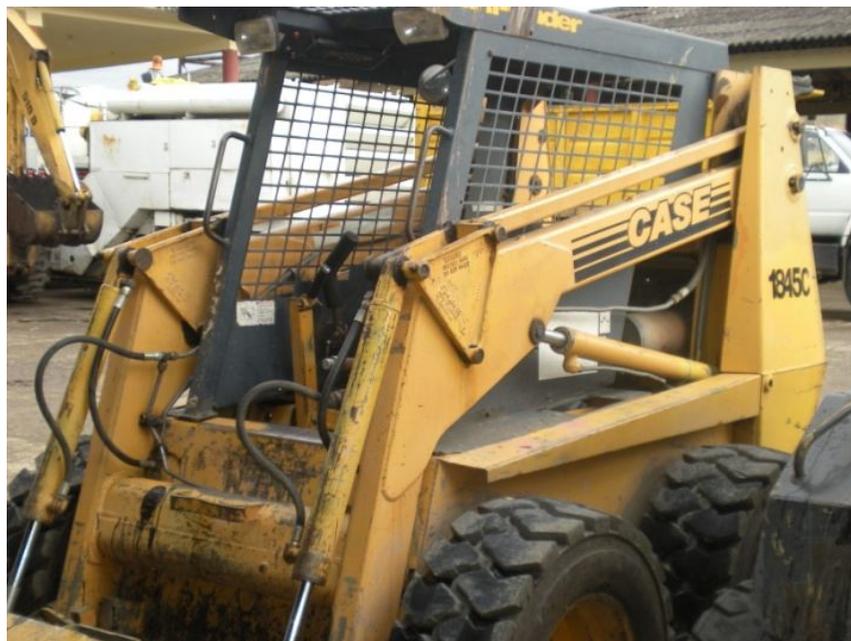
8.2. Minicargadores.

8.2.1. Definición.⁶

Máquina autopropulsada sobre ruedas, equipada con una cuchara frontal, con estructura soporte en chasis rígido, y un sistema de dirección mediante palancas o pedales que permite frenar o controlar las dos ruedas de cada lado. Además es susceptible de montar numerosos implementos para trabajos especiales.

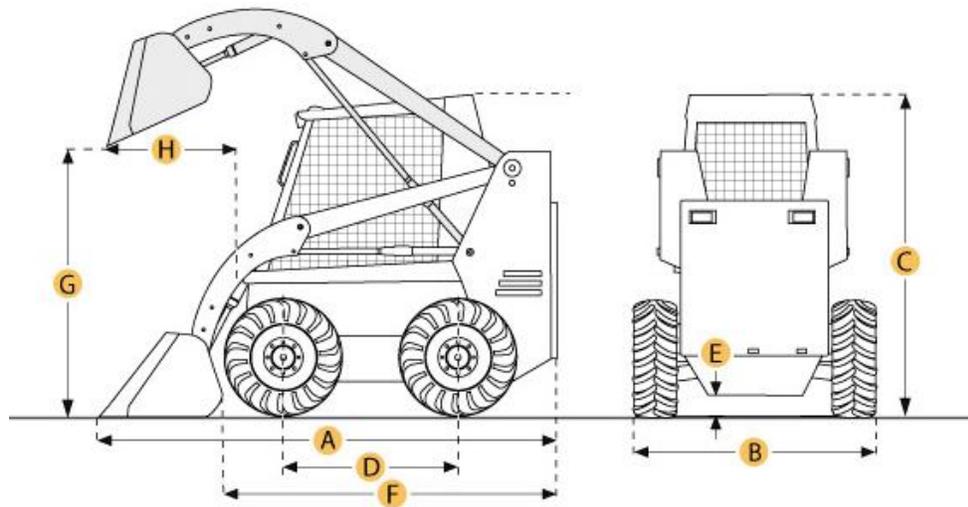
8.2.2. Minicargador CASE 1845 C.

Figura 9. Minicargador CASE 1845 C.



⁶ <http://www.slideshare.net/llonto/maquinaria-pesada>

Figura 10. Dimensiones del minicargador CASE 1845 C.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Tabla 4. Tabla de dimensiones del minicargador CASE 1845 C.

Dimensiones		
A. LENGTH WITH BUCKET	10.4 ft in	3180 mm
B. WIDTH OVER TIRES	4.8 ft in	1460 mm
C. HEIGHT TO TOP OF CAB	6.4 ft in	1960 mm
D. WHEELBASE	3.1 ft in	940 mm
E. GROUND CLEARANCE	6.7 in	170 mm
F. LENGTH W/O BUCKET	8 ft in	2450 mm
G. CLEARANCE AT MAX LIFT AND DUMP	7 ft in	2130 mm
H. REACH AT MAX LIFT AND DUMP	22 in	560 mm

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 11. Motor CASE, 4-390, 54 HP.



Tabla 5. Tabla de especificaciones técnicas del minicargador CASE 1845 C.

Engine			Loader		
MAKE	Case		OPERATING LOAD RATING	1400 lb	635 kg
MODEL	4-390		TIPPING LOAD	2800 lb	1270.1 kg
GROSS POWER	54 hp	40.3 kw	BUCKET CAPACITY	0.29 yd ³	0.22 m ³
NET POWER	51 hp	38 kw	Hydraulic		
POWER MEASURED @	2000 rpm		PUMP TYPE	gear	
DISPLACEMENT	239 cu in	3.9 L	PUMP FLOW CAPACITY	15.3 gal/min	57.9 L/min
TORQUE MEASURED @	1200 rpm		RELIEF VALVE PRESSURE	2300 psi	15857.9 kPa
MAX TORQUE	179 lb ft	242.7 Nm	Dimensions		
NUMBER OF CYLINDERS	4		LENGTH WITH BUCKET	10.4 ft in	3180 mm
Operational			LENGTH W/O BUCKET	8 ft in	2450 mm
OPERATIONAL WEIGHT	5558 lb	2521.1 kg	WIDTH OVER TIRES	4.8 ft in	1460 mm
FUEL CAPACITY	19.5 gal	73.8 L	HEIGHT TO TOP OF CAB	6.4 ft in	1960 mm
COOLING SYSTEM FLUID CAPACITY	4.5 gal	17 L	CLEARANCE AT MAX LIFT AND DUMP	7 ft in	2130 mm
ENGINE OIL FLUID CAPACITY	2.7 gal	10.4 L	WHEELBASE	3.1 ft in	940 mm
HYDRAULIC SYSTEM FLUID CAPACITY	10.5 gal	39.8 L	GROUND CLEARANCE	6.7 in	170 mm
CHAIN BOX FLUID CAPACITY - EACH SIDE	1.2 gal	4.7 L	REACH AT MAX LIFT AND DUMP	22 in	560 mm
OPERATING SPEED	6.2 mph	10 km/h	TURNING RADIUS FROM CENTER - MACHINE REAR	59.1 in	1500 mm
TIRE SIZE	7.00 x 15 6PR		TURNING RADIUS FROM CENTER - INC BUCKET	72.8 in	1850 mm
OPERATING VOLTAGE	12 V				
ALTERNATOR SUPPLIED AMPERAGE	65 amps				

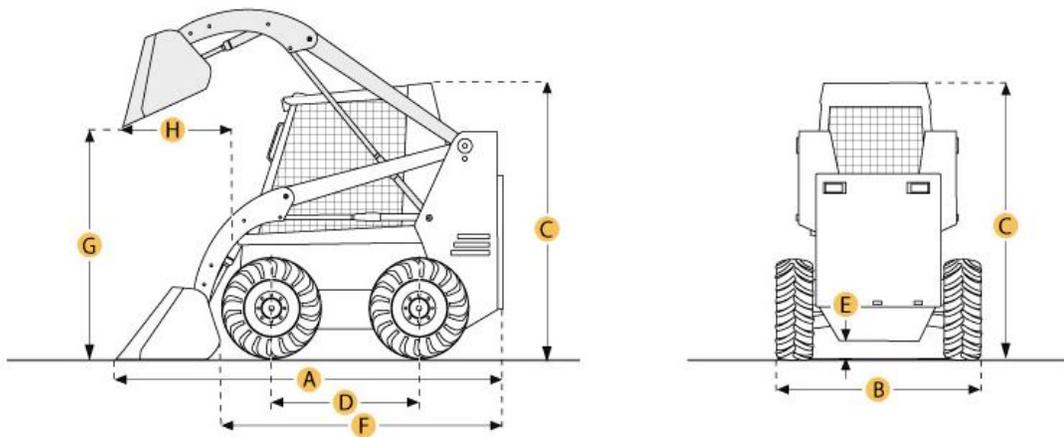
Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.2.3. Minicargador NEW HOLLAND L 170.

Figura 12. Minicargador NEW HOLLAND L 170.



Figura 13. Dimensiones minicargador NEW HOLLAND L 170.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 14. Motor New Holland N843, 32 HP.



Tabla 6. Especificaciones técnicas de minicargador NEW HOLLAND L 170.

DIMENSIONES

Ángulo de salida .....	.25°
Ángulo de descarga (máximo) .....	.45°
Altura de descarga (SAE) .....	.2.210 mm (7'3")
Alcance de descarga a la altura máxima (SAE) .....	.640 mm (2'1")
Altura máxima .....	.1.860 mm (6'1")
Altura del perno de articulación .....	.280 mm (9'2")
Altura libre del suelo .....	.210 mm (8,25")
Largo con cuchara .....	.3.040 mm (9'11")
Altura máxima de operación .....	.3.450 mm (11'4")
Ángulo de recogimiento (en posición de transporte) .....	.36°
Distancia entre ejes .....	.950 mm (3'1")
Radio de giro:	
Delantero .....	.1.790 mm (5'10")
Trasero .....	.1.430 mm (4'8")
Trocha .....	.1.210 mm (3'11")
Ancho .....	.1.250 mm (4'1")

Tabla 6. Especificaciones técnicas de minicargador NEW HOLLAND L 170.Cont.

	MOTOR
Fabricante	New Holland
Número del modelo	N843
Filtro de aire	De dos fases, filtro con elemento seco
Diámetro interno y carrera .....	.84 mm x 90 mm (3,3" x 3,54")
Número de cilindros	3
Cilindrada	1.498 cm ³ (91 in ³)
Combustible	Diesel
POTENCIA	
Bruta .....	.32 hp (23,6 kW)
Neta SAE .....	.30 hp (22 kW)
VELOCIDADES	
Rápida, sin carga .....	.3.130 - 3.180 rpm
Ralentí, sin carga .....	.950 - 1.050 rpm
Par máximo .....	.94,2 Nm (69,5 ft-lb)
Reserva de par .....	.18%
	SISTEMA HIDRÁULICO
CILINDROS DEL BRAZO	
Marca	New Holland de accionamiento doble
Diámetro interno y carrera .....	.57 mm x 399 mm (2,25" x 15,75")
Diámetro del vástago .....	.31 mm (1,25")
CILINDROS DE LA CUCHARA	
Marca	New Holland de accionamiento doble
Diámetro interno y carrera .....	.48 mm x 459 mm (1,88" x 18,12")
Diámetro del vástago .....	.28 mm (1,125")
Válvula de control	Triple vástago, centro abierto
Filtración	Filtro enroscado
Bomba hidráulica	Tipo engranajes, 41 gpm (10,8 gpm)
Ajuste de la presión de alivio .....	.175 - 183 kgf/cm ² (2.500 - 2.600 psi)
	TREN DE FUERZA
Diámetro del eje .....	.44 mm (1,75")
Tamaño de la cadena .....	.50/60 HD
Accionamiento final	Accionamiento por cadena/ Reducción por cadena
Velocidad de avance y retroceso .....	.0 - 10,8 km/h (0 - 6,7 mph)
TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICA	
Motor de pistón axial .....	.40,6 cm ³ (2,48 in ³)
Bombas de la transmisión hidrostática de pistones axiales de desplazamiento variable .....	.21,4 cm ³ (1,31 in ³)
Par en la rueda .....	.3.794 Nm (2.800 ft-lb)

Tabla 6. Especificaciones técnicas de minicargador NEW HOLLAND L 170.Cont.

SISTEMA ELÉCTRICO

Alternador	40 A
Batería	12 V 625 A de CCA a 0°F (-18° C) sin mantenimiento
Protección del sistema	Fusible de 15 A

CAPACIDADES

Caja de cadenas (cada lado)	5,7 ℓ (1,5 gal)
Sistema de refrigeración	9,3 ℓ (9,8 qt)
Cárter del motor (con filtro)	5,5 ℓ (5,8 qt)
Depósito de combustible	33,1 ℓ (8,75 gal)
Sistema de aceite hidráulico	18,9 ℓ (5 gal)

DESEMPEÑO

ÁNGULOS

Ángulo máximo de descarga de la cuchara a la altura máxima	45°
Recogido máximo con la cuchara sobre el suelo	36°

FUERZA DE DESGARRE

Fuerza de desgarre de la cuchara SAE	1.544 kg (3.405 lb)
Fuerza de desgarre del brazo SAE	916 kg (2.020 lb)

TIEMPOS DE CICLO

Tiempo de elevación (con peso de operación SAE)	3,7 seg.
Tiempo de descarga (con peso de operación SAE)	1,1 seg.
Tiempo de bajar (vacío)	2,1 seg.
Tiempo de recoger (vacío)	1,8 seg.
Tiempo total	8,7 seg.

ALCANCE DE DESCARGA

SAE a 45°	643 mm (2'1")
-----------------	----------------

VELOCIDAD MÁXIMA DE DESPLAZAMIENTO

CARGA DE OPERACIÓN

SAE	567 kg (1.250 lb)
-----------	-------------------

PESO DE OPERACIÓN

SAE*	1.994 kg (4.395 lb)
------------	---------------------

Fuente. <http://www.newholland.com.mx>

8.3. Motoniveladoras.

8.3.1. Definición.⁷

Máquina autopropulsada utilizada para dar un acabado perfecto a la operación de extendido o nivelación, moviendo pequeñas cantidades de tierra a poca distancia, se compone de un tractor de seis ruedas que lleva un largo bastidor, en el que articula el elemento principal de la máquina llamada hoja niveladora, el dispositivo bajo el que va montada la hoja se denomina círculo o tornamesa, el mismo que permite una serie de movimientos de gran precisión. Algunas de las principales características lo mencionamos a continuación:

- ✓ Potencias entre 48.5 y 187 Kw.
- ✓ Velocidades oscilan entre 30 y 45 Km/h.
- ✓ Pesos de servicio entre 11330 y 61678 Kg.
- ✓ Disposición más frecuente es la de tres ejes, el eje delantero articulado al brazo del bastidor y dos posteriores en tándem,
- ✓ Todas las ruedas son inclinables con respecto a sus ejes.

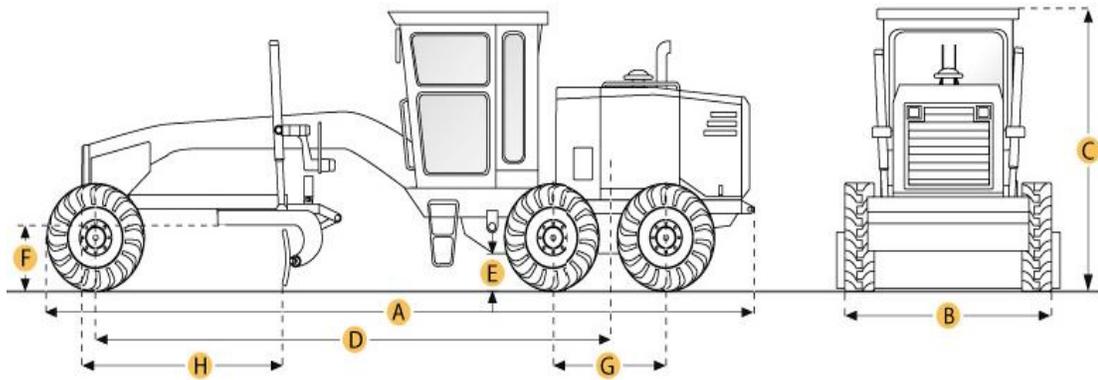
⁷ ZULETA, Juan. Sistemas hidráulicos y neumáticos aplicados a maquinaria y equipo pesado. Motoniveladora 120H. Tesis. Ing. Ejecución Mecánica Automotriz: Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga. p. 5.

8.3.2. Motoniveladora JOHN DEERE 570 B.⁸

Figura 15. Motoniveladora JOHN DEERE 570 B.



Figura 16. Dimensiones motoniveladora JOHN DEERE 570 B.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

⁸ <http://www.ritchiespecs.com/searchresults?type=&category=Motor%20Grader>

Tabla 7. Tabla de dimensiones de la motoniveladora JOHN DEERE 570 B.

Dimensiones		
A. Overall Length	24.4 ft in	7430 mm
B. Width Over Tires	7.9 ft in	2410 mm
C. Height to Top of Cab	10.1 ft in	3090 mm
D. Wheelbase	17.3 ft in	5280 mm
F. Front Ground Clearance	2 ft in	597 mm
G. Tandem Axle Wheelbase	4.7 ft in	1440 mm
H. Blade Base	7.7 ft in	2340 mm

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Tabla 8. Tabla de especificaciones técnicas motoniveladora JOHN DEERE 570 B.

Engine			Steering		
MAKE	John Deere		ARTICULATION L/R	22 degrees	
MODEL	6059D		TURNING RADIUS	18 ft in	5.5 m
POWER MEASURED @	2300 rpm		Front Axle		
TORQUE MEASURED @	1300 rpm		WHEEL LEAN	20 degrees	
NUMBER OF CYLINDERS	6		OSCILLATION - TOTAL	30 degrees	
NET POWER GEARS 7-8	90 hp	67.1 kw	GROUND CLEARANCE	2 ft in	597 mm
MAX POWER	90 hp	67.1 kw	Hydraulic System		
NET TORQUE GEARS 7-8	250 lb ft	339 Nm	PUMP TYPE	Pressure Controlled Variable	
DISPLACEMENT	359 cu in	5.9 L	PUMP FLOW	27 gal/min	102 L/min
ASPIRATION	Natural		Moldboard		
Operational			MOLDBOARD WIDTH	12 ft in	3.7 m
STD OPERATION WEIGHT - FRONT AXLE	5725 lb	2597 kg	MOLDBOARD HEIGHT	22 in	559 mm
STD OPERATION WEIGHT - REAR AXLE	14500 lb	6477 kg	MOLDBOARD THICKNESS	0.62 in	16 mm
STD OPERATION WEIGHT - TOTAL	20225 lb	9174 kg	SIDE SHIFT LEFT	31.3 in	794 mm
MAX OPERATION WEIGHT - FRONT AXLE	6775 lb	3073 kg	SIDE SHIFT RIGHT	26.7 in	679 mm
MAX OPERATION WEIGHT - REAR AXLE	14928 lb	6771 kg	Circle		
MAX OPERATION WEIGHT - TOTAL	21703 lb	9844 kg	DIAMETER	53.9 in	1370 mm
FUEL CAPACITY	50 gal	189 L	ROTATION	360 degrees	
OIL SYSTEM FLUID CAPACITY	2.9 gal	11 L	MAX REACH OUTSIDE TIRES - LEFT	77.2 in	1960 mm
COOLING SYSTEM FLUID CAPACITY	5.6 gal	21.1 L	MAX REACH OUTSIDE TIRES - RIGHT	71.7 in	1820 mm
HYDRAULIC SYSTEM FLUID CAPACITY	14 gal	53 L	MAX LIFT ABOVE GROUND	13 in	330 mm
CIRCLE GEARBOX FLUID CAPACITY	1.5 gal	1.4 L	BLADE TIP ANGLE - FRONT	32 degrees	
TANDEM CASE FLUID CAPACITY (EACH)	5 gal	19 L	Dimensions		
TIRE SIZE	13.00-24		HEIGHT TO TOP OF CAB	10.1 ft in	3090 mm
OPERATING VOLTAGE	24 V		OVERALL LENGTH	24.4 ft in	7430 mm
ALTERNATOR SUPPLIED AMPERAGE	42 amps		WIDTH OVER TIRES	7.9 ft in	2410 mm
Transmission			WHEELBASE	17.3 ft in	5280 mm
TYPE	Power Shift		BLADE BASE	7.7 ft in	2340 mm
NUMBER OF GEARS - FORWARD	8		TANDEM AXLE WHEELBASE	4.7 ft in	1440 mm
NUMBER OF GEARS - REVERSE	4		FRONT GROUND CLEARANCE	2 ft in	597 mm
MAX SPEED - FORWARD	21.6 mph	34.8 km/h			
MAX SPEED - REVERSE	7.1 mph	11.4 km/h			

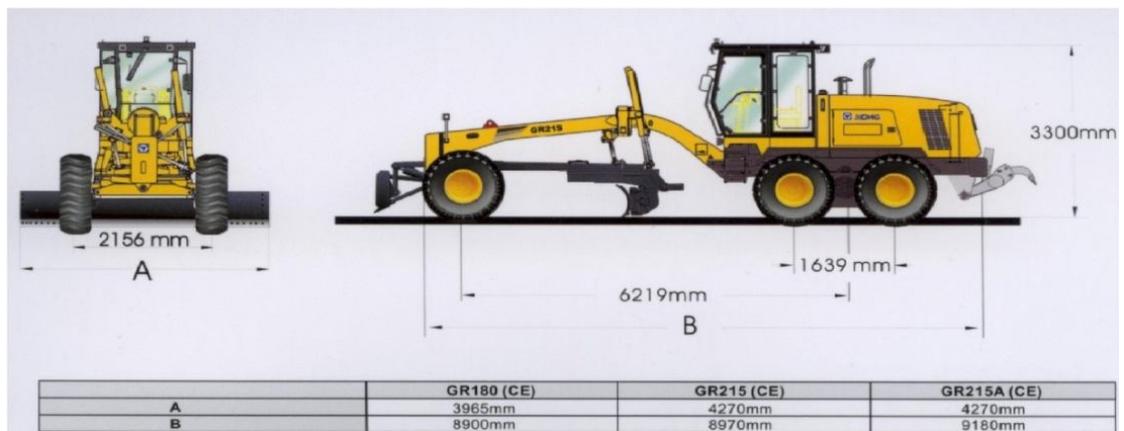
Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.3.3. Motoniveladora INTENSUS GR 180.

Figura 17. Motoniveladora INTENSUS GR 180.



Figura 18. Dimensiones motoniveladora INTENSUS GR 180.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 19. Motor CUMMINS QSB6.7, 144KW.



Tabla 9. Especificaciones estándar de equipos principales en la motoniveladora INTENSUS GR 180.

	GR180 (CE)
Overall dimensions	8900x2625x3300mm
Operating weight	15400kg
Module weight on front wheels	4620kg
Module weight on rear wheels	10780kg
Min.ground clearance	430mm
Distance between front and rear axles	6219mm
Distance between middle and rear axles	1639mm
Max.steering angle for front wheel	±50°
Max.declining angle for front wheel	±17°
Max.swing angle for front axle	±15°
Chassis steering angle	±27°
Min.turning radius	7.3m
Max.tractive force	79kN
Max.gradeability	20°
Blade	
Max.raising height	460mm
Max.blade cutting depth	500mm
Max.sloping angle for axle	90°
Cutting angle	28°~70°
Slewing angle	360°
Length x curved height	3965x610mm
Full drive system	×

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Tabla 10. Especificaciones técnicas de motoniveladora INTENSUS GR 180.

	GR180 (CE)	GR215 (CE)	GR215 A(CE)
ENGINE			
Model	CUMMINS QSB6.7		
Type	Turbocharged diesel, 6 cylinders, 4-stroke,direct-injection, water cooled		
Rated power/Rated speed	144kW / 2200rpm	164kW / 2200rpm	164kW / 220HP
Bore × stroke	107 × 124mm/4.2" × 4.9"		
Displacement	6.7L		
Compression ratio	18:1		
Batteries	2 × 12V/135A · h		
Starter	24V 4.5kW		
Alternator	28V 50A		
TRANSMISSION			
Make and Model	ZF6WG200		
Type	Power-shift(electric hydraulic)countershaft design with six forward and three reverse speeds		
Control	Single lever control		
Forward speeds km/h	5 8 11 19 23 38		
Reverse speeds km/h(MPH)	5 11 13		
	1.6Mpa~1.8Mpa		
AXLE			
Model	Meritor 8051300		
Driving system	Four-wheel driving	Four-wheel driving	Six-wheel driving
Rear axle oscillation	Center oscillation	Center oscillation	
Carrier assembly-Reduction ratio	5.991		
Wheel end reduction assembly-Reduction ratio	17.779		
BRAKE			
Type	Wet multi disc brakes		
Braking system	Full hydraulic type brake on four wheel, hydraulic hub brake		
Operation	Shoe brake		
Driving brake-system pressure	10Mpa		
Emergent and stopping system pressure	16Mpa		
Parking brake	Electric control, inner-expanding shoe brake, hydraulic cylinder, brake pump and spring energy reserve applied via a switch on the control stand panel.		
TYRES			
Type	Tube		
Specification	17.5-25 RP12		
Tire pressure	2.6 bar		
Specifications for working hydraulic system			
Working pump	Gear pump		
Max. flow rate	2 × 50L/min		
Max. Working pressure	18Mpa		
Control	Manually operation		
Double-acting hydraulic cylinders	Bore × stroke		
Blade lift	90mm × 1110mm		
Blade oscillation	90mm × 540mm		
Blade drawer	90mm × 1400mm		
Specifications for steering hydraulic system			
Type	Articulation, fully hydraulic power steering with load-sensing system		
Steering pump	Gear pump		
Max. Working pressure	16Mpa		
Cylinder			
Bore × stroke	70mm × 350mm		
Max. steering angle (front wheel)	± 50°		
Max. steering angle (vehicle frame)	± 27°		
Service refill capacities			
Fuel tank	280L	280L	250L
Engine oil	24L	24L	24L
Cooling system	50L	50L	50L
Gearbox	26L	26L	26L
Total capacity of Balance box	46L	46L	46L
Driving axle	28L	28L	28L
Hydraulic oil	110L	110L	150L
Turbo box	2.5L	2.5L	2.5L

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.4. Excavadoras hidráulica oruga.

8.4.1. Definición.⁹

Máquina capaz de girar 360°, montada sobre ruedas u orugas, realiza operaciones de excavación en las que eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que la estructura portante se desplace. Entre sus características podemos anotar:

- ✓ Velocidades máximas entre 5.6 y 7.5 Km/h.
- ✓ Potencias entre 13 y 319 Kw.
- ✓ Peso de operación entre 1.650 y 80.000 Kg.
- ✓ Capacidad de remontar pendientes de hasta 80%, y posibilidad de realizar operaciones continuadas en pendientes de 60%.
- ✓ Fuerzas de penetración y excavación elevadas, permitiendo la carga directa de materiales compactos.
- ✓ Se dispone de una gran variedad de tipos de cucharón, cuyo diseño y gran capacidad permiten aprovechar al máximo la estabilidad y fuerza de excavación.
- ✓ Poseen una vida útil media de 25.000 a 35.000 h, por lo que su uso resulta muy atractivo por su versatilidad en faenas medianas y pequeñas.
- ✓ Trabajan fijas moviendo solamente la superestructura.
- ✓ Se desplaza cuando la excavación sale de su alcance.
- ✓ No excava durante el desplazamiento.

⁹ LOPEZ. B, Patricio. Sistemas hidráulicos y neumáticos aplicados a maquinaria y equipo pesado, Excavadora hidráulica Caterpillar 325L. Tesis. Ing. Ejecución Mecánica Automotriz: Escuela Superior Politécnica del Ejército sede Latacunga. pp. 5-7.

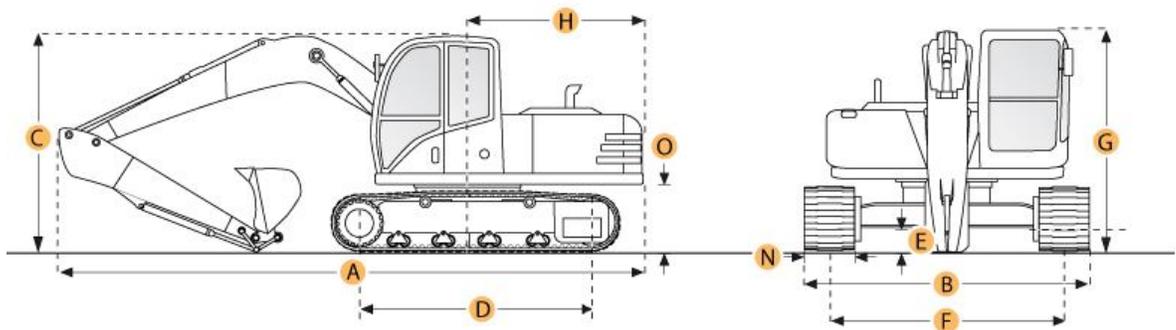
- ✓ Puede cargar roca volada de cantera.
- ✓ Bajos tiempos de ciclo.

8.4.2. Excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.

Figura 20. Excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.

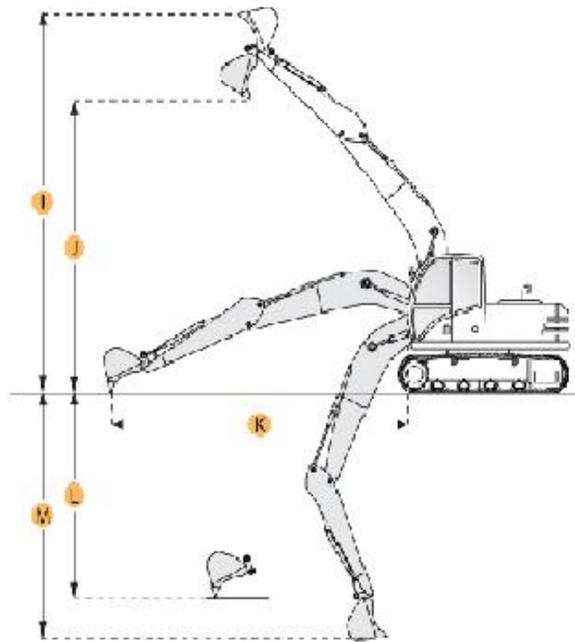


Figura 21. Dimensiones excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 22. Dimensiones del alcance del brazo excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 23. Motor John Deere, E6068T, 140 HP.



Tabla 11. Especificaciones técnicas de excavadora hidráulica oruga JOHN DEERE 690E LC.

Engine			Undercarriage		
Make	John Deere		Number of Shoes per Side	49	
Model	e 6068T		Shoe Size (N)	26 in	650 mm
Gross Power	140 hp	105 kw	Number of Carrier Rollers per Side	2	
Net Power	130 hp	97 kw	Number of Track Rollers per Side	9	
Displacement	414 cu in	6.8 L	Ground Pressure	5.6 psi	38.5 kPa
Max Torque	424 lb ft	575 Nm	Max Travel Speed	3.9 mph	5.6 km/h
Operational			Drawbar Pull	40300 lb	179.3 kN
Operating Weight	43890 lb	19914 kg	Track Gauge (F)	7.8 ft in	2380 mm
Fuel Capacity	85 gal	322 L	Boom/Stick		
Cooling System Fluid Capacity	44 gal	42 L	Boom/Stick Option (HEX) 1	Arm 21ft 1in (6440mm)	
Hydraulic System Fluid Capacity	84 gal	318 L	Shipping Height of Unit (C)	10.7 ft in	3250 mm
Engine Oil Capacity	20 gal	19 L	Shipping Length of Unit (A)	38.9 ft in	11850 mm
Swing Drive Fluid Capacity	4 gal	3.8 L	Max Digging Depth (M)	37.3 ft in	11380 mm
Operating Voltage	24 V		Max Reach Along Ground (K)	50 ft in	15250 mm
Alternator Supplied Amperage	42 amps		Max Cutting Height (I)	44.7 ft in	13620 mm
Hydraulic System Relief Valve Pressure	5000 psi	34500 kPa	Max Loading Height (J)	38.7 ft in	11780 mm
Hydraulic Pump Flow Capacity	100 gal/min	378 L/min	Dimensions		
Swing Mechanism			Width to Outside of Tracks (B)	9.9 ft in	3030 mm
Swing Speed	13 rpm		Height to Top of Cab (G)	9.3 ft in	2840 mm
			Ground Clearance (E)	1.5 ft in	455 mm
			Counter weight Clearance (O)	3.6 ft in	1090 mm
			Tail Swing Radius (H)	8.7 ft in	2630 mm

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.5. Vibrocompactadores.

8.5.1. Definición.¹⁰

Son máquinas autopropulsadas de pequeña o mediana potencia que pueden compactar gravillas, arenas, no son aptos para terrenos arcillosos. Disponen de depósitos para lastre que pueden estar llenos de agua o arena, lo que permite aumentar la presión que transmiten al terreno. Entre sus características tenemos:

- ✓ Velocidades oscilan entre 2 y 10 Km. /h.
- ✓ Potencias entre 2730 y 114 Kw
- ✓ Puede compactar terrenos con espesores de hasta 25 cm.

8.5.2. Vibrocompactador INTENSUS CV 80.

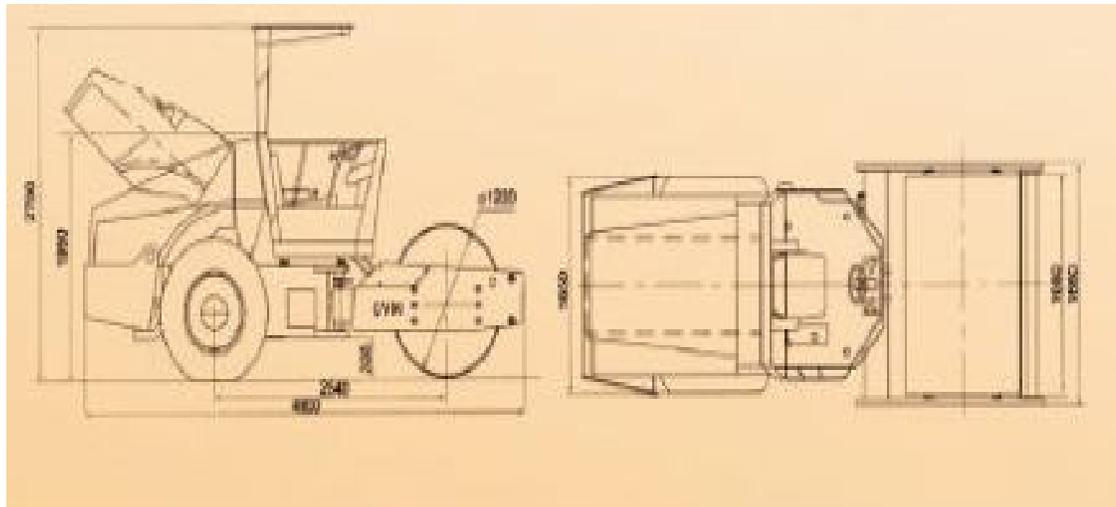
Figura 24. Vibrocompactador INTENSUS CV 80.



Fuente. <http://pdf.directindustry.com/pdf/intensus-engineering/cv80-series-vibratory-compactor/52905-41419.html>

¹⁰ CATERPILLAR. Compactadores vibratorios de suelos CS-563D y CP-563D. HSHG9609. 2000. p. 4

Figura 25. Dimensiones vibrocompactador INTENSUS CV 80.



Fuente. <http://pdf.directindustry.com/pdf/intensus-engineering/cv80-series-vibratory-compactor/52905-41419.html>

Tabla 12. Especificaciones técnicas de vibrocompactador INTENSUS CV 80.

Weights	
Operating weight (metric tons):	7.8
Operating weight (kg):	7799.98
Weight on drum (kg):	3819.71
Weight on tires (kg):	3980.28
Engine & Drive	
Engine make:	Cummins
Engine model:	QSB3.9-c
Gross power (kW):	82.03
Max speed (kph):	9.98
Theoretical gradeability:	55
Drive: Tires only or tires & drum:	Tires & drum
Performance Factors	
Drum width (cm):	167.64
Static linear drum load (MPa):	--
Drum diameter (cm):	121.92
Drum shell thickness (cm):	2.21
Water sprinkler capacity (liters):	--
Tire size:	16/70 x 24, 10 PR
Nominal amplitude range (cm):	0.08 - 0.17
Vibration frequency range (hz):	29 - 40
Centrifugal force range (kg):	9693.73
Dimensions	
Width (m):	1.83
Inside turning radius (m):	2.74
Outside turning radius (m):	--
Length (m):	4.57
Height w/ROPS (m):	2.74
Curb clearance (cm):	34.29
Steering angle (L/R, deg):	38°

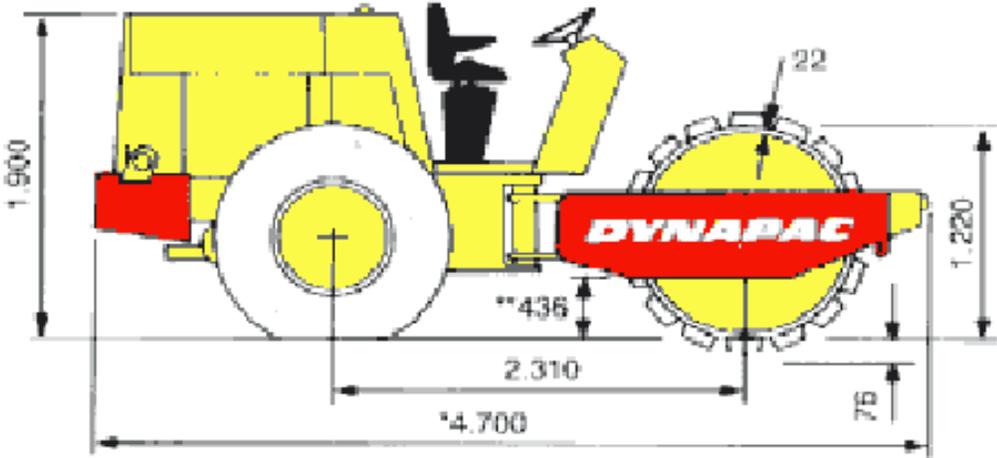
Fuente. <http://www.specguideonline.com/product/intensus-cv80>

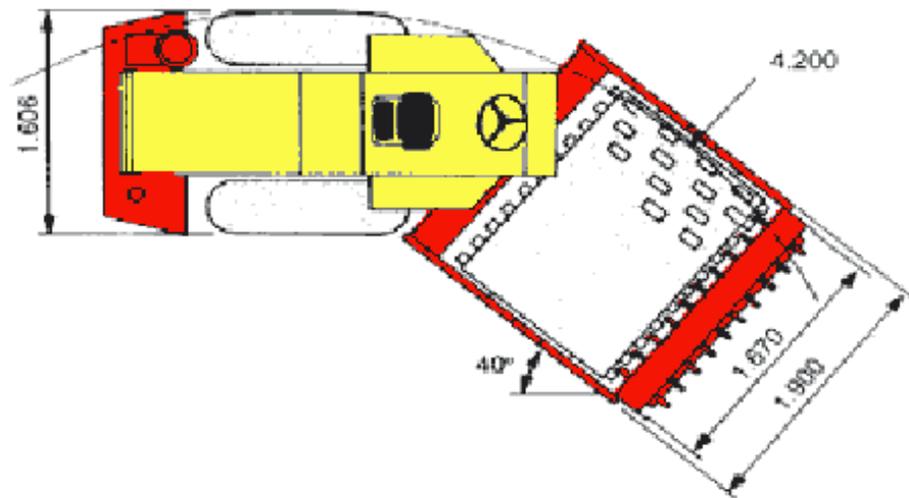
8.5.3. Vibrocompactador DYNAPAC CA 15.

Figura 26. Vibrocompactador DYNAPAC CA 15.



Figura 27. Dimensiones del vibrocompactador DYNAPAC CA 15.





Fuente. <http://www.lcmak.com.br/pdf/roloca15.pdf>

Figura 28. Motor PERKINS 4326, 79 hp.



Tabla 13. Especificaciones técnicas del vibrocompactador DYNAPAC CA 15.

MOTOR	
MARCA	PERKINS
MODELO	4,236
TIPO	DIESEL, REFRIGERADO CON AGUA
POTENCIA SAE	79 hp (59 KW) a 2,400 rpm
CAPACIDAD COMBUSTIBLE	230 LT
CAPACIDAD ACEITE HIDRÁULICO	129 LT
SISTEMA ELÉCTRICO	12 VOLTIOS
PESO	
PESO OPERACIONAL	6,600 KG
PESO MODO TRACTOR	3,700 KG
PESO ESTÁTICO	2,900 kg
OPERACIÓN	
CARGA ESTÁTICA LINEAL	17,4 kg/cm
FRECUENCIA DE VIBRACIÓN	2,400 vpm
AMPLITUD NOMINAL ALTA	0,9 mm
IMPACTO DINÁMICO TOTAL ALTO	18,450 kg
IMPACTO DINÁMICO TOTAL BAJO	12,500 kg
AMPLITUD NOMINAL BAJA	0,4 mm
VELOCIDADES	0-8 km/h
FRENOS	
SERVICIO	HIDRODINÁMICO
EMERGENCIA/ESTACIONAMIENTO	MULTIDISCO EN BAÑO DE ACEITE DENTRO DEL DIFERENCIAL LIBRE AJUSTE

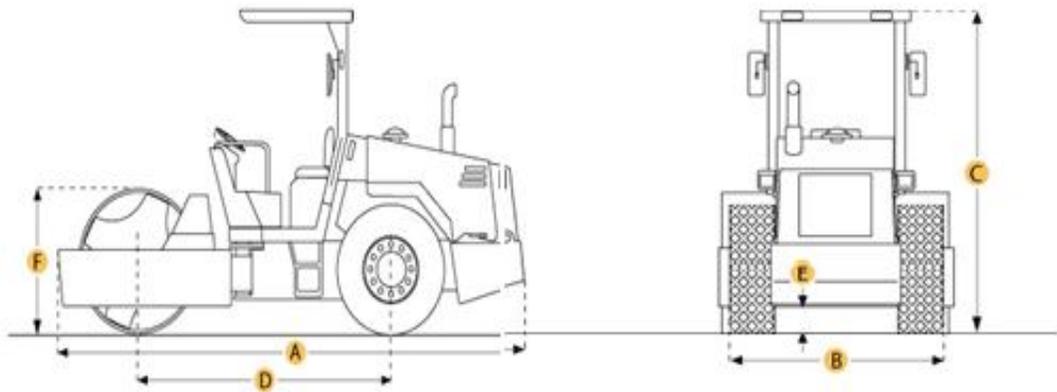
Fuente. <http://www.lcmak.com.br/pdf/roloca15.pdf>

8.5.4. Vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.

Figura 29. Vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.



Figura 30. Dimensiones vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.



Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

Figura 31. Motor Kubota, V2203M, 44HP, 667.7 Hz.



Tabla 14. Especificaciones técnicas de vibrocompactador INGERSOLL RAND DD 24.

Engine		
Make	Kubota	
Model	V2203M	
Net Power	44 hp	32.8 kw
Operational		
Operating Weight	6335 lb	2873.5 kg
Fuel Capacity	18 gal	68 L
Hydraulic System Fluid Capacity	22.4 gal	84.9 L
Max Speed	6.6 mph	10.6 km/h
Drum		
Drum Width	49.2 in	1250 mm
Drum Diameter	28.8 in	732 mm
Vibration Frequency 1	66.7 Hz	
Nominal Amplitude - Med	0.02 in	0.4 mm
Centrifugal Force - Med	7193.9 lb	32 kN
Dimensions		
Overall Length (A)	8.4 ft in	2556 mm
Overall Width (B)	4.5 ft in	1363 mm
Height to Top of Cab ©	8.3 ft in	2525 mm
Wheelbase (D)	5.7 ft in	1725 mm

Fuente. <http://www.ritchiespecs.com>.

8.6. Volquetas.

8.6.1. Definición.¹¹

Las volquetas son quizás la maquinaria más utilizada en cualquier tipo de obra civil. Son vehículos automotores que poseen un dispositivo mecánico para volcar la carga que transporta en un cajón que reposa sobre el chasis del vehículo.

La composición mecánica de la volqueta depende precisamente del volumen de material que pueda transportar el cajón. Por tal razón, este tipo de maquinaria de carga cumple una función netamente de transporte ya sea dentro de la misma obra o fuera de ella.

El tamaño y la capacidad de las volquetas son variables en los siguientes rangos:

- Potencia en el volante.
- Peso bruto vehicular.
- Capacidad en volumen y peso.
- Longitud.
- Altura.

En la mayoría de los casos sus capacidades oscilan entre 10 m³ y 50 m³, las volquetas más utilizadas en la construcción de vías poseen entre 3 ejes, uno delante de rueda sencilla que es direccional y dos atrás de rueda doble que son motrices y los de 5 ejes, poseen uno delante de rueda sencilla, dos intermedios de rueda doble, que son motrices y dos atrás de rueda doble para apoyo de la caja.

¹¹ <http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CD-ROM58492011/12.Capitulo7.pdf>

La caja tiene forma rectangular, de sección constante. Existen volquetas de una caja que posee tapa en la cola y una visera en la parte delantera para protección durante las operaciones de cargue.

Los usos generales de las volquetas son:

- Para transportar materiales desde sitios de excavación hacia los terraplenes y botaderos.
- Para transporte de materiales desde las canteras hacia la planta de procesamiento.
- Para transportar materiales desde la palta de procesamiento hacia los diferentes sitios de la vía en construcción.

8.6.2. Grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).

Figura 32. Grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).



Figura 33. Motor a gasolina CHEVROLET 366 fuel injection, V8, 180 hp



Tabla 15. Especificaciones técnicas grúa volqueta CHEVROLET C 70 (OJF 583).

DESCRIPCIÓN	
MOTOR	CHEVROLET 366, V8 FUEL INJECTION
POTENCIA EN LA VOLANTE	180 hp
PESO BRUTO VEHICULAR	26,000 LB
CAPACIDAD EJE DELANTERO	7,000 LB
CAPACIDAD EJE TRASERO	19,000 LB
LONGITUD	5,8 m
ALTURA	2,3 m
DISTANCIA ENTRE EJES	3,7846 m

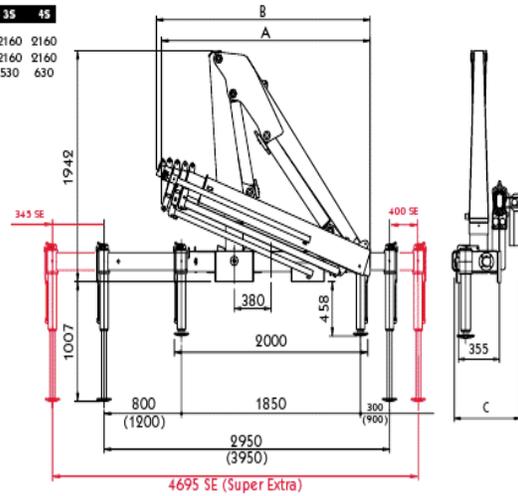
Fuente. Datos encontrados en el vehículo.

Tabla 16. Especificaciones técnicas de grúa telescópica 705/3S.

DATI TECNICI TECHNICAL DATA

	15	25	35	45				
705/15	5000*	2500*	1300	950	695			
kg	1.0	2.0	3.85	5.23	6.92			
m.								
705/25	4780*	2390*	1220	895	675	500		
kg	1.0	2.0	3.92	5.30	6.92	8.48		
m.								
705/35	4560*	2280*	1140	840	625	510	400	
kg	1.0	2.0	4.00	5.38	7.00	8.39	9.95	
m.								
705/45	4650*	2325*	1140	820	600	480	400	300
kg	1.0	2.0	4.08	5.46	7.08	8.47	9.85	11.41
m.								

	15	25	35	45
A	2030	2090	2160	2160
B	2030	2090	2160	2160
C	530	530	530	630



(*) Portata teorica Theoretical lifting capacity

MÓMENTO DI SOLLEVAMENTO MAX.
LIFTING MOMENT
MOMENT D'ELEVATION MAX.
MAX. AUFHEBENMOMENT
MOMENTOS DE ELEVACION
MOMENTO DE ELEVACAO MAX.
(t.m.)

705	15	25	35	45
base	5,0	4,8	4,6	4,6

PENDENZA MAX. DI LAVORO
MAX WORKING HEEL
DEVERS MAXI DE TRAVAIL
MAX. ARBEITSNEIGUNG
INCLINACION MÁX. DE TRABAJO
PENDÊNCIA MÁX. DE TRABALHO
(°)

705	15	25	35	45
base	5°			

CAPACITÀ SERBATOIO OLIO
OIL TANK CAPACITY
CONTENANCE RÉSERVOIR HUILE
ÖLBEHÄLTERHINHALT
CAPACIDAD DEL DEPÓSITO ACEITE
CAPACIDADE DO DEPOSITO DE OLEO
(l.)

705	15	25	35	45
base	35			

SBRACCIO MAX. VERTICALE
MAX VERTICAL REACH
LONGEUR DU BRAS VERTICALE
MAX VERTIKAL REICHWEITE
ALCANGE MAX. VERTICAL
ALCANGE MAX. VERTICAL
(m.)

705	15	25	35	45
hyd.	7,95	9,51	10,8	12,2
man.	9,51	10,9	12,3	13,6

PRESSIONE D'ESERCIZIO
WORKING PRESSURE
PRESSION DE SERVICE
BETRIEBSDRUCK
PRESSIÓN DE TRABAJO
PRESSAO DE TRABALHO
(bar)

705	15	25	35	45
base	240			

PORTATA AL DISTRIBUTORE
OIL HYDRAULIC DISCHARGE TO THE DISTRIBUTOR BOX
DÉBIT D'HUILE HYDRAULIQUE AU DISTRIBUTEUR
HYDRAULISCHE ÖL TRAGFÄHIGKEIT ZUM STEUERUNG
CAUDAL AL DISTRIBUIDOR
DESCARGA DE OLEO HIDRAULICO AO DISTRIBUIDOR
(l/min.)

705	15	25	35	45
base	18			

ANGOLO DI ROTAZIONE
SLEWING ANGLE
ANGLE ROTATION
DREHWINKEL
ANGULO DE ROTACION
ANGULO DE ROTACAO
(°)

705	15	25	35	45
base	370°			

PESO GRU SENZA STABILIZZATORI
CRANE WEIGHT WITHOUT STABILIZER
MASSE GRUE SANS STABILISATEURS
KRANGEWICHT OHNE STABILISATOREN
PESO DE LA GRUA SIN GATOS
PESO DA GRUA SEM ESTABILIZADORES
(kg.)

705	15	25	35	45
base	690	755	790	825

VELOCITÀ DI ROTAZIONE
SLEWING SPEED
VITESSE DE ROTATION
DREHGESCHWINDIGKEIT
VELOCIDAD DE ROTACION
VELOCIDADE DE RUTACAO
(360°)

705	15	25	35	45
base	40	45	50	50

PESO STAB. SCORREVOLI
WEIGHT OF SLIDING STABILIZERS
POIDS DES STABILISATEURS PIVOTANTS
GEWICHT DER LAUF-STABILISATOREN
PESO GATOS EXTENSIBLES
PESO DOS ESTABILIZADORES
(kg.)

705	15	25	35	45
base	85			

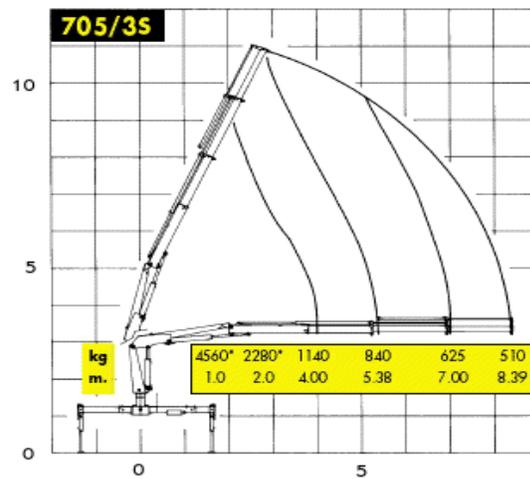


Autocarro consigliato
Recommended truck
Camion conseillé
Camion aconsejado
Camiao aconselhado

Passo - Pitch - Empattement - Passo: 2800 mm. M.T.T. ton 6,5
G.V.W. ton 6,5

Fuente. http://www.mascus.es/specs/gr%C3%BAas-hidr%C3%A1ulicas_971423/amco%20veba

Figura 34. Carga permitida vs distancia de trabajo.



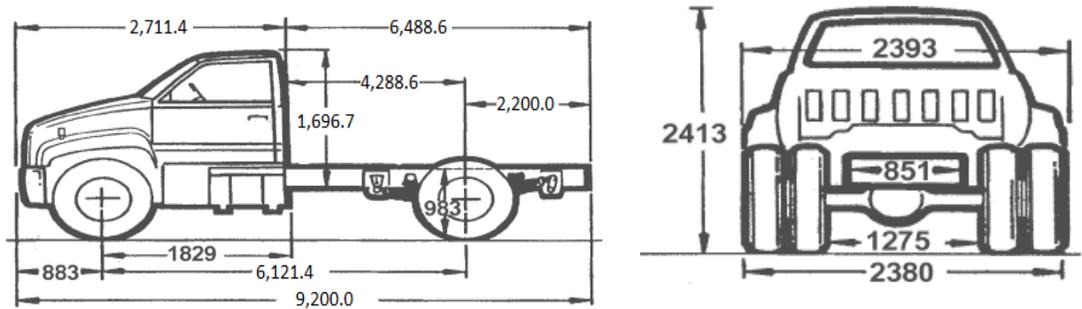
Fuente. http://www.mascus.es/specs/gr%C3%BAas-hidr%C3%A1ulicas_971423/amco%20veba

8.6.3. Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).

Figura 35. Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).



Figura 36. Dimensiones Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).



Fuente. Manual del conductor, CHEVROLET KODIAK.

Figura 37. Motor CATERPILLAR 3126E EURO II, 190/207 HP @ 2,500 RPM.

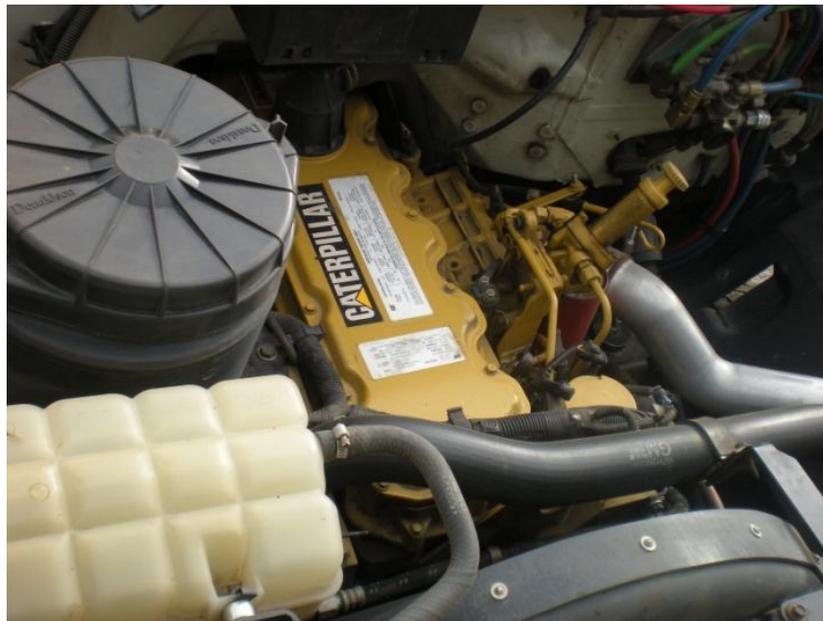


Tabla 17. Tabla de especificaciones técnicas de Volquetas KODIAK 241 (OJW016 y OJW017).

MOTOR		DIRECCIÓN	
CODIGO:	CATERPILLAR 3126E EURO II	TIPO:	DE POTENCIA TRVROSSTAS65
POSICION:	LONGITUDINAL	RELACION:	20:41
ALIMENTACION:	TURBO CARGADO	DIAMETRO DE GIRO:	- PARED - PARED: 25.0 M - BORDILLO-BORDILLO: 21.0 M
DESPLAZAMIENTO:	7.2 LT	TIMON:	2 RADIOS
NO. CILINDROS:	6 EN LINEA	DIAMETRO TIMON:	457.2 MM
DIAMETRO POR CARRERA:	110.0 x 127.0 mm	ENFRIADOR DE ACEITE:	S
POTENCIA BRUTA (SAE):	190/207 HP @ 2,500 RPM	SUSPENSION	
TORQUE BRUTO (SAE):	72.2 Kgm (520 lbf) @ 1,440 RPM	DELANTERA:	- TIPO: BALLESTAS EN EJE RÍGIDO
RELACION DE COMPRESION:	16,1		- NUMERO HOJAS: 6 HOJAS
COMBUSTIBLE:	ACPM		- AMORTIGUADORES: HIDRA. TELESCOPICOS DOBLE ACCION
FRENO MOTOR:	MARIPOSA SOBRE TUBO ESCAPE		- CAPACIDAD RESORTES: 6.624 KG (14.600 LB)
POTENCIA DE RETARDO:	160 HP A 2600 RPM		- TIPO EJE: REVERSED ELLIOT
TRANSMISIÓN		TRASERA:	- CAPACIDAD EJE: 5.448 KG (12.000 LB)
EMBRAGE			- BARRA ESTABILIZADORA: S
TIPO:	2 DISCOS SECOS, CERAMICO		- TIPO: BALLESTAS EN EJE RÍGIDO
ACCIONAMIENTO:	MECANICO		- NO. HOJAS DE RESORTE: 5 PRINCIPALES 5 SECUND 1 AUX
DIÁMETRO EXTERIOR:	355.6 MM (14 PULG)		- CAPACIDAD DE RESORTES: 10.650 KG (23.500 LBS)
CAJA DE CAMBIOS		BASTIDOR CANAL EN "U"	
TIPO:	FULLER FS6306A MANUAL, 5 VEL. Y REV.	MATERIAL:	SAE 1027 CON TRATAMIENTO TERMICO
RELACIONES:	- 1A. 7.22	RESIST. FLUENCIA:	110,000 PSI
	- 2A. 3.89	RESIST. TENSIÓN:	125,000 PSI
	- 3A. 2.22	ELONG. EN 2 PULG:	12%
	- 4A. 1.39	SOLDABILIDAD:	NO PERMITIDA
	- 5A. 1.00	DIMENSION:	CANAL "U": (274x82x10) mm
CAPACIDAD DE TORQUE	91 Kgm (66 Lb Ft)	REFUERZO:	EN L (240 x 82 x 6)
SINCRONIZACIÓN:	1A. A 5A.	MOMENTO RESISTENTE A LA FLEXION (DETRAS DE LA CABINA):	2,980,100 lbin
PALANCA DE CAMBIOS:	AL PISO		
CARDAN:	- Nº Y TIPO: 4 TUBULARES - JUNTA UNIVERSAL CARDAN: 1710 TUBO SERVICIO PESADO		

Tabla 17. Tabla de especificaciones técnicas de VOLQUETAS KODIAK 241. Cont.

FRENOS		SISTEMA ELECTRICO	
TIPO:	AIRE 100%	BATERIA:	2X 12VOLTIOS 105AH, 1500 CCA
DELANTEROS:	- LEVA TIPOS	ALTERNADOR:	12VOLTIOS 100 AMP
	- DIMENSION GENERAL : 419.1 X 127.0MM (16.5" X 5")	REGULADOR:	ELECTRONICO INTEGRADO AL ALTERNADOR
	- AREA DE FRENADO: 2,026 CM2 (314 PULG2)	MOTOR DE ARRANQUE:	DEL CO, SERIE 37 MT,
TRASEROS:	- LEVA TIPOS	LIMPIAPARABRISAS:	ELECTRICO, 2 VEL., BOMBA INCORPORADA
	- DIMENSION GENERAL : 419.1 X 177.8MM (16.5" X 7")	SISTEMA DE LUBRICACION	
	- DIMENSIONES BANDAS: PRIMARIA: 177.8 X 188.7 MM	TIPO:	FLUJO TOTAL
	- DIMENSIONES BANDAS: SECUNDARIA: 177.8 X 194.3 MM	BOMBA DE ACEITE:	DE ENGRANAJES
	- AREA DE FRENADO: 2,838 CM2 (440 PULG2)	PRESIÓN TRABAJO:	60 PSI
FRENO DE PARQUEO:	- TIPO: NEUMATICO DE RESORTE FRECARGADO	FILTRO ACEITE:	FLUJO TOTAL Y PARCIAL
	- ACTUACION: SOBRE RUEDAS TRASERAS	ENFRIADOR ACEITE:	TIPO FLATO SOBRE FLATO DE MOTOR
	- LOCALIZACION: BOTON EN TABLERO DE INSTRUMENTOS	SISTEMA DE REFRIGERACION	
COMPRESOR:	- 368 LT/MIN (13.2 FT3/MIN)	RADIADOR:	SERV. PESADO, PRESURIZADO
LLANTAS:	10.00 X 20, 16 LONAS	VENTILADOR:	ACC. POR CORREA, 7 ASPAS 610 MM DIA CON EMBRAGUE DE VENTILADOR M
RIM:	20" X 8.0" 5 GRADOS	BOMBA DE AGUA:	CENTRIFUGA
PESO Y CAPACIDADES		CAPACIDAD DE LA BOMBA:	211. LT/MINA 2600 RPM DEL MOTOR
PESO VACIO TOTAL KG:	5,325	ENFOCADOR RADIADOR:	S
PESO BRUTO VEHICULAR KG:	15,900		
LUBRICANTE MOTOR:	14 LT SIN FILTROS		
FILTRO ACEITE:	2 LT		
ACEITE TRANSMISION:	5.25 LT		
TANQUE COMBUSTIBLE	378.6 LT (100 GAL) TANQUE ESTRIBO		
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:	26.0 LT		

Fuente. Manual del conductor, CHEVROLET KODIAK.

8.7. Volquetas doble troque tándem.

8.7.1. Definición.

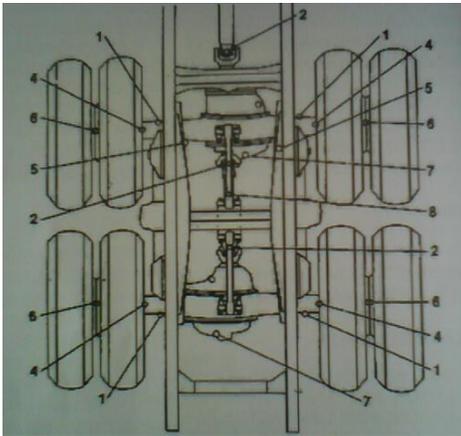
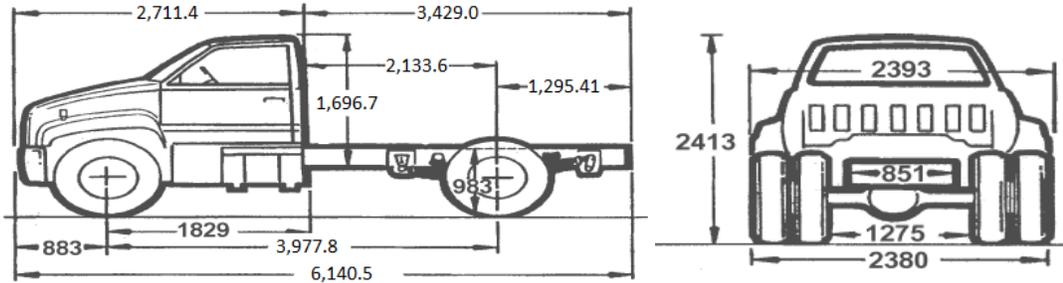
Equipo para el transporte de material sólido desde el punto de excavación hasta el de evacuación, también se emplea para el transporte de material sólido diferente al de excavación, el equipo debe ser cargado por excavadoras, cargadores o similar o en su defecto de manera manual, para ello cuenta con un volcó con capacidad mínima de 14 m³ con un cilindro hidráulico telescópico para el descargue del material.

8.7.2. Volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).

Figura 38. Volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).



Figura 39. Dimensiones volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).



ITEM	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	LEVA DE FRENO	1 EN CADA UNO
2	UNIONES EN "U" DEL CARDÁN	1 EN CADA UNO
4	RODAMIENTOS DE LA LEVA DEL FRENO	APLIQUE ACEITE PARA MOTOR
5	PASADORES FRENOS TRASEROS	1 EN CADA UNO
6	BALINERAS DE LAS RUEDAS TRASERAS	LUBRIQUE MANUALMENTE
7	EJE TRASERO	LLENAR EL NIVEL
8	UNIÓN DESLIZANTE	1 EN CADA UNO

Fuente. Manual del conductor, CHEVROLET KODIAK.

Figura 40. Motor CATERPILLAR 3126 E EPA 2000NB, 250HP A 2,200 RPM.



Tabla 18. Tabla de especificaciones técnicas de volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014).

MOTOR		DIRECCIÓN	
CODIGO:	CATERPILLAR 312E EPA 2000NB	TIPO:	W/CROSS T/AS 65 DE POTENCIA
POSICION:	LONGITUDINAL	RELACION:	20:4:1
ALIMENTACION:	TURBO CARGADO POSTENFRIADO	DIAMETRO DE GIRO:	PARED - PARED: 20,48m BORDILLO-BORDILLO: 19,35m
DESPLAZAMIENTO:	7.2LT	SUSPENSION	
NO. CILINDROS:	6 EN LINEA CON 3 VÁLV X CILINDRO		
DIAMETRO POR CARRERA:	110.0 x 127.0mm		
POTENCIA BRUTA (SAE):	250 HP @ 2,200 RPM		
TORQUE BRUTO (SAE):	800 lb-ft @ 1,440 RPM		
REVOLUCIONES MÁXIMAS:	2,400 RPM		
RELACION DE COMPRESION:	16:1		
TIPO DE INYECCIÓN:	DIRECTA		
COMBUSTIBLE:	ACPM		
FRENO MOTOR:	MARIPOSA SOBRE TUBO ESCAPE		
POTENCIA DE RETARDO:	160 HP A 2800 RPM	DELANTERA:	TIPO: MULTIHUJA CON BARRA ESTABILIZADORA NÚMERO HOJAS: 7 HOJAS - AMORTIGUADORES: HIDRA. TELESCOPICOS, DOBLE ACCION CAPACIDAD SUSPENCIÓN: 6.624 KG (14.600 LB) - TIPO E.E: REVERSED ELLIOT CAPACIDAD E.E: 6.624 KG (14.600 LB)
TRANSMISIÓN		TRASERA:	TIPO: HENDRICKSON RT2-460 NO. HOJAS DE RESORTE: 12 TIPO DE RESORTE: SEMIELÍPTICO, UN ETAPA CAPACIDAD SUSPENCIÓN: 46.000 LB TIPO DE E.E: EATON DS454P UNA VELOCIDAD CAPACIDAD E.E: 45.000 LB RELACIONES E.E: 6,5: 1
CAJA DE CAMBIOS		CHASSIS	
TIPO:	ALLISON MD 3550p AUTOMÁTICA 5 VELOCIDADES	TIPO BASTIDOR:	CANAL EN "C"
TIPO:	FULLER FS 6305A MANUAL, 5 VEL. Y REV.	MATERIAL:	SAE 1027 CON TRATAMIENTO TÉRMICO
RELACIONES:	1 A 4,59 2A 2,25 3A 1,54 4A 1,00 5A 0,75 REV 5,00	RESIST. FLUENCIA:	110.000 PSI
CAPACIDAD DE TORQUE:	800 lb-ft	RESIST. TENSIÓN:	125.000 PSI
SINCRONIZACIÓN:	1A. A 5A.	ELONG. EN 2 PULG:	12%
ACCIONAMIENTOS CAMBIOS:	TABLERO	SOLDABILIDAD:	NO PERMITIDA
		DIMENSION:	CANAL "C": (274x76x10) mm
		REFUERZO:	EN L (256,5 x 76 x 6)
		MOMENTO RESISTENTE A LA FLEXION (DETRAS DE LA CABINA):	2.980.100 lbin

Tabla 18. Tabla de especificaciones técnicas de volquetas doble troque KODIAK TANDEM (OJW018 y OJW014). Cont.

FRENOS		SISTEMA ELECTRICO	
TIPO:	MERTORQ.FLUSAIRE 100%	BATERIA:	2X 12 VOL.TIOS, 105AH, 1500CCA
DELANTEROS:	- LEVA TIPOS	ALTERNADOR:	12 VOL.TIOS, 100AMP
	- DIMENSION GENERAL : 419.1 X 127.0MM (16.5" X 5")	REGULADOR:	ELECTRONICO INTEGRADO AL ALTERNADOR
	ÁREA DE FRENADO : 2,026 CM2 (314 PULG2)	MOTOR DE ARRANQUE:	DELCO, SERIE 37 MT,
TRASEROS:	- LEVA TIPOS	LIMPIA PARABRISAS:	ELECTRICO, 2 VEL., BOMBA INCORPORADA
	- DIMENSION GENERAL : 419.1 X 177.8MM (16.5" X 7")	SISTEMA DE LUBRICACION	
	ÁREA DE FRENADO : 880 PULG2	TIPO:	FLUJO TOTAL PRESURIZADO
FRENO DE PARQUEO:	TIPO: MECÁNICO	BOMBA DE ACEITE:	DE ENGRANAJES
	- ACTUACION : SOBRE RUEDA TRASERAS	PRESIÓN TRABAJO:	60 PSI
	- LOCALIZACION : BOTON EN TABLERO DE INSTRUMENTOS	FILTRO ACEITE:	FLUJO TOTAL Y PARCIAL
COMPRESOR:	- 368 LT/MIN (13.2 FT3/MIN)	ENFRIADOR ACEITE:	TIPO PLATO
LLANTAS Y RINES:		SISTEMA DE REFRIGERACION	
LLANTAS:	295/80R225H16PR	RADIADOR:	SERV. PESADO, PRESURIZADO ALUMINO
RIM:	22,5" X 8,25" DISCO DE ACERO	VENTILADOR:	7x26x2,7 METAL-EMBRAGUE
PESOS		BOMBA DE AGUA:	CENTRIFUGA
PESO VACIO TOTAL (KG):	6,484,14	CAPACIDAD DE LA BOMBA:	56 GL.SA 2,400 RPM DEL MOTOR
PESO BRUTO VEHICULAR (KG):	26,408	CAPACIDADES	
PESO EJE DELANTERO (KG):	3,120,26	LUBRICANTE MOTOR:	14 LT SIN FILTROS
PESO EJE TRASERO (KG):	3,336,84	FILTRO ACEITE:	13,25 LT
		ACEITE TRANSMISION:	46 PINTS
		TANQUE COMBUSTIBLE	378,6 LT (100 GAL)
		SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:	26,0 LT

Fuente. Manual del conductor, CHEVROLET KODIAK.

9. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS FMEA Y RCA.

El propósito de este tema es desarrollar las metodologías FMEA y RCA para las máquinas de mayor criticidad que posee la Alcaldía de Facatativá, sede Obras Públicas.

9.1. Desarrollo de la metodología FMEA.

El Análisis de Modos y Efectos de Fallos es una herramienta de planificación de la calidad que de forma sistemática y analítica que pretende identificar y eliminar los posibles problemas potenciales asociados con el diseño y la fabricación de un producto. Responde a las siglas FMEA, que corresponden a las iniciales de su nombre en inglés: Failure Modes & Effects Analysis.

El FMEA puede aplicarse al diseño de los productos, con el fin de mejorarlo, o a los procesos de fabricación, con el fin de eliminar posibles defectos que tienen lugar en la fabricación de los productos. El procedimiento es similar en ambos casos, pero en el primero se parte de fallos potenciales de los diseños que tienen efectos directos sobre los consumidores y, en el segundo, de fallos potenciales de los procesos que tienen efectos internos dentro de la instalación productiva.

Aplicar el FMEA consiste básicamente en la construcción de un formato que de forma sistemática refleja los pensamientos generados por el personal directamente implicado en el diseño o el proceso estudiado sobre los efectos de consecuencias de determinados fallos. Este formato servirá para determinar qué

fallos y qué causas de estos fallos deben ser eliminados con mayor prioridad y permite controlar los avances realizados al respecto. Ver anexo 12.

9.1.1. Fallas Funcionales.

Falla. Se define “falla” *como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que los usuarios quieren que haga.* [1]

Fallas funcionales. La definición citada trata el concepto de falla de la manera que se aplica a un activo como un todo. En la práctica esta definición es un poco vaga ya que no distingue claramente entre el estado de falla (falla funcional) y los eventos que causan este estado de falla (modos de falla). [1]

Funciones y fallas. Se ha visto que si un activo no hace aquello que los usuarios quieren que haga, ha fallado. También que cualquier cosa que deba hacer se define como una función y que cada activo tiene más de una y por lo general varias funciones diferentes.

Por ejemplo, una bomba tiene al menos dos funciones. Una es la de bombear agua a no menos de 800 litros por minuto y la otra es contener el agua. Es perfectamente posible que dicha bomba sea capaz de bombear la cantidad requerida (no hay falla de la función primaria) a la vez que pierda una cantidad excesiva de líquido (falla en la función secundaria). Por otra parte es posible que la bomba se deteriore hasta el punto de no poder bombear la cantidad requerida (falla de la función primaria), mientras que contiene el líquido (no hay falla en la función secundaria). Esto muestra porque es más preciso definir una falla en

términos de pérdida de una función específica, más que la falla del activo como un todo. [1]

9.1.2. Modos de falla.

¿Qué es un modo de falla? Un modo de falla podría ser definido como cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico (o sistema o proceso). Sin embargo, como ya se explicó, es vago y simplista aplicar el término “falla” a un activo físico en general. Es mucho más preciso distinguir entre “una falla funcional” (un estado de falla) y un “modo de falla” (un evento que puede causar un estado de falla). Esta distinción lleva a una definición más precisa de un modo de falla, como puede ser: un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. [1]

La mejor manera de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales, luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional, como lo muestra la tabla 19. La tabla también indica que, como mínimo, la descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo.

Tabla 19. Ejemplo de modos de falla de una bomba.

FUNCION		FALLA FUNCIONAL (PERDIDA DE FUNCION)	MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)
1	Transferiri agua desde el tanque X, al tanque Y, a no menos de 800 litros /minito	A Incapaz de transferir agua	1 Cojinetes agarrotados 2 Impulsor loco, suelto El cubo de acople falla 3 por fatiga

Fuente. Autor del proyecto.

Categorías de modos de falla. Al aceptar que mantenimiento significa asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga, entonces un programa de mantenimiento global debe tener en cuenta todos los eventos que tienen la posibilidad de amenazar esa funcionalidad. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera: [1]

Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.

- ✓ Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- ✓ Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

9.1.3. Efectos de falla.

El siguiente paso en el proceso consiste en hacer una lista de lo que de hecho sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina *efectos de la falla*. Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla. [1]

Un efecto de falla no es lo mismo que consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde la pregunta ¿Qué importancia tiene?

La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- ✓ La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- ✓ Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- ✓ Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- ✓ Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- ✓ Que debe hacerse para reparar la falla.

9.1.4. Fuentes de información acerca de modos y efectos.

Al considerar donde obtener la información necesaria para armar un FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla) completo, se debe recordar ser proactivos, esto significa que debe darse tanto énfasis en lo que podría ocurrir como en lo que ha ocurrido.

Las fuentes de información más frecuentes se describen a continuación [1]:

- ✓ El fabricante o proveedor del equipo.
- ✓ Listas genéricas de modos de falla.
- ✓ Otros usuarios de la misma máquina.
- ✓ Registros de antecedentes técnicos.
- ✓ Las personas que operan y mantienen el equipo.

Para la elaboración del FMEA se definieron una escala de para establecer la probabilidad ocurrencia, de severidad y de detección, tal como lo muestran las tablas 20, 21 y 22.

Severidad (S): Es una evaluación de la seriedad de la falla potencial. La severidad se aplica solamente al efecto. La evaluación de la severidad debe ser realizada por ingenieros con la experiencia y conocimientos competentes. La severidad debe ser estimada dentro de una escala de 1 a 10. El 1 significa que tiene muy poca severidad o sea que la falla en la actividad no afectara el comportamiento del vehículo o maquinaria, el 5 es una severidad mediana y significa que la falla tiene 50% de posibilidades de afectar al vehículo o maquinaria, el 10 es una altísima severidad, en base a este criterio se pondera de 1 a 10. Ver tabla 20.

Tabla 20. Escala para determinar probabilidad de severidad.

CALIFICACION	CRITERIO DE SEVERIDAD
1	NO: Sin efecto
2	MENOR: No hay efecto informado.
3	MARGINAL: Fastidiosa. No hay degradación del sistema.
4	
5	MODERADO: Causa insatisfacción. Alguna degradación en el sistema.
6	
7	CRITICA: Causa un alto grado de insatisfacción. Pérdida de la función del sistema.
8	
9	CATASTROFICA: Una falla que puede causar muerte (s) o daños graves a la propiedad.
10	

Fuente. www.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos

Ocurrencia (O): Frecuencia a la que ocurre la causa / mecanismo específico de fallo. Estimar la probabilidad de ocurrencia en la escala de 1 a 10.

Ver tabla 21.

Tabla 21. Escala para determinar probabilidad de frecuencia.

CALIFICACION	CRITERIO DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
1	REMOTA O RARO: No es razonable que este modo de falla ocurra.	Mayores de 3 años
2	BAJA O ESPORADICO: Basado en diseños similares que han experimentado fallas esporádicas.	1/10000
3		1/5000
4	MODERADA: Basado en diseños similares que han causado problemas.	1/1000
5		1/500
6		1/200
7	ALTA: La falla sucede muy a menudo.	1/100
8		1/50
9	MUY ALTA: La falla es casi inevitable.	1/10
10		1/5

Fuente. www.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos

Detección (D): Es un gravamen de la probabilidad que los controles actuales (diseño y proceso) detectarán la causa del modo de fallo o del modo de fallo sí mismo, así evitando que alcance al cliente. Ver tabla 22.

Tabla 22. Escala para determinar probabilidad de detección.

CALIFICACION	CRITERIO DE DETECCION	PROBABILIDAD DE DETECCION
1	MUY ALTA PROBABILIDAD DE DETECCION de la falla hasta que esta ocurra. Casi siempre hay señales de precaución.	80% - 100%
2 5	ALTA PROBABILIDAD DE DETECCION de la falla hasta que ocurra. La mayoría de las veces está precedida por una señal de precaución.	60% - 80%
6 8	PROBABILIDAD DE DETECCION MODERADA de la falla hasta que esta ocurra. Cerca del 50 % de oportunidad de tener una señal de precaución.	40% - 60%
9	BAJA PROBABILIDAD DE DETECCION de la falla hasta que esta ocurra. La mayoría de las veces hay una pequeña o ninguna señal de precaución.	20% - 40%
10	REMOTA PROBABILIDAD DE DETECCION de la falla hasta que esta ocurra. Siempre sin ninguna señal de precaución.	0% - 20%

Fuente. www.scribd.com/doc/2935466/AMEF-Analisis-Modal-de-Fallas-yEfectos

Número Prioridad de Riesgo (NPR): Es el resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad (S) del efecto de falla, por las probabilidades de ocurrencia (O) para cada causa de falla, y por las posibilidades de que los mecanismos de control detecten(D) cada cusa de falla. Es decir, para cada efecto se tienen varias causas y para cada causa un grupo de controles.

$$\text{NPR} = (\text{S}) \times (\text{O}) \times (\text{D})$$

El NPR cae en un rango del 1 a 1 000 y proporciona un indicador relativo de todas las causas de falla. A los más altos números de NPR se les deberá dar prioridad

para acciones correctivas, Y sea para prevenir la causa o por lo menos para emplear mejores controles de detección. Especial atención debe darse cuando se tengan altos NPR (mayores a 80) con severidades altas 9.

Establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla, identificando ítems críticos.

Prioridad de NPR:

500 – 1000 Alto riesgo de falla

125 – 499 Riesgo de falla medio

1 – 124 Riesgo de falla bajo

0 No existe riesgo de falla

A partir de la valoración de cada una de esas probabilidades se obtuvo para cada modo de falla el coeficiente RPN (Risk Priority Numer o índice de prioridad de riesgo). Se deben diseñar algunas acciones para disminuir el NPR ya sea mediante la reducción de la probabilidad ocurrencia, de severidad y de detección¹².

A continuación se hará una tabla de desarrollo del FMEA para cada vehículo y máquina pesada utilizada en la sede de Obras Públicas de Facatativá.

¹² Fuente: Luis Fernando Botero. Monografía Especialización Gerencia de Producción y calidad. Tópicos especiales. Segundo Capítulo

Tabla 23. Tabla de desarrollo del FMEA para retroexcavadora 510 D.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A)					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
		CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
MAQUINA O EQUIPO		RETROEXCAVADORA					APROBADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	510 D	AÑO	1995	MARCA	JOHN DEERE				
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	CORRENDIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
			6	Empaque de la culata desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150
3	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
4	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte deloperario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
5	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90
			6	Mal funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90
6	Nivel liquido de la batería	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal funcionamiento del sistema eléctrico de la máquina	2	Ninguno	Ninguno	5	50
7	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	2	Ninguno	Ninguno	5	60

Tabla 24. Tabla de desarrollo del FMEA para retroexcavadora 410 G.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:		1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:		08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A)								
		CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					PREPARADO POR:		URIEL SALAZAR	
MAQUINA O EQUIPO		RETROEXCAVADORA					REVISADO POR:		JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	410 G	AÑO	2006	MARCA	JOHN DEERE	APROBADO POR:		JUAN FAJARDO		
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR	
1	Cambio aceite del sistema hidráulico	Baja pontencia en el sistema hidráulico	5	No hacer los cambios de aceite a tiempo	5	Ninguno	Ninguno	5	125	
2	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
3	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150	
4	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90	
			6	Mal Funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90	
5	Nivel liquido de la bateria	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal Funcionamiento del sistema eléctrico de la máquina	2	Ninguno	Ninguno	5	50	
6	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	2	Ninguno	Ninguno	5	60	

Tabla 25. Tabla de desarrollo del FMEA para minicargador 1845 C.

		SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A)					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
		CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
MAQUINA O EQUIPO		MINICARGADOR					APROBADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	1845 C	AÑO	NR	MARCA	CASE				
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
			6	Empaque de la cula ta desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150
3	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
4	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte deloperario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
5	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90
			6	Mal Funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90
6	Nivel liquido de la bateria	Disminución en el amperaje de	5	Mal Funcionamiento del sistema eléctrico	2	Ninguno	Ninguno	5	50
7	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	2	Ninguno	Ninguno	5	60

Tabla 26. Tabla de desarrollo del FMEA para minicargador L 170.

		SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ÁREA DE MANTENIMIENTO						CONSECUTIVO:	1	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA						FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
MAQUINA O EQUIPO		MINICARGADOR						PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
REFERENCIA		L 170	ANO	2009	MARCA	NEW HOLLAND	REVISADO POR:	JUAN FAJARDO		
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	CURRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR	
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144	
			6	Empaque de la culata desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144	
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150	
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150	
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150	
3	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
4	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150	
5	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90	
			6	Mal Funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90	
6	Nivel liquido de la batería	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal Funcionamiento del sistema eléctrico de la máquina	2	Ninguno	Ninguno	5	50	
7	Engrase general	Desgaste en las articulaciones	6	Ruptura de las partes por fatiga	2	Ninguno	Ninguno	5	60	
8	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos eléctricos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	2	Ninguno	Ninguno	5	70	

Tabla 27. Tabla de desarrollo del FMEA para motoniveladora 570 B.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A)					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
		CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
MAQUINA O EQUIPO		MOTONIVELADORA					APROBADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	570 B	AÑO	1995	MARCA	JOHN DEERE				
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	CORRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
			6	Empaque de la culata desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150
3	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
4	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
5	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90
			6	Mal Funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90
6	Nivel liquido de la batería	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal funcionamiento del sistema eléctrico de la máquina	3	Ninguno	Ninguno	5	75
7	Engrase general	Desgaste en las articulaciones	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90
8	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	3	Ninguno	Ninguno	5	105
9	Daño en botellas hidráulicas	Paro inesperado de la máquina	7	Sobre presion de opración	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105
			7	Golpe muy brusco	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105

Tabla 28. Tabla de desarrollo del FMEA para motoniveladora GR 180.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:		1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:		08-oct-12	
MAQUINA O EQUIPO		MOTONIVELADORA					PREPARADO POR:		URIEL SALAZAR	
		REFERENCIA		AÑO	MARCA	INTENSUS	REVISADO POR:		JUAN FAJARDO	
ITEM	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	CORRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR	
1	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150	
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150	
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150	
2	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	5	cilindros hidráulicos	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	150	
			5	Unión entre mangueras	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	150	
			5	bomba	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	150	
3	No toma de horas en el horómetro	ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150	
4	Nivel liquido de la bateria	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal Funcionamiento del sistema eléctrico	3	Ninguno	Ninguno	5	75	
5	Engrase general	Desgaste en las articulaciones	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90	
6	Daño en piñones del tornamesa	Desgaste muy prematuro de la máquina	6	Material inadecuado	3	Dejar que se siga deteriorandose	Ninguno	5	90	
			6	Golpes muy bruscos	3	Ninguno	Ninguno	5	90	
7	Daño en la cuchilla	Desgaste muy prematuro de la máquina	6	Material inadecuado	3	Dejar que se siga deteriorandose	Ninguno	5	90	
			6	Golpes muy bruscos	3	Ninguno	Ninguno	5	90	
8	Daño en botellas hidráulicas	Paro inesperado de la máquina	7	Sobre presion de opración	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105	
			7	Golpe muy brusco	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105	

Tabla 29. Tabla de desarrollo del FMEA para excavadora hidráulica de oruga 690 ELC.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A)					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
		CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
MAQUINA O EQUIPO		EXCAVADORA HIDRAULICA DE ORUGA					APROBADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	690 ELC	AÑO	1995	MARCA	JOHN DEERE				
ITEM	MODO DE FALLA	EFEECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	CORRENDIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
			6	Motor pendiente de reparación	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
			6	Empaque de la culata desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	Exceso de presion recomendada	5	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	150
3	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
4	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyeccion.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90
			6	Mal funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90
5	Nivel liquido de la bateria	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal funcionamiento del sistema eléctrico	3	Ninguno	Ninguno	5	75
6	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90
7	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos eléctricos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	3	Ninguno	Ninguno	5	105
8	Cambio del aceite del hidráulico	Perdida de fuerza del sistema hidráulico	7	No cambiar el aceite a tiempo	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105

Tabla 30. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador CV 80.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS						CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO						FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA						PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
MAQUINA O EQUIPO		VIBROCOMPACTADOR						REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	CV 80	AÑO	2009	MARCA	INTENSUS	APROBADO POR:	JUAN FAJARDO			
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR	
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144	
			6	Motor pendiente de reparación	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144	
			6	Empaque de la culata desgastado	4	Agregar mas aceite	Ninguno	6	144	
2	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150	
3	Filtro de combustible recolector de agua	Entrada de agua al sistema de inyección	6	Daño del sistema de inyección.	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	5	90	
			6	Mal Funcionamiento de la máquina	3	Ninguno	No opera adecuadamente	5	90	
4	Engrase general	Desgaste en las articulaciones	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90	
5	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos eléctricos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	3	Ninguno	Ninguno	5	105	
6	Cambio del aceite del hidráulico	Perdida de fuerza del sistema hidráulico	7	No cambiar el aceite a tiempo	3	Correctivo cuando sucede	Ninguno	5	105	

Tabla 31. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador CA 15.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:		1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:		08-oct-12	
MAQUINA O EQUIPO		VIBROCOMPACTADOR					PREPARADO POR:		URIEL SALAZAR	
		REFERENCIA		CA 15	AÑO	1995	MARCA	DYNAPAC	REVISADO POR:		JUAN FAJARDO
ITEM	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR	
1	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Unión entre mangueras y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180	
2	No toma de horas en el horómetro	Mal control para ejercer plan	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	4	120	
3	Filtro de combustible recolector de agua	Daños en el sistema de inyección	6	Entrada de agua al sistema de inyección	3	Ninguno	Visual de la cantidad de humo que arroja	4	72	
			6	Taponamiento del filtro por suciedad	3	Ninguno	No opera adecuadamente	4	72	
4	Cambio filtro de combustible	Daños en el sistema de inyección	6	Taponamiento del filtro por suciedad	5	Ninguno	Ninguno	5	150	
5	Cambio filtros de aire	Daños en el sistema de inyección	6	No entra el aire necesario	5	Ninguno	Ninguno	5	150	
6	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90	
7	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos eléctricos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	3	Ninguno	Ninguno	3	63	

Tabla 32. Tabla de desarrollo del FMEA para vibrocompactador DD 24.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:		1		
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:		08-oct-12		
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					PREPARADO POR:		URIEL SALAZAR		
MAQUINA O EQUIPO		VIBROCOMPACTADOR					REVISADO POR:		JUAN FAJARDO		
REFERENCIA		DD 24		AÑO	2009	MARCA	INGERSOLL RAND		APROBADO POR:		JUAN FAJARDO
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR		
1	Cambio aceite del motor	Desgaste de todas la piezas que conforman el motor	7	Pierde viscosidad	4	Ninguno	No hay registros	5	140		
2	Cambio filtro de aceite del motor	Desgaste de todas la piezas que conforman el motor	7	Taponamiento del filtro por suciedad	4	Ninguno	No hay registros	5	140		
3	Cambio filtro de combustible	Daños en el sistema de inyección	7	Taponamiento del filtro por suciedad	4	Ninguno	No hay registros	5	140		
4	Cambio aceite del sistema hidráulico	Daños en el sistema hidráulico	7	Pierde viscosidad	4	Ninguno	No hay registros	5	140		
5	Cambio filtro del sistema hidráulico	Daños en el sistema hidráulico	7	Taponamiento del filtro por suciedad	4	Ninguno	No hay registros	5	140		
6	Cambio filtros de aire	Daños en el sistema de inyección	6	No entra el aire necesario para la combustión	4	Ninguno	No hay registros	5	120		
7	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90		

Tabla 33. Tabla de desarrollo del FMEA para grúa volqueta C 70.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
MAQUINA O EQUIPO		GRUA VOLQUETA C 70					REVISADO POR:	JUAN FAJARDO	
REFERENCIA	OJF 583	AÑO	1993	MARCA	CHEVROLET	APROBADO POR:	JUAN FAJARDO		
ITEM	MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	Nivel aceite del motor	Consumo excesivo de aceite	6	Guías de válvulas desgastadas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Pistones rayados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Empaque de la culata desgastado	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
2	Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	Consumo excesivo de aceite y cambios muy continuos de mangueras	6	Mangueras desgastadas	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
			6	No cambiarlas a tiempo	5	Hacerles amarres con tiras de cuacho	Ninguno	5	150
3	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	6	Retenedores de los cilindros hidráulicos	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	y cilindros sueltas	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
			6	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	5	Agregar mas aceite	Ninguno	6	180
4	No toma de los kilometros en el odómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
5	Nivel liquido de la batería	Disminución en el amperaje de trabajo	5	Mal Funcionamiento del sistema eléctrico de la máquina	3	Ninguno	Ninguno	5	75
6	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90
7	Daños en el sistema eléctrico	No funcionan los dispositivos eléctricos	7	Ocasiona posibles cortocircuitos	3	Ninguno	Ninguno	5	105

Tabla 34. Tabla de desarrollo del FMEA para volquetas KODIAK 241.

		SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS					CONSECUTIVO:	1	
		ÁREA DE MANTENIMIENTO					FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12	
		ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA					PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR	
MAQUINA O EQUIPO			VOLQUETAS KODIAK 241			REVISADO POR:	JUAN FAJARDO		
REFERENCIA	OJW016/OJW017	AÑO	2009	MARCA	CHEVROLET	APROBADO POR:	JUAN FAJARDO		
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR
1	No toma de los kilometros en el odómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150
2	Engrase general	Desgaste en las articulaciones de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90

Tabla 35. Tabla de desarrollo del FMEA para volquetas doble troque KODIAK TANDEM.

	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS						CONSECUTIVO:	1				
	ÁREA DE MANTENIMIENTO						FECHA DE REGISTRO:	08-oct-12				
	ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (F.M.E.A) CONTROL DE LOS MODOS DE FALLA						PREPARADO POR:	URIEL SALAZAR				
MAQUINA O EQUIPO			VOLQUETA DOBLE TROQUE KODIAK TANDEM						REVISADO POR:	JUAN FAJARDO		
REFERENCIA	OJW014/OJW018		AÑO	2009		MARCA	CHEVROLET			APROBADO POR:	JUAN FAJARDO	
ITEM	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA	SEVERIDAD	CAUSA DE LA FALLA	OCCURENCIA	CONTROLES PREVENTIVOS ACTUALES	CONTROLES DE DETECCION ACTUALES	DETECCION	NPR			
1	Nivel de aceite del hidráulico	Consumo excesivo de aceite	5	Retenedores en el cilindro hidráulico desgastado	3	Agregar mas aceite	Ninguno	6	90			
			5	Empaques en la bomba hidráulica desgastados	3	Agregar mas aceite	Ninguno	6	90			
2	No toma de los kilometros en el odómetro	Mal control para ejercer plan de mantenimiento	5	No lectura por parte del operario	6	Ninguno	Ninguno	5	150			
3	Engrase general	Desgasteen los puntos de movimientos	6	Ruptura de las partes por fatiga	3	Ninguno	Ninguno	5	90			

Tabla 36. Resumen de la aplicación de la FMEA para toda la flota.

MÁQUINA	RETRO EXCAVADORA 510D	RETRO EXCAVADORA 410G	MINI CARGADOR 1845C	NIMI CARGADOR L 170	MOTO NIVELADORA 570B	MOTO NIVELADORA GR 180	TOTALES
MODO DE FALLA	NFR						
Nivel aceite del motor	144		144	144	144		576
Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	150		150	150	150	150	750
Nivel de aceite del hidráulico	180	180	180	180	180	150	1050
No toma de horas en el horómetro	150	150	150	150	150	150	900
No toma de kilómetros en el odómetro							0
Filtro de combustible recolector de agua	90	90	90	90	90		450
Nivel liquido de la batería	50	50	50	50	75	75	350
Engrase general	60	60	60	60	90	90	420
Daños en el sistema eléctrico					105		105
Daños en botellas hidráulicas					105	105	210
cambio aceite del sistema hidraulico		125					125
Cambio filtro de combustible							0
Cambio filtro de aire							0
Cambio filtro del sistema hidráulico							0
Cambio aceite del motor							0
Cambio filtro aceite del motor							0
Daño en la cuchilla						90	90
Daño en piñones del tornamesa						90	90
TOTALES	824	655	824	824	1089	900	5116

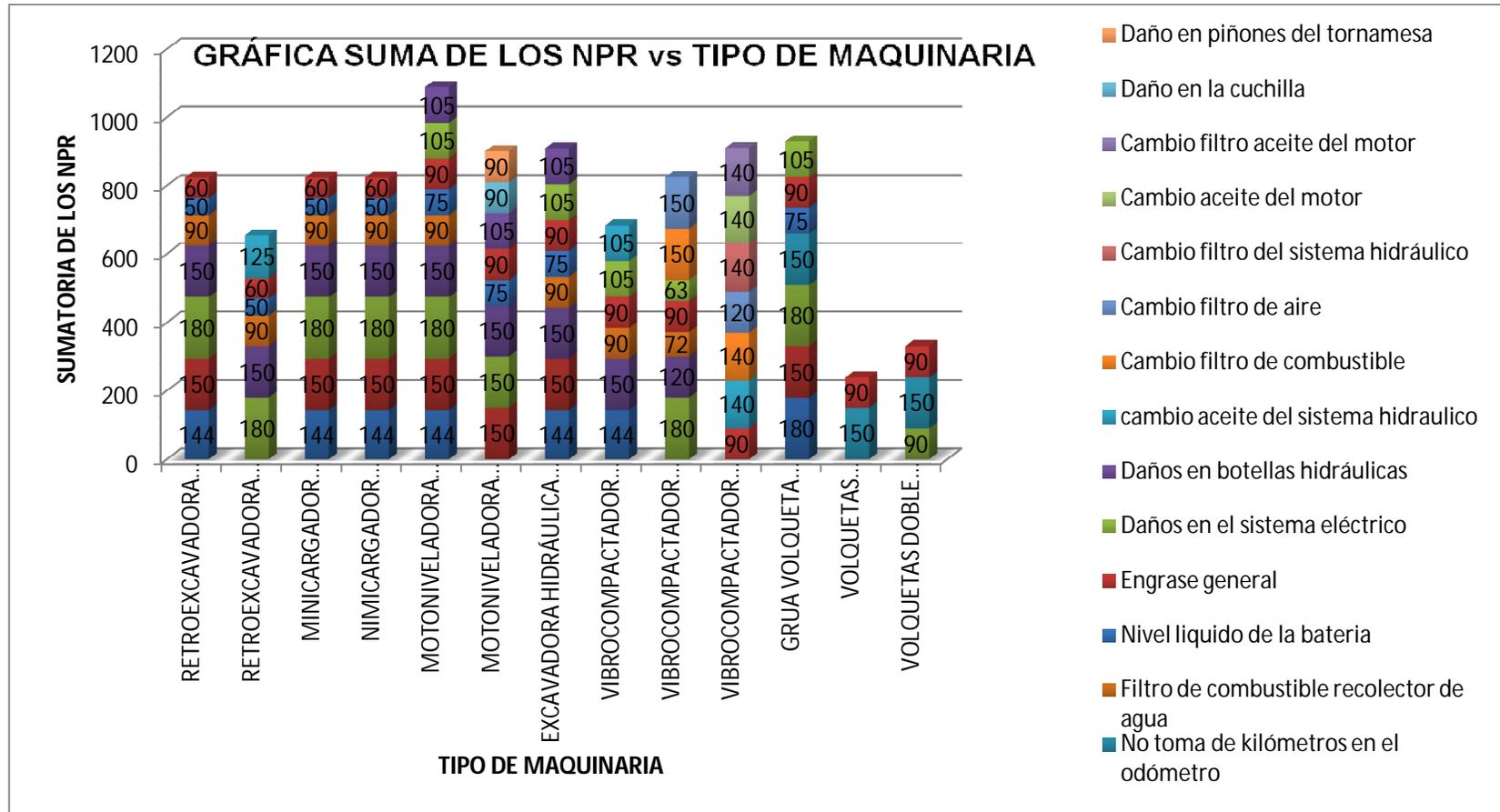
Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 36a. Resumen de la aplicación de la FMEA para toda la flota.

MÁQUINA	EXCAVADORA HIDRÁULICA DE CRUGA 690 ELC	VIBRO COMPACTADOR C/ 80	VIBRO COMPACTADOR CA 15	VIBRO COMPACTADOR DD 24	GRUA VOLQUETA C 70	VOLQUETAS KODIAK 241	VOLQUETAS DOBLE TITROQUE KODIAK TANDEM	TOTALES
MODOS DE FALLA	NFR							
Nivel aceite del motor	144	144			180			468
Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	150				150			300
Nivel de aceite del hidráulico			180		180		90	450
No toma de horas en el horómetro	150	150	120					420
No toma de kilómetros en el odómetro					150	150	150	450
Filtro de combustible recolector de agua	90	90	72					252
Nivel líquido de la batería	75				75			150
Engrase general	90	90	90	90	90	90	90	630
Daños en el sistema eléctrico	105	105	63		105			378
Daños en botellas hidráulicas	105							105
cambio aceite del sistema hidráulico		105		140				245
Cambio filtro de combustible			150	140				290
Cambio filtro de aire			150	120				270
Cambio filtro del sistema hidráulico				140				140
Cambio aceite del motor				140				140
Cambio filtro aceite del motor				140				140
Daño en la cuchilla								0
Daño en piñones del tomamesa								0
TOTALES	856	499	639	910	816	240	330	4290

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 41. Gráfica de la suma de los NPR vs TIPO DE MAQUINARIA.



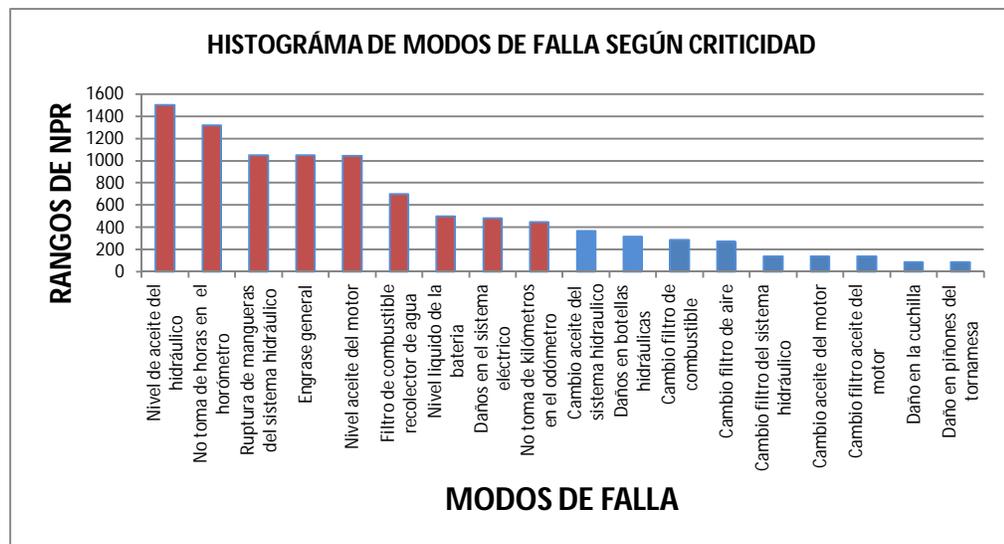
Fuente. Autor del proyecto

Tabla 37. Tabla de distribución de frecuencia de los modos de fallas.

MODO DE FALLA	DISTRIBUCION DE FRECUENCIA NPR	FRECUENCIA ACUMULADA NPR	FRECUENCIA RELATIVA %	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA %
Nivel de aceite del hidráulico	1500	1500	15,08%	15,08%
No toma de horas en el horómetro	1320	2820	13,27%	28,36%
Ruptura de mangueras del sistema hidráulico	1050	3870	10,56%	38,92%
Engrase general	1050	4920	10,56%	49,48%
Nivel aceite del motor	1044	5964	10,50%	59,98%
Filtro de combustible recolector de agua	702	6666	7,06%	67,04%
Nivel liquido de la batería	500	7166	5,03%	72,06%
Daños en el sistema eléctrico	483	7649	4,86%	76,92%
No toma de kilómetros en el odómetro	450	8099	4,53%	81,45%
Cambio aceite del sistema hidraulico	370	8469	3,72%	85,17%
Daños en botellas hidráulicas	315	8784	3,17%	88,33%
Cambio filtro de combustible	290	9074	2,92%	91,25%
Cambio filtro de aire	270	9344	2,72%	93,97%
Cambio filtro del sistema hidráulico	140	9484	1,41%	95,37%
Cambio aceite del motor	140	9624	1,41%	96,78%
Cambio filtro aceite del motor	140	9764	1,41%	98,19%
Daño en la cuchilla	90	9854	0,91%	99,09%
Daño en piñones del tornamesa	90	9944	0,91%	100,00%
TOTALES	9944		100,00%	

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 42. Diagrama de barras de los modos de fallas.



Fuente. Autor del proyecto.

De acuerdo a las tablas 36, 36a y 37, y las gráficas 41, 42, y por preguntas realizadas a los operarios se llega a la conclusión, que las fallas más comunes y recurrentes que se presentan en toda la flota de la Alcaldía de Facatativá, sede Obras públicas y que por ellas se generan más gastos adicionales y tiempos muertos muy son muy valiosos para realizar sus operaciones.

Los modos de fallas más críticos son:

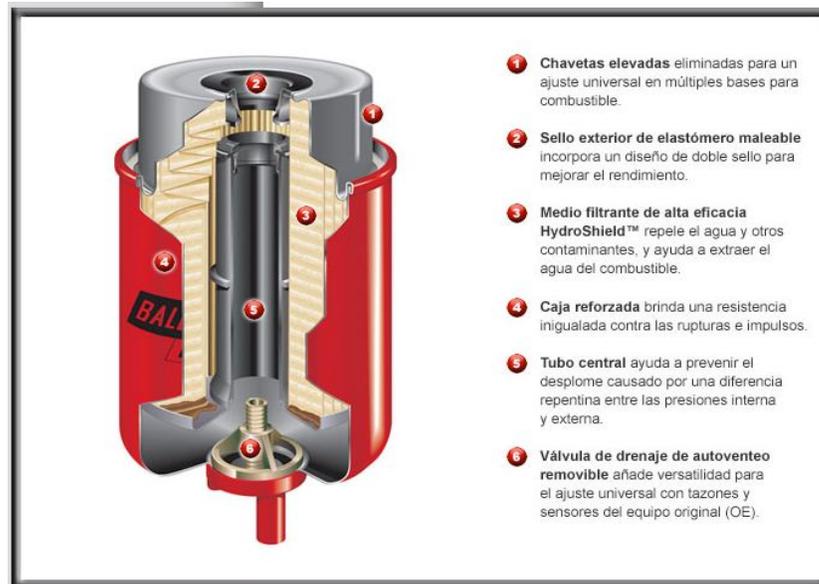
- Nivel de aceite hidráulico: Hay muchas fugas en la mayoría de las flotas y esto se presenta porque en los depósitos del aceite, bomba y retenedores hay muchas falencias que no son corregidas a tiempo.
- No tomas de lecturas tanto en horómetro como en odómetros: Pese a que toda la flota tiene funcionando sus instrumentos, no están registrados estos datos, pues en cierto modo son la base para cumplir los mantenimientos que manda cada fabricante.
- Ruptura de mangueras del sistema hidráulico: Son muy comunes y de acuerdo a las observaciones y por fotos (ver anexos), se evidencia que la mayoría de la flota tienen sus mangueras desgastadas y con pequeñas fisuras que son arregladas temporalmente con amarres elaborados en cauchos de neumáticos, una posible deducción es que son esforzadas al límite de sus capacidades de diseño o una posibilidad remota puede ser que se les instala un tipo de manguera no adecuada para el tipo de carga de operación con la que puede trabajar la máquina.

- Engrase general: También se evidencio que la lubricación en todas las articulaciones y puntos donde se requiere, se les aplica cuando ya la máquina presenta ruidos de desgaste, esto ocasionando que sus partes internas se desgasten más rápido, presenten fugas de grasa y hasta el punto de provocarse una ruptura por fatiga.
- Nivel de aceite del motor: A la mayoría de flota toca adicionarle por lo menos un galón semana de aceite para el motor, esto se debe a que por registros desde el año 2009 hasta el 2012 no hay consignados en sus hojas de vidas cambios de empaquetaduras y ni calibración de válvulas, pero en especial la volqueta grúa (operada con gasolina) gasta mucho aceite a la semana y un posible síntoma es que los pistones ya deben estar rayados y lo mejor es cambiarle el motor por uno que opere con combustible DIESEL, por costos de combustible y por eficiencia en trabajo pesado, esta es la mejor opción.
- Filtro de combustible recolector de agua ¹³: Este elemento es muy importante en la vida del sistema de inyección y del motor, por lo que la maquinaria no tiene un buen elemento de recolector de agua, solo tienen el que manda la fábrica, pero por cuestiones de ahorro le colocan uno de muy poca eficiencia como los FRANIG y los BALDWIN. Ver figuras 43 y 44.

¹³ Información suministrada por el laboratorio Max Diesel y Turbos LTDA. Bogotá.

La mejor opción es instalarles trampas de combustibles RACOR PARKER

Figura 43. Esquema de un separador de agua marca BALDWIN.



Fuente. <http://www.baldwinfilter.com/es/productsfuelwaterseparator.html>

El sedimentador¹⁴ separa el combustible del agua por utilización de las diferencias en la gravedad específica entre el combustible diesel y el agua (el combustible diesel es más liviano que el agua). Cuando la cantidad de agua en el separador excede a un predeterminado nivel, las luces de aviso se encienden. El agua puede ser drenada por aflojamiento de una llave en el fondo del sedimentador y operando una bomba de cebador manual para bombear el combustible interiormente y forzar la salida del agua.

¹⁴ <http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-25.html>

Trampa de agua¹⁵ que a más de ser un filtro es un decantador de agua tiene un filtrado de 20 a 5 micrones, tiene un visor de cristal donde podemos ver la cantidad de agua y que tan contaminado se encuentra el combustible el cual lo podemos drenar con una llave que está en la parte inferior de la trampa, una característica muy interesante de esta trampa es que purifica el combustible, separa el agua, calienta el combustible y siente cuando es hora de un servicio. La serie Turbine de Racor, es la mejor protección de alta calidad que puede instalar para su motor: la más completa, eficaz y fiable. Un sistema que protege su inversión en motores y combustible. Esta trampa de agua se puede instalar en motores a diesel desde 50 hasta 200 HP de potencia.

Figura 44. Trampas de agua.



Fuente: www.garner.com.ec



Fuente: <http://filtrosracor.com.mx/>

- Nivel de líquido en la batería: Este modo se presenta por lo que no se le hace una revisión constante de este elemento que es muy importante para

¹⁵ <http://filtrosracor.com.mx/>

mantener todo el sistema eléctrico en funcionamiento, pues solamente se le hace revisión cuando ya presenta fallas.

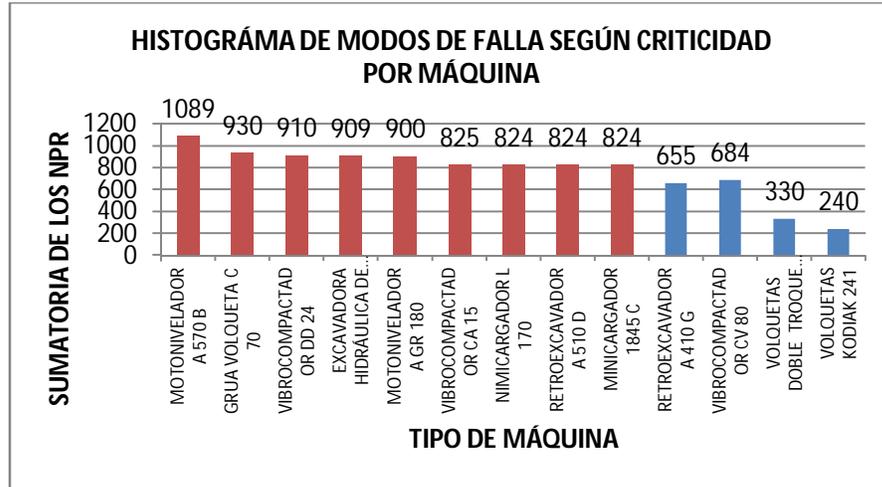
- Daños en el sistema eléctrico: Algunas de las flotas presentan conexiones hechas, malas uniones y sistema de iluminación muy deficiente, esto podría hacer que se presenten cortos circuitos.

Tabla 38. Tabla de distribución de frecuencia de los NPR por tipo de máquina.

TIPO DE MÁQUINA	DISTRIBUCION DE FRECUENCIA NPR	FRECUENCIA ACUMULADA NPR	FRECUENCIA RELATIVA %	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA %
MOTONIVELADORA 570 B	1089	1089	10,95%	10,95%
GRUA VOLQUETA C 70	930	2019	9,35%	20,30%
VIBROCOMPACTADOR DD 24	910	2929	9,15%	29,45%
EXCAVADORA HIDRÁULICA DE ORUGA 690 ELC	909	3838	9,14%	38,60%
MOTONIVELADORA GR 180	900	4738	9,05%	47,65%
MINICARGADOR L 170	824	5562	8,29%	55,93%
RETROEXCAVADORA 510 D	824	6386	8,29%	64,22%
MINICARGADOR 1845 C	824	7210	8,29%	72,51%
VIBROCOMPACTADOR CA 15	825	8035	8,30%	80,80%
RETROEXCAVADORA 410 G	655	8690	6,59%	87,39%
VIBROCOMPACTADOR CV 80	684	9374	6,88%	94,27%
VOLQUETAS DOBLE TROQUE KODIAK TANDEM	330	9704	3,32%	97,59%
VOLQUETAS KODIAK 241	240	9944	2,41%	100,00%
TOTALES	9944		100,00%	

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 45. Diagrama de barras de los modos de fallas por máquina.



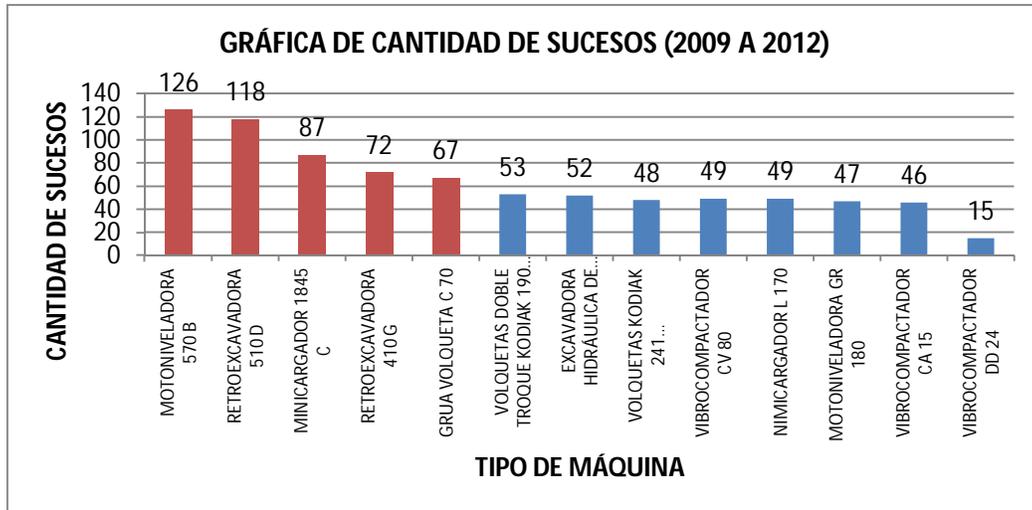
Fuente. Autor del proyecto.

Tabla 39. Cantidad de sucesos ocurridos por máquina durante los años 2009 al 2012.

TIPO DE MÁQUINA	REFERENCIA	CANTIDAD DE SUCESOS DE 2009 AL 2012	PORCENTAJE DE MAYOR SUCESOS
MOTONIVELADORA 570 B	570 B	126	15,20%
RETROEXCAVADORA 510 D	510 D	118	14,23%
MINICARGADOR 1845 C	1845 C	87	10,49%
RETROEXCAVADORA 410 G	410 G	72	8,69%
GRUA VOLQUETA C 70	C 70	67	8,08%
VOLQUETAS DOBLE TROQUE KODIAK OJW 018/OJW 014	OJW 018 OJW 014	53	6,39%
EXCAVADORA HIDRAULICA DE ORUGA 690 ELC	690 ELC	52	6,27%
VOLQUETAS KODIAK OJW 016/OJW 017	OJW 016 OJW 017	48	5,79%
VIBROCOMPACTADOR CV 80	CV 80	49	5,91%
NIMICARGADOR L 170	L 170	49	5,91%
MOTONIVELADORA GR 180	GR 180	47	5,67%
VIBROCOMPACTADOR CA 15	CA 15	46	5,55%
VIBROCOMPACTADOR DD 24	DD 24	15	1,81%
		829	100,00%

Fuente. Autor del proyecto.

Figura 46. Gráfica de cantidad de sucesos ocurridos durante los años 2009 al 2012.



Fuente. Autor del proyecto.

Con base a las conclusiones de la metodología FMEA y con los datos registrados en las tablas 38 y 39, y en las gráficas 45 y 46, se observa que la mayoría de la flota tiene algún problema, pero en especial hay unas pocas a la cual se le debe prestar más atención para así lograr disminuir todos esos sucesos que son muy frecuentes y que al mismo tiempo nos ayudan a disminuir el NPR, logrando tener un mejor funcionamiento de la flota. Las máquinas con mayores problemas son:

- MOTONIVELADORA 570 B.
- RETROEXCAVADORA 510 D.
- MINICARGADOR 1845 C.
- RETROEXCAVADORA 410 G.
- GRUA VOLQUETA C 70.
- EXCAVADORA HIDRÁULICA DE ORUGA 690 ELC.

9.2. Desarrollo de la metodología RCA.

Una de las actividades de más importancia de la Ingeniería de Confiabilidad es el RCA. Las fallas nunca se planean y sorprenden a la gente de mantenimiento y producción, porque casi siempre originan producción pérdida.

Hallar el problema subyacente, o la raíz de la causa de las fallas provee a la empresa una solución al problema, y elimina el enigma del porqué fallan los equipos. Una vez que se han identificado la causa raíz, se puede ejecutar su plan correctivo [2].

El RCA es un riguroso método de solución de problemas, para cualquier tipo de fallas, que utiliza la lógica sistémica y el árbol de causa raíz de fallas, usando la deducción y pruebas de los hechos que conducen a las causas reales. Esta técnica de análisis permite aprender de las fallas y eliminar las causas, en lugar de corregir los síntomas.

El Análisis de Causa Raíz es una herramienta utilizada para identificar causa de falla, de manera de evitar sus consecuencias.¹⁶

El objetivo del RCA es determinar el origen de la falla, la frecuencia con que aparece y el impacto que genera, por medio de un estudio profundo de los factores, condiciones, elementos y afines que podrían originarla, con la finalidad de mitigarla o eliminarla por completo una vez tomadas las acciones correctivas que sugiere el análisis [3].

¹⁶ Carolina Altmann – El Análisis de Causa Raíz como herramienta en la mejora de la Confiabilidad

9.2.1. Causas Raíces.

Existen tres tipos de causas que deben ser identificadas durante el desarrollo del RCA [3].

Causa raíz física: Es la causa tangible del porqué está ocurriendo una falla. Siempre proviene de una raíz humana o latente. Son las más fáciles de tratar y siempre requieren verificación.

Causa raíz humana: Es producto de errores humanos motivados por sus inapropiadas intervenciones. Nacen por la ausencia de decisiones acertadas, que pueden ser por convicción u omisión. Nunca utiliza nombres individuales o grupales cuando se especifica la causa.

Causa raíz latente: Son producto de la deficiencia de los sistemas de información. Proviene de errores humanos. En ciertas ocasiones afectan más que el problema que se está estudiando, ya que pueden generar circunstancias que ocasionan nuevas fallas.

Para realizar el Análisis de Causa Raíz a fondo, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o *raíces físicas* y analizar las acciones humanas o *raíces humanas* que desataron la cadena causa – efecto que llevó a la causa física, lo cual implica analizar por qué hicieron eso, si debido a procedimientos incorrectos, a especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz *raíces latentes*, es decir deficiencias en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita nuevamente.

El análisis de Causa Raíz es un proceso de deducciones lógicas que permite graficar las relaciones causa - efecto que nos conducen a descubrir el evento indeseable o causa raíz, preguntándonos:

_ ¿cómo? es la forma que puede ocurrir una falla.

_ ¿por qué? o cuáles son las causas de la misma.

Los hechos deben respaldarse mediante observación directa, documentación y deducciones científicas.

Los beneficios de la aplicación de ésta poderosa herramienta son:

- ✓ Proporciona la capacidad de reconocer un patrón de fallas y evita la repetición de las mismas.
- ✓ Aumento de la Confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos.
- ✓ Mejora las condiciones de seguridad industrial y evita tiempos improductivos innecesarios.
- ✓ Disminuye el número de incidentes, reduce los impactos ambientales y los accidentes.
- ✓ Disminución de los costos de Mantenimiento
- ✓ Aumento de la Eficiencia y la Productividad

Para desarrollar ésta metodología se basará en los datos obtenidos después de aplicar la metodología F.M.E.A., los cuales fueron:

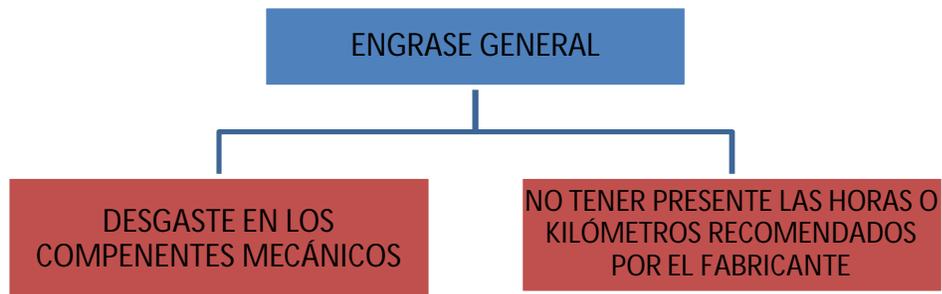
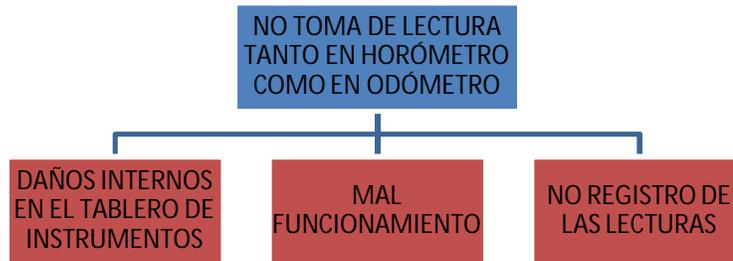
- Nivel de aceite hidráulico.
- No tomas de lecturas tanto en horómetro como en odómetros.
- Rupturas de mangueras del sistema hidráulico.
- Engrase general.
- Nivel de aceite del motor.
- Daños en el sistema eléctrico.

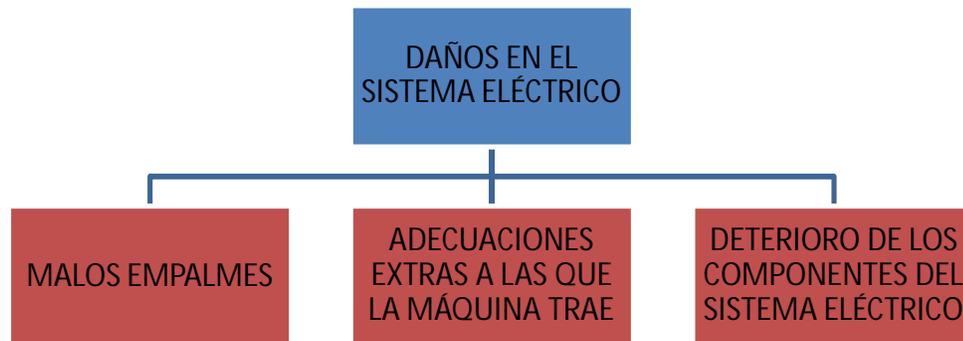
9.2.2. Pasos para desarrollar la metodología RCA.

A continuación se hará paso a paso de cómo desarrollar la metodología RCA.

Paso 1. Establecer posibles causas del modo de falla.

Se identificaron cuales fueron los componentes que produjeron los modos de fallas en la flota y se elaboró una lista de las posibles causas que podrían generar los modos de fallas encontrados en toda la flota de Obras Públicas, y se obtuvo el siguiente resultado:





Paso 2. Determinar las causas físicas de la falla a nivel de los componentes.

Una vez identificadas las posibles causas se evaluaron cada una de ellas para dar con la que realmente ocasionó el problema y se obtuvo el siguiente resultado:

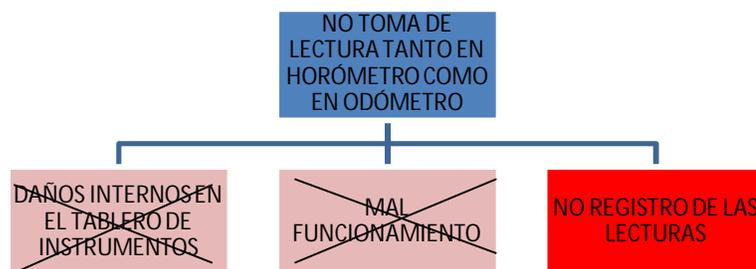
- Nivel de aceite hidráulico: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - Fugas por desgaste en los retenedores de las botellas hidráulicas: Se observó que la mayoría de la maquinaria pesada presenta este problema, se evidencia salida de aceite por estos elementos de protección.
 - Fugas por desgaste en las empaquetaduras de la bomba hidráulica: Se evidencia mucha humedad de aceite hidráulico en la bomba.

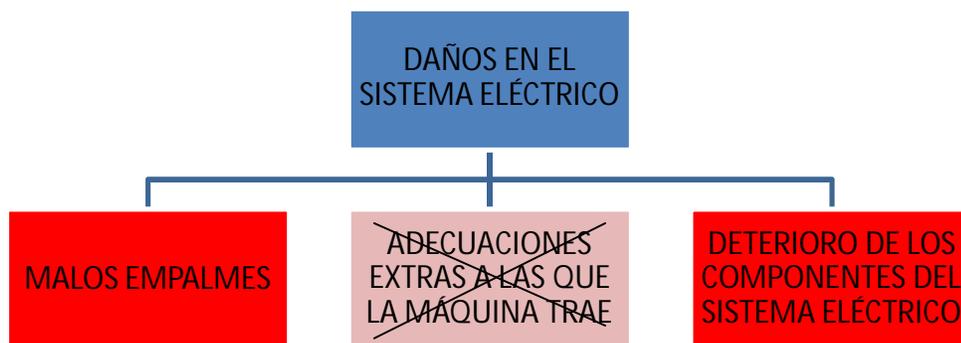
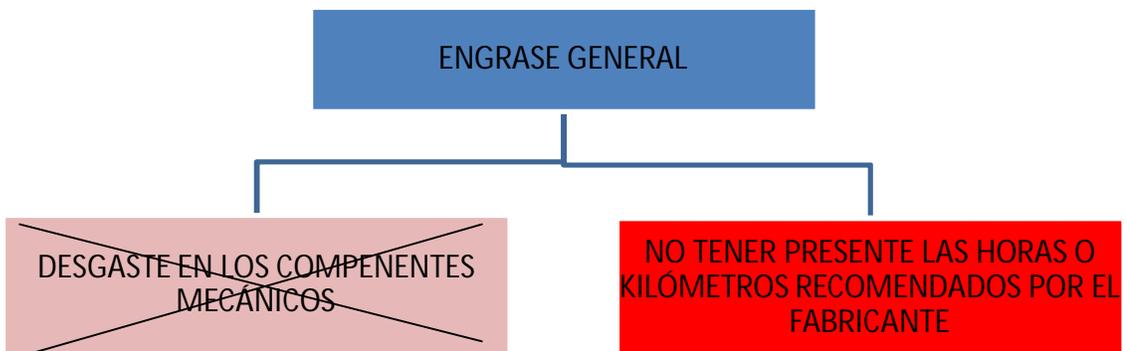
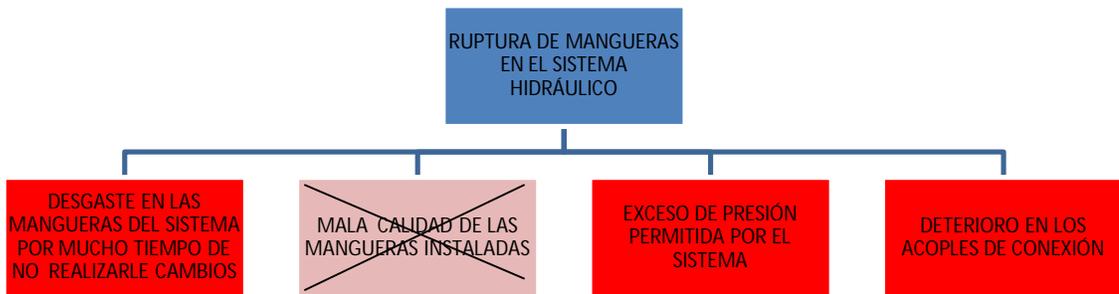
- Fugas por los acoples de las mangueras: Se presenta entre las uniones de las mangueras con los cilindros y con la bomba hidráulica.
 - Fugas en el depósito del aceite: Se observa que hay fugas por las mangueras de entrada y salida del aceite al depósito.
- No tomas de lecturas tanto en horómetro como en odómetros: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - ✓ Daños internos en el tablero de instrumentos: Se verifica que el tablero funcione perfectamente.
 - ✓ Mal funcionamiento: Se evidencia que los horómetros y los odómetros funcionan bien cuando la flota está movimiento.
 - No registro de las lecturas: Se buscó en todo el historial que posee Obras Públicas sobre su flota y se encontró que la mayoría no tienen registro de las lecturas, esto haciendo que no se lleve a cabo un buen plan de mantenimiento
- Ruptura de mangueras del sistema hidráulico: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - Desgaste en las mangueras del sistema por mucho tiempo de no realizarle cambios: Visualmente hay máquinas que presentan mangueras muy desgastadas que hasta se les ve el recubrimiento de nylon, generando una pronta ruptura.

- ✓ Mala calidad de las mangueras instaladas: Pues visualmente las mangueras se ven contramarcadas y de buena calidad.
 - Exceso de presión permitida por el sistema: Es posible que se exceda el límite de carga permitida para cada máquina.
 - Deterioro en los acoples de conexión: Se evidencia se para no dejar que siga el escape de aceite se les coloca un amarre elaborado artesanalmente de caucho de neumático.
- Engrase general: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - ✓ Desgaste en los componentes mecánicos: En la revisión que se realizó hasta el momento no se presentan un desgaste severo de las partes, pero si es muy pobre la lubricación.
 - No tener presente las horas o kilómetros recomendados por el fabricante: Esto se evidencio en el historial de cada máquina, porque como no se lleva un registro de las horas o kilómetros trabajados no es posible crear un buen plan de mantenimiento.
 - Nivel de aceite del motor: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - Fugas por empaquetaduras del motor: Se evidencio humedad de aceite tanto en tapa culata como en el cárter.

- Fugas por las paredes de los cilindros: Se evidencia que algunas máquinas presentan humo azul, lo cual es evidente que hay un problema internamente en el motor, lo cual es posible que ya este para una reparación.
- Fugas por las guías y/o asientos de las válvula: Se evidencia que algunas máquinas presentan humo azul, lo cual es evidente que hay un problema internamente en el motor, lo cual es posible que ya este para una reparación.
- ✓ Excesivo trabajo y no cambio a tiempo del aceite: Por una revisión visual se observa que el aceite ya se encuentra demasiado negro y por información de los operarios se han pasado del tiempo para cambiarlo.
- ✓ Deterioro de la máquina por los años de uso: La mayoría de la maquinaria son relativamente nueva, exceptuando la grúa volqueta que es modelo 1993 y con motor a gasolina.
- Daños en el sistema eléctrico: Se hizo una revisión física y visual en los sitios donde se presentan las fallas.
 - Malos empalmes: Se evidencia que se han alterado las conexiones eléctricas y que hay presencia de cables sueltos.

- ✓ Adecuaciones extras a las que la máquina trae: Las pequeñas adecuaciones que se evidenciaron se encuentran en perfecto estado, lo cual no podrían generar un daño en el sistema eléctrico.
- Deterioro de los componentes del sistema eléctrico: Aquí se evidencia que la mayoría de la maquinaria pesada tiene fallas en sus farolas, luces estacionarias, etc., y esto se debe a que cuando se quema algún bombillo no se le cambia a tiempo, no dándole la debida importancia de su funcionalidad, pero por norma esta clase de maquinaria debe tener en perfecto funcionamiento su sistema de iluminación de precaución, ya sea para cuando se encuentre en movimiento o para cuando esté realizando maniobras de trabajo.





Paso 3. Determinar las Fallas humanas.

Al verificar los registros de mantenimiento de la flota en mención, se encontró que no se evidenciaba la toma de lectura. También se observa que por omisión de no revisar los manuales de operación y de no hacerle un chequeo visual continuamente se presentan muchos daños que se pueden evitar, esto ocasionado un descuido muy severo para el buen funcionamiento de la flota.

Paso 4. Determinar las Fallas administrativas o del proceso.

Se verificaron los registros de la flota y se detecta que solo hay anotado los mantenimientos correctivos realizados para cuando sucede la falla, mas no hay un registro planificado de cuando se debe realizar un mantenimiento preventivo.

Todo esto puede estar sucediendo por que no existe un área de mantenimiento o una persona externa dedicada a dicha labor, de llevar un estricto control de las horas o kilómetros trabajados para realizar el correspondiente mantenimiento preventivo y así evitar que la flota tenga tiempos muertos de producción.

Paso 5. Determinación de la Causa Raíz.

No existe un plan de mantenimiento que nos permita establecer a cuantas horas o kilómetros se le debe hacer un respectivo chequeo a todos los sistemas de la flota, para que estos trabajen adecuadamente sin que presenten averías muy seguidamente.

No hay formatos que nos permitan llevar ese control, programación, historial de mantenimiento y órdenes de trabajo.

No existe un área o persona externa de mantenimiento dedicada a llevar una programación controlada de cuando se le deben hacer sus respectivos mantenimientos preventivos a la flota que opera en Obras Públicas.

Figura 47. Diagrama de Árbol RCA para nivel de aceite del sistema hidráulico.

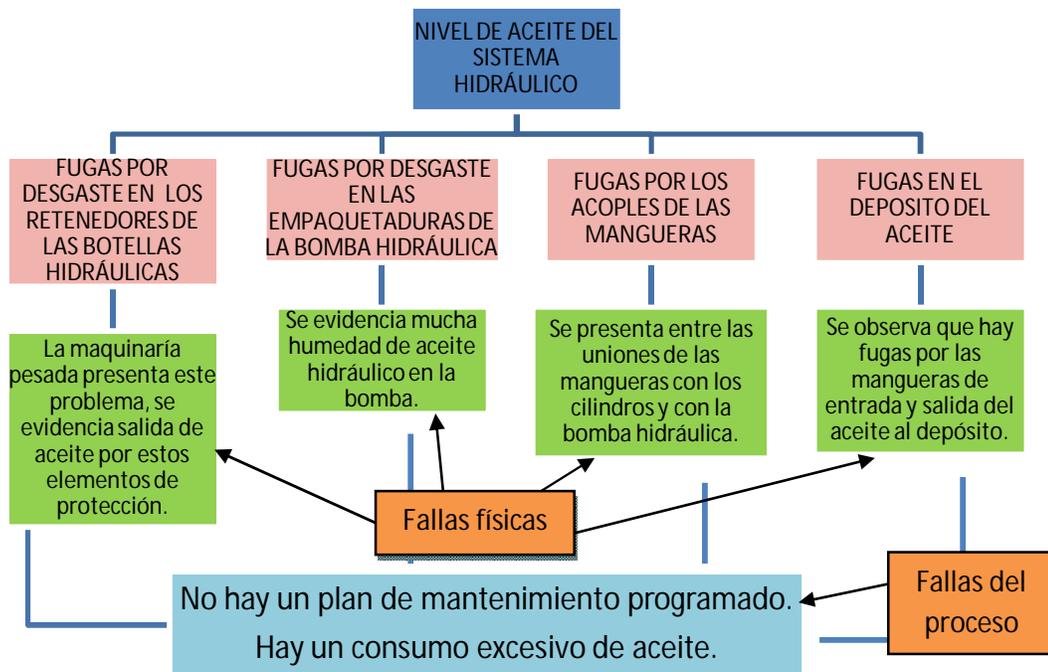


Figura 48. Diagrama de Árbol RCA para no toma de lectura tanto en horómetro como en odómetro.

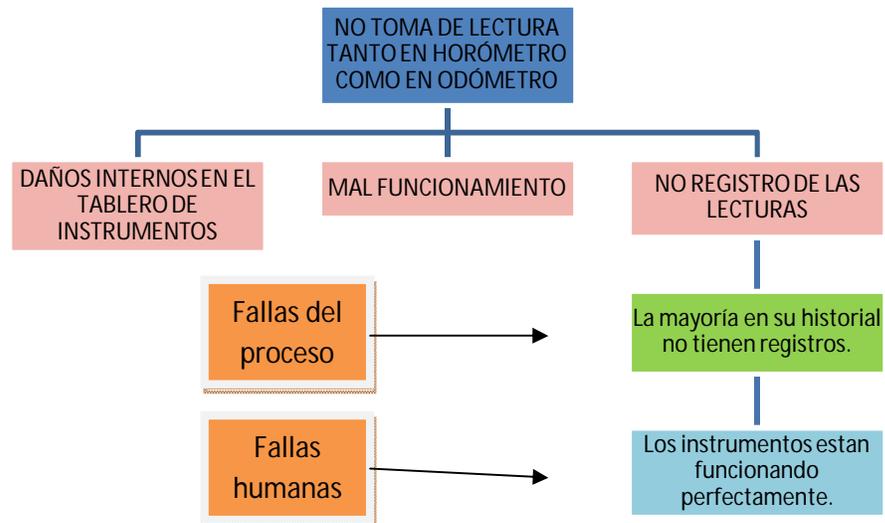


Figura 49. Diagrama de Árbol RCA para ruptura de mangueras en el sistema hidráulico.

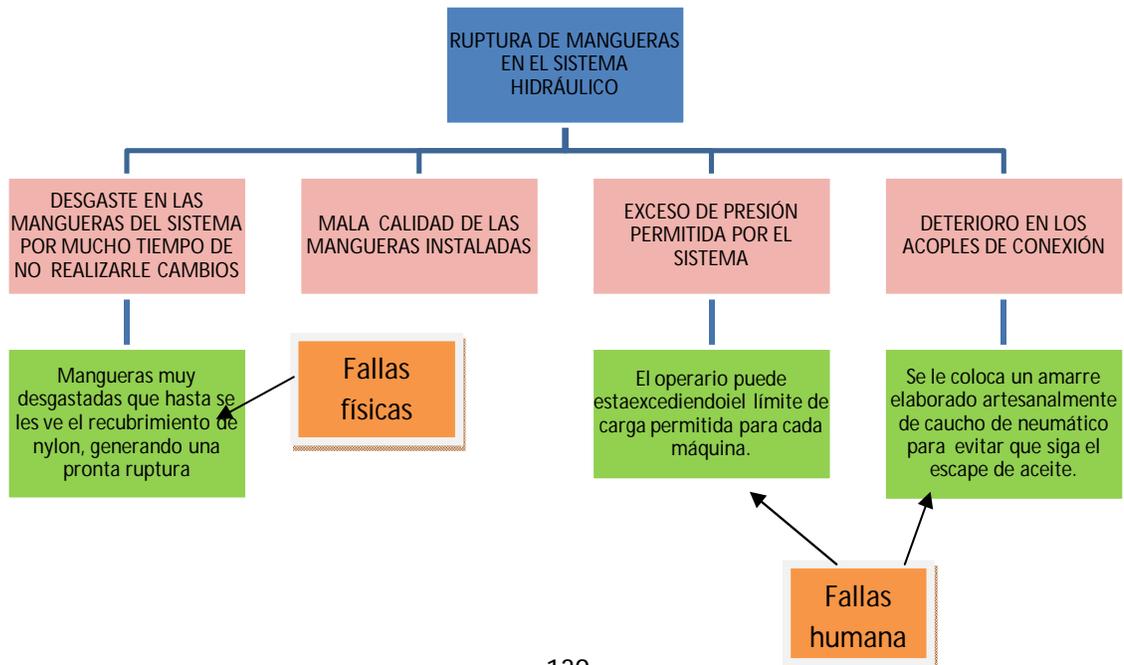


Figura 50. Diagrama de Árbol RCA para engrase general.

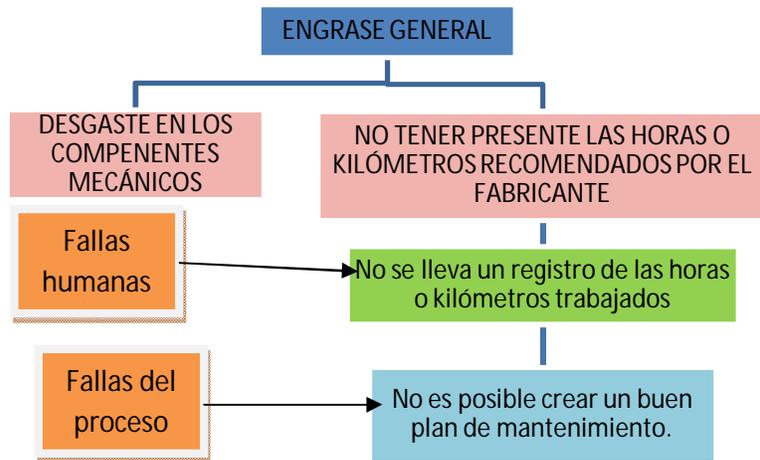


Figura 51. Diagrama de Árbol RCA para nivel de aceite del motor.

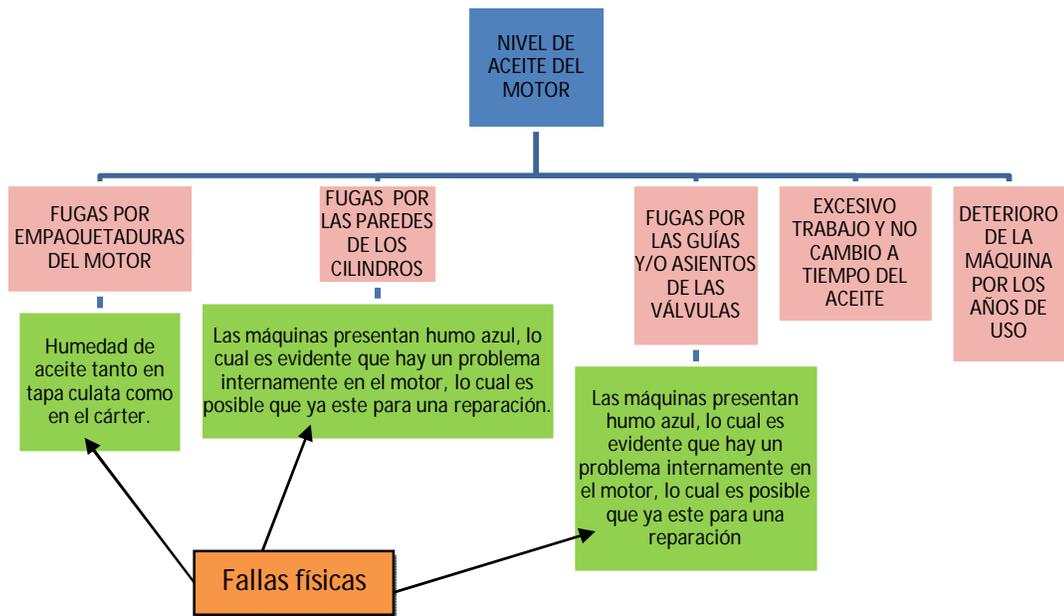
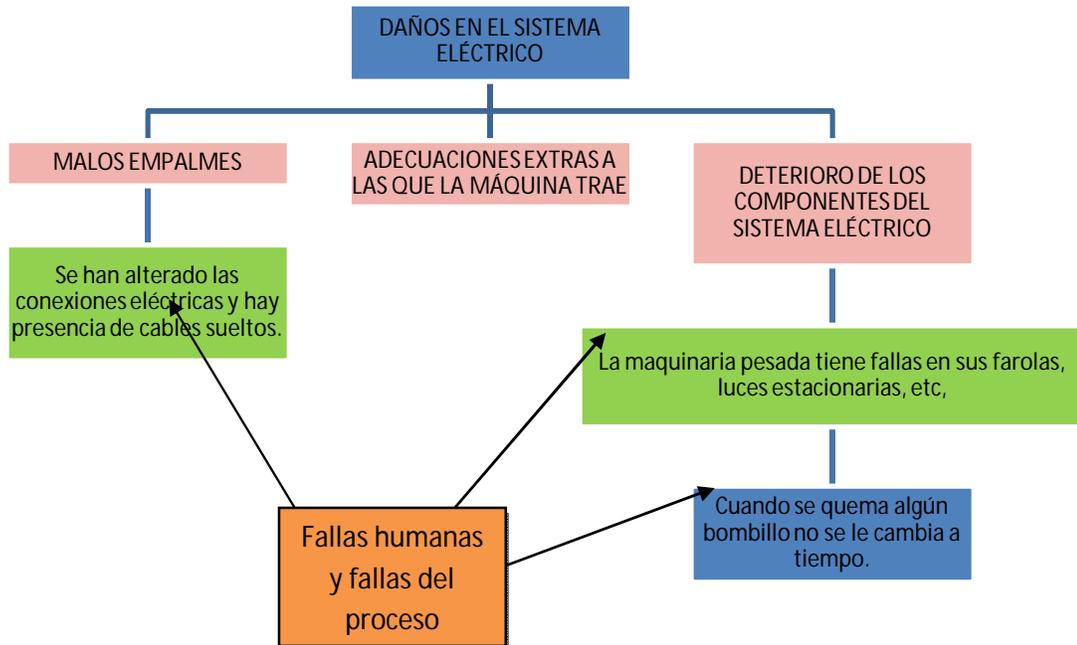


Figura 52. Diagrama de Árbol RCA para daños en el sistema eléctrico.



Después de haber desarrollado la metodología RCA, se puede observar que coincide mucho con lo obtenido en el FMEA, que la mayoría de fallas que se presenta en la flota es por descuido tanto humano como operacional, esto se debe a que por una parte, el operario o encargado de la toma de lectura no la registra en el formato que actualmente manejan, y por otra parte no existe un área de mantenimiento o una persona externa que se encargue de estar pendiente de una programación estricta para lograr evitar que sucedan muchas fallas que pongan en desventaja la operacionalidad de la flota, trayendo como consecuencia una mala prestación del servicio a la comunidad de Facatativá.

9.2.3. Descripción y evaluación del impacto de adoptar y perpetuar el uso de las metodologías RCA y FMEA en la Alcaldía de Facatativá sede Obras Públicas.

A continuación se detallará cuales son los beneficios más relevantes al momento que se desee aplicar éstas metodologías, para obtener un mejor funcionamiento ya sea de la flota o de cualquier otro proceso.

Beneficios:

La adopción de FMEA y RCA en el área de mantenimiento de Obras Públicas podría traer como consecuencia los siguientes beneficios:

Beneficios Tangibles:

- ✓ Mayor disponibilidad de los equipos.
- ✓ Mayor nivel de prevención de fallas.
- ✓ Adopción de mecanismos de detección de fallas.
- ✓ Mayor tiempo entre fallas.
- ✓ Reducción de costos de mantenimiento.
- ✓ Reducción de costos de alquiler.
- ✓ Menor probabilidad de retrasos en la entrega de proyectos.
- ✓ Todos los datos estarán centralizados en una sola base de datos.

Beneficios Intangibles:

- ✓ Fomenta el trabajo en equipo.
- ✓ Conservación de los equipos.
- ✓ Facilita la toma de decisiones para determinar Acciones Correctivas y preventivas.

10. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.

Es el conjunto de actividades de mantenimiento preventivo que deben realizarse a cada equipo pesado para conservarlo en óptimas condiciones de funcionamiento. Actividades que se obtienen de los manuales de fabricantes y de la experiencia del personal de mantenimiento, las mismas que consisten en: lubricación, limpieza, ajustes e inspecciones; acciones que deben ser ejecutadas por operadores y personal del taller. Para lograr un mejor control de las actividades se les ha dividido en dos niveles, tal como lo muestra la siguiente tabla 40.

Tabla 40. Niveles del plan de mantenimiento propuesto.

NIVELES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	ACTIVIDADES
Mantenimiento diario.	Diariamente.	Revisar niveles y realizar la inspección visual alrededor del equipo.
Mantenimiento rutinario. Lubricación y engrase.	Intervenciones regulares a lo largo de la vida del equipo.	Engrases, cambios de aceite y de filtros.
Mantenimiento preventivo Tipo A Ajustes y servicios.	Cada dos meses.	Revisiones sistemáticas que tratan de encontrar anomalías no identificadas por el operador.
Mantenimiento preventivo Tipo B Ajustes y servicios.	Cada seis meses.	Revisiones sistemáticamente de partes y accesorios.

Fuente. Autor del proyecto.

10.1. Mantenimiento diario.

Responsable: El operador y ayudante.

Objetivo: Comprometer al operador con el mantenimiento.

Meta: Garantizar la operación continua a través de inspecciones visuales y comprobación de niveles.

Descripción de actividades y frecuencias: En la tabla 41 se enlistan las intervenciones comunes a todos los equipos.

Tabla 41. Actividades de mantenimiento realizados por el operador.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
<ul style="list-style-type: none">• Inspección visual alrededor de las máquinas buscando:• Fugas de aceite, combustible y de refrigerante.• Implementos - Torceduras, desgaste anormal, puntas rotas, pernos faltantes o desgastados.• Tren de rodaje - Desgaste de rodillos, cadenas, zapatas; pernos flojos o faltantes y tensión de las orugas.• Neumáticos - Comprobar presión de inflado y desgaste en bandas de rodamiento.
Revisar niveles:
<ul style="list-style-type: none">• De aceite del cárter del motor.• De refrigerante en el radiador.

<ul style="list-style-type: none"> • De aceite del tanque hidráulico.
Separador de agua/filtro de combustible (Si tiene) – Drenar si es necesario.
Indicadores y medidores – Comprobar su funcionamiento.
FRECUENCIA: Diariamente

Fuente. Autor del proyecto.

10.2. Plan de lubricación y engrase.

En este tipo de maquinaria la lubricación es de vital importancia ya que en todos estos equipos las transmisiones, el sistema hidráulico y el motor necesitan de aceite para su correcto funcionamiento. Cuando un equipo cumple un determinado número de horas o de kilómetros, se le debe dar un mantenimiento que consiste básicamente en limpieza, engrases, cambios de aceites y filtros.

Para ejecutarlo es necesario que Obras Públicas o el encargado del mantenimiento deba contar con los elementos básicos para lavar el equipo, bombas de engrase y elementos para cambiar aceites en un lugar ordenado y limpio.

- Responsables: Operador, personal de lubricación y el mecánico debe cerciorarse de que se está haciendo correctamente, en especial en los puntos de lubricación de difícil acceso donde es necesario retirar guardas o placas.
- Objetivo: Comprometer a los responsables con la correcta aplicación y selección de lubricantes.

- Meta: Conservar en buen estado los equipos a través de limpieza y lubricación.
- Horómetro y Odómetro: Como la operación rara vez es constante, la manera de conocer el tiempo o los kilómetros que duran las operaciones o recorren las máquinas es por medio del horómetro y del odómetro (contador de horas y contador de kilómetros, respectivamente). Ya que estas actividades de mantenimiento se realizan al cumplir un determinado número de horas o de kilómetros de operación, por lo que es indispensable que cada máquina tenga su horómetro y odómetro en perfecto funcionamiento.
- Descripción de actividades y frecuencias: Generalmente se atienden mejor los puntos que se engrasan diariamente que los que se engrasan semanalmente o mensualmente, pero el problema principal es recordar cuándo fue la última vez y cuál es su intervalo.

10.3. Ajuste y servicios periódicos.

Tiene como objeto detectar síntomas de posibles fallas de los componentes más importantes de los equipos, las operaciones serán realizadas por los mecánicos a través de una lista comprobatoria o de chequeo. Se trata de realizar un diagnóstico de la unidad a modo de transferir la unidad del operador al mecánico, en otras palabras el operador debe dar a mantener su unidad al área de mantenimiento por un desgaste o una falla considerada normal, pero no entregarla en malas condiciones. Cada intervención anterior está incluido en el mantenimiento subsiguiente, es decir el mantenimiento TIPO B

incluye el DE TIPO A, y así sucesivamente. En cada mantenimiento posterior se realizan más intervenciones que la anterior lo que implica mayor tiempo de la unidad se encuentre no disponible.

10.3.1. Mantenimiento TIPO A.

- Responsables: Personal de mecánica.
- Objetivo: Se trata de revisiones sistemáticas para observar fallas eventuales que se pueden realizar durante el abastecimiento de combustible si el equipo se encuentra en algún frente de trabajo o en el taller dependiendo del caso, cuyo propósito es identificar visualmente algunas anomalías no detectadas por el operador.
- Descripción de actividades y frecuencia: En la tabla 42 se enlistan las actividades a realizarse a los equipos.
- Meta: Asegurar la vida útil de los componentes necesarios para reponer el potencial de trabajo de las unidades.
- Documento: En el anexo 13 se muestra el formato de una lista de chequeo (check list) tipo A.

Tabla 42. Actividades de mantenimiento Tipo A.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
DIAGNÓSTICO VISUAL.
<ul style="list-style-type: none"> • Fugas de fluidos (diesel, anticongelante, aceite, aire, etc.). • Neumáticos calentamiento y desgaste de la banda de rodamiento.

<ul style="list-style-type: none"> • Estado de tubería y mangueras. • Sistema de suspensión, juegos en el cardan. • Elementos sencillos rotos o que presenten desgaste excesivo por ejemplo: pernos, muelles, etc. • Apariencia externa (pintura, luces, señalizaciones). • Torceduras, roturas o desgaste excesivo en implementos.
ASPECTO INTERNO DE LA CABINA
Indicadores y manómetros del tablero.
Juegos de las palancas, mandos y pedales.
PARTE ALTA DEL MOTOR
Fugas de fluidos.
Tensión de bandas.
Juego del ventilador.
Limpiar prefiltro y filtro de aire.
Conexiones (manguera, tuberías).
FRECUENCIA: Cada 2 meses

Fuente. Autor del proyecto.

10.3.2. Mantenimiento TIPO B.

Responsables: Personal de mecánica.

Objetivo: Revisar sistemáticamente partes, elementos y accesorios, revisiones que pueden resultar en cambios de partes o elementos.

Descripción de actividades y frecuencia: En la tabla 43 se enlista las actividades para este tipo de mantenimiento.

Meta: Asegurar la vida útil de los componentes necesarios para reponer el potencial de trabajo de las unidades.

Documento: En el anexo 14 se muestra el formato para utilizar de una lista de comprobaciones (check list) tipo B.

Tabla 43. Actividades de mantenimiento Tipo B.

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD
MOTOR Y SISTEMA ELECTRICO.
<ul style="list-style-type: none">• Calibrar válvulas.• Revisar ajuste de pernos y montaje del múltiple de admisión y escape.• Revisar estado y funcionamiento de inyectores.• Revisar compresión del motor (si es necesario).• Revisar funcionamiento del termostato.• Lavar radiador.

- Revisar cables y terminales de la batería.
- Cableado eléctrico- revisar conexiones y aislamiento.
- Comprobar funcionamiento de bujías de precalentamiento.
- Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.
- Medir voltaje de los elementos del sistema.

SERVOTRANSMISION

- Revisar temperatura.
- Comprobar presión de aceite.

SISTEMA HIDRAULICO

- Revisar rótulas y casquillos de los cilindros hidráulicos
- Revisar vástagos de los cilindros hidráulicos.
- Revisar bomba hidráulica (fugas, ruidos inusuales).
- Revisar tipo de aceite y calidad de aceites usados en los equipos.
- Revisar tiempo de ciclo de trabajo de los cilindros hidráulicos.

TREN DE RODAJE

- Revisar desgaste de elementos del tren de rodaje, por ejemplo; ruedas guías, rodillos inferiores, zapatas, ect.
- Revisar fugas de lubricante en ruedas motrices, ruedas guías y rodillos.
- Revisar estado de las válvulas de desahogo de grasa del mecanismo ajustador de cadenas.

<ul style="list-style-type: none">• Revise estado de las protecciones.
IMPLEMENTOS (Para todo tipo de equipo)
<ul style="list-style-type: none">• Revisar pernos faltantes, desgastados.• Revisar estado de esquineros (cantoneiras), protectores laterales, cuadros, cuchillas y puntas. De hojas de empuje, cucharones y hojas para Motoniveladoras.
FRECUENCIA: Cada 6 meses.

Fuente. Autor del proyecto.

11. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

11.1. Clasificación de la flota por tipo.

Dentro de los vehículos pesados se determinarán:

- ✓ Camiones, recolectores y volquetas.

Dentro de la maquinaria pesada se clasificará de acuerdo a su utilidad:

- ✓ Excavadoras.
- ✓ Retroexcavadoras.
- ✓ Motoniveladoras.
- ✓ Vibrocompactadores.
- ✓ Mini cargadores

Esta clasificación se realiza con el fin de crear una tabla de tareas de mantenimiento preventivo ya sea en kilómetros recorridos u horas trabajados de la flota automotor de Obras Públicas, con estas tablas se hará más eficiente el control de las operaciones, Inspeccionar, limpiar o reemplazar, Ajustar, Reemplazar, Reajustar a la torsión especificada y Lubricar, a realizar dependiendo las horas y kilómetros trabajados, pero para esto es necesario que tanto los operadores como el encargado del área de mantenimiento estén pendiente de las lecturas que arroja el Odómetro y el Horómetro. Ver tabla 44 para vehículos pesados y la tabla 45 para maquinaria pesada.

Tabla 44. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Kilometraje/Meses para vehículos pesados.

	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ÁREA DE MANTENIMIENTO							VEHÍCULOS PESADOS
	TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR KILOMETRAJE / MESES							
I: Inspeccionar, limpiar y corregir según sea necesario; A: Ajustar; R: Reemplazar; L: Lubricar; T: Reajustar a la torsión especificada.								
ADVERTENCIA: El siguiente plan de mantenimiento está elaborado bajo los principios, elementos y partes constitutivas de un vehículo de trabajo pesado moderno básico y estándar. Las partes, elementos y/o sistemas constitutivos varían de acuerdo a la marca, modelo y año de fabricación del vehículo pesado. Por lo tanto se observarán algunos que sean no aplicables que simplemente no existen, según sea el caso, sin ello implique descuido o negligencia en la realización de tareas de mantenimiento que ayuden a prevenir daños, fallas o desperfectos en el funcionamiento del vehículo pesado.								
ELEMENTO O SISTEMA DEL VEHÍCULO PESADO	(x1000 KM)	1	5	8	12	16	24	48
	MESES	0	1	2	3	4	6	12
MOTOR								
Arranque defectuoso y ruido anormal			I					
Velocidad en marcha mínima y aceleración			I					
Elemento purificador de aire					R			
Múltiple de admisión y escape		T						T
Holgura en la válvula		A						A
Presión de compresión en cada cilindro								I
Contaminación de aceite			I					
Aceite de motor (gasolina y diesel)		R	R					
Filtro de aceite principal (gasolina y diesel)			R					
Filtro de aceite parcial (diesel)			R					
Elemento del filtro de combustible principal (gasolina y diesel)			R					
Elemento del sedimentador de combustible o trampa (filtro de pre combustión)			R					
Sincronizar motor								A
Sistema de inyección (inyectores y bomba), Ajustar cuando haya presencia de humo negro								A
Lavar tanque de combustible			I					
Lavar radiador					I			
TURBO ALIMENTADOR								
Conexiones y empaques del ducto de aire			I					
Funcionamiento del turbo cargador								A
EMBRAGUE								
Líquido			I					R
Funcionamiento del sistema			I					
Juego libre y carrera del pedal			I					
Cubierta del escape del reforzador			I					
Palanca, uniones universales y resortes					L			
Unión deslizante del eje propulsor					L			

TRANSMISION							
Aceite de engranaje de la transmisión	R	I					R
FLECHA PROPULSORA							
Conexiones sueltas						I	
Desgaste en juntas universales y ranuras							I
Cojinetes flojos y partes relacionadas							I
EJE DELANTERO							
Grasa del cojinete de la maza de la rueda							
Aceite del cojinete de la maza de la rueda (tipo lubricación con aceite)	R	I					R
Daño y distorsión							I
EJE TRASERO							
Aceite de engranaje del diferencial	R	I					R
Aceite de engranaje del cojinete de la maza de la rueda	R	I					R
Grasa del cojinete de la maza de la rueda							R
Daño y distorsión en la caja del eje							I
SUSPENSIÓN (BALLESTAS)							
Tuerca de los tornillos U	T						T
Daño en la ballesta		I					
Desbalanceo de ballestas por debilitamiento							I
Soltura y daño en el montaje				I			
Desalineación de hojas							I
Fugas y daños en amortiguadores					I		
Soltura en el montaje de los amortiguadores					I		
Lubricación			L				
SUSPENSIÓN DE AIRE (TRASERA)							
Daño en el travesaño de soporte principal							
Daño en el resorte de aire		I					
Fuga de aire		I					
Soltura y daño en el montaje		I					
Daño en la varilla de torsión						I	
Lubricación			L				
RUEDAS							
Presencia de materia extraña		I					
Tuercas de rueda según sea necesario	T	T					
Daño en la rueda del disco		I					
Soltura en los cojinetes de la maza de la rueda trasera						I	
Desgaste mínimo de desgaste permitido por Ministerio de Transporte 2,5 mm				I			
Rodamientos							R
DIRECCIÓN							
Líquido de dirección hidráulica		I					R
Colador del depósito de la dirección hidráulica							I
Soltura en el montaje de los amortiguadores				I			
Juego excesivo en cojinetes							I
Daño, soltura o juego excesivo en el varillaje de la dirección	I			I			

Palanca			L				
FRENO DE SERVICIO							
Líquido de frenos		I					R
Desgaste de la balata				I			
Desgaste y daño del tambor							I
Mangueras y cañerías							R
Cubierta del escape del reforzador de aire		I					
FRENO DE ESTACIONAMIENTO							
Desgaste de la balata							I
Desgaste y daño del tambor							I
Soltura del montaje				I			
Daño y conexiones sueltas de la varilla y del cable		I					
Funcionamiento del sistema de válvulas de control		I					
INCLINACIÓN DE LA CABINA							
Funcionamiento del mecanismo de inclinación de la cabina							I
EQUIPO ELÉCTRICO							
Densidad específica del electrolito				I			
Funcionamiento del motor de arranque				I			
Desgaste de escobillas del motor de arranque							I
Funcionamiento del generador		I					
Daño y conexiones sueltas en las terminales del arnés del cableado		I					

Fuente. Autor del proyecto basado en los manuales de operación de cada vehículo pesado.

Tabla 45. Tareas de Mantenimiento Preventivo por Horas de trabajo para maquinaria pesada.

	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ÁREA DE MANTENIMIENTO							MAQUINARIA PESADA		
	TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO POR HORAS DE TRABAJO / INTERVALO DE TIEMPO									
I: Inspeccionar, limpiar y corregir según sea necesario; A: Ajustar; R: Reemplazar; L: Lubricar; T: Reajustar a la torsión especificada.										
<p>ADVERTENCIA: El siguiente plan de mantenimiento está elaborado bajo los principios, elementos y partes constitutivas de una máquina de trabajo pesado moderno básico y estándar. Las partes, elementos y/o sistemas constitutivos varían de acuerdo a la marca, modelo y año de fabricación de las máquinas. Por lo tanto se observarán algunos que sean no aplicables que simplemente no existen, según sea el caso, sin ello implique descuido o negligencia en la realización de tareas de mantenimiento que ayuden a prevenir daños, fallas o desperfectos en el funcionamiento de la máquina.</p>										
ELEMEN TO O SISTEMA DE LA MAQUINARIA	HORAS DE TRABAJO		CUANDO SEA NECESARIO	10	50	250	500	1000	2000	3000
	INTERVALOS DE TIEMPO			DIA	SEMANA	MES	3 MESES	6 MESES	12 MESES	24 MESES
MOTOR										
Alrededor de la máquina			I	I						
Nivel de aceite del motor				I						
Nivel de agua del sistema de aspersión				I						
Nivel de refrigerante en el radiador			I	I		I				
Refrigerante (para la vibro CA15 cada 1000 horas)				I			I	R		R
Válvula de drenaje del depósito de combustible				I						
Aceite y filtro del motor						R				
Cojinete de mando del ventilador						L				
Bandas del ventilador y alternador					I	R				
Velocidades del motor								I		
Varilla de control del velocidad del motor								I,A		
Luz de válvulas del motor						A		A		
Comportamiento del resorte tensor							I			

Sistema de combustible	I				I			
Filtro del sistema de combustible				R				
Tapa de depósito de combustible y rejilla de llenado					I			
Rotadores de válvulas del motor							I	
Sistema de admisión de aire	I				I			
Filtros de aire				R				
Lavar tanque de combustible				I				
Lavar radiador							I	
Tubo del respiradero del cárter						I		
Sincronizar motor								A
Sistema de inyección (inyectores y bomba), Ajustar cuando haya presencia de humo negro						A		
TURBO ALIMENTADOR								
Conexiones y empaques del ducto de aire				I				
Funcionamiento del turbo cargador						A		
TRANSMISION								
Nivel de aceite de la transmisión		I						
Nivel de aceite de los mandos finales				I				
Aceite de la transmisión						R		
Filtro de la transmisión				R				
Aceite de los mandos finales							R	
Alarma de marcha atrás (si aplica)			I					
Nivel de aceite del diferencial				I		R		
Nivel de aceite de los reductores planetarios				I		R		
Aceite del mando del tándem					I		R	
Pivotes del mando del tándem							L	
TREN DE RODAJE								
Cadenas y zapatas / presión de inflado de llantas			I	A				
Pasadores de las cadenas / tuercas de las ruedas			I					
Pasador central de la barra compensadora			L	L				

Pasadores de la barra compensadora								
Cojinetes de las ruedas de dirección		L				L,A		
Nivel de aceite del eje pivote (si aplica)					I			
Guías de los bastidores de los rodillos inferiores / cojinetes y rodamientos de rueda				L			I	
Articulación del desgarrador y cojinetes del cilindro (si aplica)			L					
Sellos y empaques								
Rótulas y terminales						R		
Cambio del aceite del puente delantero TDM (si aplica)						R		
Lubricar ejes						L		
Nivel de aceite del cilindro vibratorio					I		R	
Nivel de aceite del mecanismo de propulsión					I		R	
Cojinete de giro				L				
Aceite mecanismo de giro						L		
Mecanismo de giro							R	
HIDRÁULICA								
Nivel de aceite en el depósito		I						
Articulaciones y cojinetes de los cilindros			L					
Implementos accionados hidráulicamente								
Filtro de aceite hidráulico (para la vibro CA15 cada 250 horas)					R		R	
Aceite hidráulico (para la vibro CA15 cada 250 horas)					R		R	
Cañerías y mangueras								
Aceite del malacate o inversor		I					R	
Filtro del malacate y colocador magnético (si aplica)						R		
FRENOS								
Capacidad de frenado							I, A	
Freno de emergencia / parqueo							I, A	
Caja de dirección / embragues							I	
Líquido de frenos								R
ELÉCTRICO								

Fusibles y disyuntores	I							
Limpia / lavaparabrisas (si aplica)	I							
Indicadores y medidores		I						
Luces y accesorios		I						
Baterías				I				
Hardware de operación						I		
OTROS PUNTOS								
Pivotes de la cargadora, articulación del bastidor		I	L					
Juntas universales de TDM (si aplica)			L					
Estabilizadores y pivotes del cucharón			L					
Cinturón y switch de seguridad		I						
Pines de los brazos, platos y cilindro			L					
Articulación del chasis			L					
Cojinetes del cilindro de la dirección			L					
Articulaciones de control y pivotes				L				
Lubricación de puntos de pivote del aguilón, brazo y varillaje			L					
Lubricación horquillas cilindro levante			L					
Lubricación pivotes, horquilla del cilindro de la dirección del cilindro del bastidor			L					
Lubricación pivotes y árboles del eje delantero			L					
Lubricación pivotes del cilindro de ladeo eje delantero			L					
Lubricación horquillas cilindro levante			L					
Lubricación horquillas cilindro levante			L					
Aceite del mecanismo del círculo					I		R	

Fuente. Autor del proyecto basado en los manuales de operación de cada máquina pesada.

11.2. Orden de trabajo.¹⁷

La orden de trabajo (OT) constituye el vehículo portador de toda la información necesaria para la retroalimentación del sistema. Consiste en una descripción del trabajo específico a realizar, de los recursos necesarios y de los costos incurridos.

La OT debe ser solicitada por la persona que se encuentre encargada de llevar el control mensual de mantenimiento de los equipos y autorizada por el jefe de talleres con su previa comprobación. El intervalo de tiempo que debe demorar entre la solicitud y la ejecución de los trabajos de mantenimiento se denomina Prioridad, a continuación se propone la siguiente jerarquía: Ver anexo 15.

- ✓ Emergencia: Son actividades de mantenimiento que se ejecutan inmediatamente después de haber detectado su necesidad. Ejemplo: eventos que ocurren en la operación de los equipos y que perjudican el funcionamiento de los mismos, tales como: niveles bajos de aceites, calentamientos no normales y ruidos extraños en motor, transmisión y sistema hidráulico.
- ✓ Urgente: Mantenimiento que puede ser ejecutado lo más rápido posible hasta el siguiente día de lo indicado. Ejemplo: Actividades de mantenimiento periódico.
- ✓ Normal: Mantenimiento que puede ser postergado algunos días pero su ejecución no debe superar una semana. Ejemplo: Mantenimiento TIPO A y TIPO B.

¹⁷ PRANDO, Raúl. Manual Gestión de mantenimiento a la medida. p. 49.

11.3. Historial de mantenimientos.

Consiste en un informe detallado ordenado en forma cronológica de todas las intervenciones de mantenimiento efectuadas en cada equipo o componente. El formato propuesto se encuentra en anexo 16.

12. CONCLUSIONES

- Si tenemos en cuenta la gran cantidad de puntos a lubricar que nos encontramos en los equipos pesados, la variedad de frecuencias a considerar en función de las necesidades de lubricación de cada componente, el número de lubricantes a utilizar, podemos afirmar sin equivocarnos que la lubricación de estos equipos es una de las actividades básicas del mantenimiento, pudiendo representar más del 50% de las actuaciones, por lo que la utilización de aceites y grasas de calidad extenderá la vida útil de este tipo de máquinas.
- Al no existir una definición de tareas a realizar, los operadores y personal de mantenimiento esperan que suceda la falla para actuar en los equipos, lo que vuelve ineficiente y caro el servicio de mantenimiento que se presta a la flota.
- La falta de información histórica de cada equipo hace imposible llevar controles de mantenimientos, control de cambios de aceites, mangueras, etc., lo que permite que las decisiones del equipo de mantenimiento se tomen tardíamente o no se tomen.
- Por medio de este trabajo, se pudo realizar el inventario real de los equipos pesados, además se propone un plan de mantenimiento que hace que los equipos estén continuamente inspeccionados por parte del operador y personal del taller.
- El plan de mantenimiento llevado con disciplina y orden prolongará la vida útil de los equipos reduciendo sensiblemente los desperfectos inesperados, logrando con esto reducir los trabajos correctivos e iniciándose la política de

mantenimiento de “prever” donde dominará la existencia de controles y de operaciones bien planeadas.

- El Análisis de Modos de Fallas y Efectos aplicado a la flota en estudio, nos va a permitir determinar cuáles son los vehículo y/o máquina pesada que más están presentando tiempos muertos y además nos permite ver cuáles son esos sucesos o modos de fallas que mas ocurren, para intentar minimizarlos y así hacer que la flota opere en las mejores condiciones.
- El Análisis de Causas Raíz de cada modo de falla, nos va a permitir identificar qué o quiénes los están ocasionando, ya sea el proceso, lo físico o lo humano, para luego modificar los procedimientos de atención por parte del mantenimiento y hacer tomar conciencia a Obras Públicas, operarios o personas externas que la flota que poseen son su fuente de ingresos y que por lo tanto se le debe dar el mejor mantenimiento para que su funcionamiento sea constante y eficiente.
- Desde una futura área de mantenimiento que es el centro de planificación de mantenimiento se emiten y programan las órdenes de trabajos para los talleres. Además desde ésta área se envían trabajos a talleres externos y se controla toda la planificación del mantenimiento ya establecido para la flota.
- La colaboración de los operadores que son los responsables de informar las horas y/o kilómetros de operación en que se encuentra su unidad de trabajo y de los mecánicos permite el éxito de la implementación del plan de mantenimiento preventivo

propuesta en este trabajo para la Alcandía de Facatativá, sede Obras Públicas.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que el personal que esté involucrado directamente con la flota, reciba una capacitación sobre cómo debe realizar las tareas de mantenimiento de acuerdo a las tablas anteriormente planteadas.
- Para lograr el control de los equipos se hace necesario establecer registros de las horas (horómetro) y kilómetros (odómetro) de operación, actividad que lo puede realizar tanto el operario como una persona encargada del área de mantenimiento. Con esto lograremos que las actividades de mantenimiento se realicen de acuerdo a la frecuencia establecida por el plan.
- La creación del taller móvil de lubricación y diagnóstico que permita realizar los trabajos de acuerdo al plan, de los equipos que se encuentren en los frentes de trabajo, este grupo está formado por un jefe del área de mantenimiento, un mecánico y herramientas de diagnóstico y de uso común.
- Seleccionar el personal técnico y de apoyo de acuerdo a un perfil específico en función del trabajo a ejecutar.
- Definir una política de renovación según criterios técnicos y económicos de modo que disminuyan los costos de operación, facilitando la administración del mantenimiento, la compra y el almacenamiento de repuestos.
- Concienciar al personal y autoridades sobre la importancia del mantenimiento en la economía de la institución.
- Aplicar el plan de mantenimiento, para lograr como resultado una mayor disponibilidad de los equipos, optimizar los recursos humanos y materiales.

- Para garantizar la frecuencia de mantenimiento del plan es necesario el uso de partes y recursos de calidad.
- En el futuro aplicar un software especializado en llevar sistemáticamente toda la información de la flota y que nos permita definir cuándo y en qué momento se le debe de aplicar dicho plan de mantenimiento preventivo.

NOTAS BIBLIOGRAFICAS

[1] GARCÍA PALENCIA Oliverio Ing. MSc. Estrategias de Mantenimiento Basadas en Confiabilidad. Primer Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica Villa del Rosario de Cúcuta 2004.

[2] HUERTA, Rosendo J. (2004). "Confiabilidad Operacional: Técnicas y Herramientas de Aplicación". Seminario Customer Care, Datastream. Bogotá. Colombia.

[3] LATINO, Robert J. (2001). ROOT CAUSE ANALYSIS. Improving Performance for Bottom Line Results. Reliability Center, Inc. (Latino & Latino, 2001 / www.crcpress.com).

BIBLIOGRAFIA

TESIS DE GRADOS

ÁVILA García, Andrés Mauricio y **ESCORCIA** Yepes, José Antonio. Diseño de plan de mantenimiento preventivo y correctivo programado para equipos de remoción de tierra en la empresa **ARISMENDY ANDRADE Y CIA LTDA**. Monografía de Grado. Cartagena D.T y C. Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. 2012.

CABEZA Manrique, Jaime Alfonso y **PADILLA** Mulford, Sergio Andres. Diseño de un plan para mejorar la confiabilidad de los equipos críticos de la empresa **INSER LTDA** mediante la metodología **FMECA Y RCA**.. Monografía de Grado. Cartagena D.T y C. Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. 2010.

JIMÉNEZ, kelyneth y **VASQUEZ**, Vanesa. “Diseño de un libro practico de apoyo académico para el proceso de Confiabilidad Industrial”. **DIRECTOR: GONZALO CARDOZO**.

LLUMIQUINZA Zúñiga, Cristhian Andrés. “Elaboración de un programa de mantenimiento para el equipo camionero y vehicular del ilustre municipio del **CANTÓN RUMIÑAHUI**”. Proyecto de grado. Quito (Ecuador). Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica. 2011.

LOPEZ, Patricio. Sistemas hidráulicos y neumáticos aplicados a maquinaria y equipo pesado. Excavadora hidráulica Caterpillar 325L. Tesis. Ing. De Ejecución Mecánica Automotriz. Latacunga: Escuela Superior Politécnica del Ejercito, Facultad de Ingeniería de Ejecución Mecánica Automotriz y Autotrónica, 2000. pp. 5-7.

VALDERRAMA Vela, Erick Javier y **ALVAREZ** Barrios, Hugo Armando. Diseño de software para optimizar la gestión de mantenimiento en la sección de equipos rodantes en la empresa COTECMAR – PLANTA MAMONAL. Monografía de Grado. Cartagena D.T y C. Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. 2007

MANUALES

CHEVROLET KODIAK, GM COLMOTORES. Manual del conductor. Conjunto manual 95628606. Santafé de Bogotá D.C. 2008.

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial. 2 da ed. Azcapotzalco, México: Continental, 1998. p. 18.

GARCÍA PALENCIA Oliverio Ing. MSc. Estrategias de Mantenimiento Basadas en Confiabilidad. Primer Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica Villa del Rosario de Cúcuta 2004.

HERBERT L, Nichols Jr. Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada. 2 da ed. México: Continental, 1983. pp. 687-698.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION.

Documentación, presentación de tesis trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Bogotá D.C. ICONTEC, 2008.

JOHN DEERE DUBUQUE WORKS, Manual del operador Motoniveladoras 570B. OMT131737 Edición I1. Moline, Illinois. 1991.

JOHN DEERE DUBUQUE WORKS, Manual del operador cargadoras retroexcavadoras 410D y 510D serie 796034---. OMT149166 Edición A4. Moline, Illinois. 1994.

JOHN DEERE DUBUQUE WORKS, Manual del operador excavadora 690E LC serie 559603-. OMT162126 Edición F7. Moline, Illinois. 1997.

MORROW L, Manual del mantenimiento industrial. México: CECSA, 1974. v. I, II, III.

NEW HOLLAND, Operator's manual skid steer L160, L170. Book/Form Number 87612128 NA. Carol Stream, IL. U.S.A. 2007.

DYNAPAC, Manual de lubricación rodillo compactador Vibratorio CA 15. Código 195.873. Sorocaba SP Brasil. 1997.

PAGINAS WEB

[http://www.ritchiespecs.com/es/searchresults?type=&category=Retroexcavadoras
&make=John%20Deere](http://www.ritchiespecs.com/es/searchresults?type=&category=Retroexcavadoras&make=John%20Deere)

<http://www.ritchiespecs.com/searchresults?type=&category=Motor%20Grader>

https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:19ngfMt90sYJ:icicm.com/files/AMEFa.doc+TABLA+DE+deteccion+EN+FMEA&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEEsgwljk4-tXOvJXBWLdx6-4D4HDZc6VIDsAX6CxGAR3PcOLKgZ-dpAYNHXOPaIUUC5L4z4cBVNgHj-4VIFEEfVMR6_8mzqxJZp4dyI168zwhjxIMxCyHJJFIPI06ITk75MgJC0Qo&sig=AHIEtbQ0dKrcjUoeum5X_ERdryNCAI_kw

<http://pdf.directindustry.com/pdf/intensus-engineering/cv80-series-vibratory-compactor/52905-41419.html>

<http://www.specguideonline.com/product/intensus-cv80>

<http://cdigital.udem.edu.co/TESIS/CD-ROM58492011/12.Capitulo7.pdf>

http://www.mascus.es/specs/gr%C3%BAas-hidr%C3%A1ulicas_971423/amco%20veba

<http://www.xcmgamericas.com/about>

<http://www.slideshare.net/llonto/maquinaria-pesada>

<http://www.baldwinfilter.com/es>

<http://www.newholland.com.mx>

<http://www.newhollandconstruction.com>

<http://filtrosracor.com.mx/>

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3888/1/CD-3453.pdf>

www.aceim.org

www.garner.com.ec

www.asboman.com

www.uruman.org

www.mantenimientomundial.com

ANEXOS

ANEXO 1. Elementos para el mantenimiento de vehículos, equipos y maquinaria.

CODIGO: GDE-FR-05 VERSIÓN: 1 FECHA: 3 ENERO 2012		DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA ALCALDIA DE FACATATIVA SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS ELEMENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DE VEHICULOS, EQUIPOS Y MAQUINARIA			
En Facatativá Cundinamarca a los _____ días del mes _____ del año 2012, en la Secretaria de Obras Públicas y que por intermedio del Señor Hernan Rojas Payome almacenista de Obras Públicas y persona autorizada para hacer entrega de los elementos relacionados a continuación la cual serán utilizados para:					

TIPO DE VEHICULO O EQUIPO					
NOMBRE DEL OPERADOR					
PLACAS O No DE SERIE					
REPORTAJE DE KILOMETRAJE					
LECTURA DE HORAS TRABAJADAS					
ITEM	DESCRIPCION	REFERENCIA	UNIDAD	CANTIDAD	
OBSERVACIONES:					
En constancia de lo anterior, se firma por los que en ella intervinieron una vez leída y aprobada					
Quien Entrega:		Recibe		Vo. Bo.	
_____ Almacén Secretaria Obras Públicas		_____ Nombre y Firma del Operario C.C.		_____ Sub-Secretario de Obras Públicas	
 República de Colombia Departamento de Cundinamarca Alcaldía de Facatativá			Cra. 3 No. 5-68 - PBX. (1) 842.4822 www.facatativa-cundinamarca.gov.co		

ANEXO 2. FOTOS DE RETROEXCAVADORA 410 G.



Mangueras del brazo.



Manguera de la cuchara porosidad.

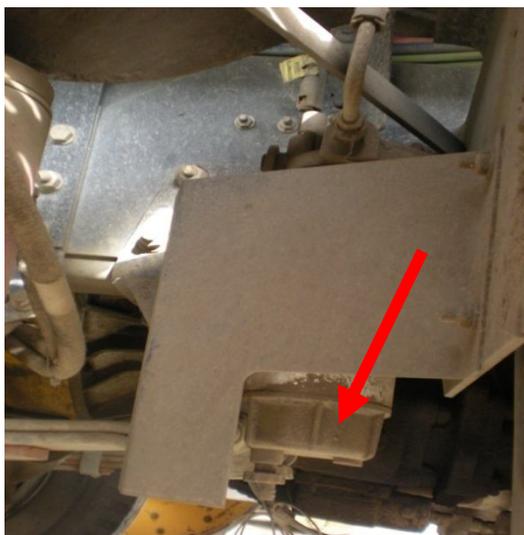


Horómetro en funcionamiento

ANEXO 3. FOTOS DE VOLQUETA KODIAK 241.



Profundidad del labrado de llantas delanteras 3 mm y llantas traseras 8 mm.¹⁸



Filtro recolector de agua.



Odómetro en funcionamiento



Cables sueltos.

¹⁸ En este caso se ve que las llantas delanteras están para cambiar, mínima profundidad requerida por el Ministerio de Transporte para circular es de 2.5 mm.

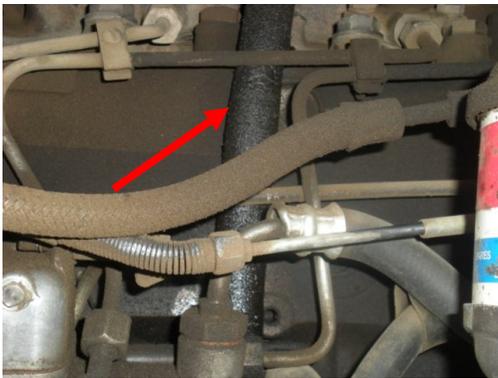
ANEXO 4. FOTOS DE VIBROCOMPACTADOR CA 15.



Fugas de aceite en la bomba hidráulica.
cárter.



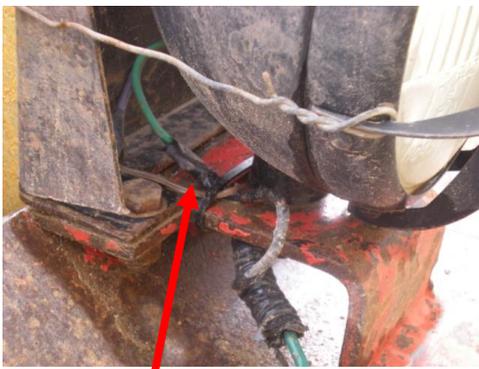
Fugas de aceite empaquetadura del



Deterioro en mangueras sistema hidráulico.
vibro.



Desgaste en mangueras del



Mal estado de cables en farolas delanteras.



Horómetro en funcionamiento.

ANEXO 5. FOTOS DE VIBROCOMPACTADOR DD 24.



Mangueras sist. Hidráulico del cilindro.



Horómetro funcionando.

ANEXO 6. FOTOS MOTONIVELADORA GR 180.



Dientes del tornamesa rotos.



Llantas desgastadas.

ANEXO 7. FOTOS DE MINICARGADOR 1845 C.



Desgaste en mangueras del sistema hidráulico del cucharón.



Horómetro en funcionamiento.



Sistema eléctrico regular.



Fugas de aceite en el motor.

ANEXO 8. FOTOS DE RETROEXCAVADORA 510 D.



Fugas de aceite.



Desgaste en mangueras.



Horómetro en funcionamiento.



Llantas presentan mucho desgaste.¹⁹



Fugas de aceite bomba hidráulica.
inyectores.



Fugas de combustible por los

¹⁹ Este tipo de maquinaria no se les hace revisión tecno mecánica. Fuente TECNOTEST CDA FACATATIVA.

ANEXO 9. FOTOS VOLQUETA CON GRUA TELESCOPICA.



Fugas de aceite por mangueras.

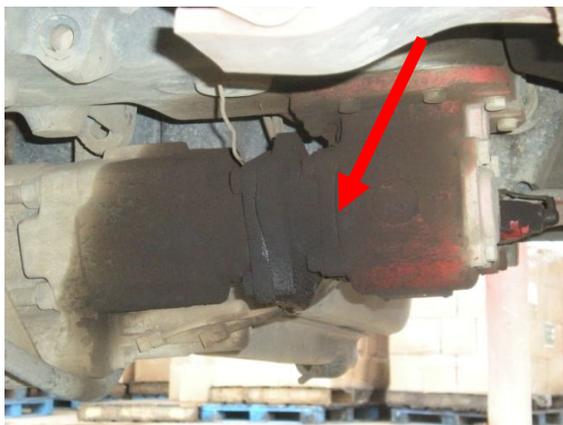


Odómetro funcionando.



Desgaste en llantas.

ANEXO 10. FOTOS VOLQUETA DOBLETROQUE KODIAK 190.



Fugas de aceite.



Filtro recolector de agua.



Fugas de aceite tanque hidráulico.

ANEXO 11. FOTOS EXCAVADORA DE ORUGA 690 ELC.



Mangueras amarradas con neumáticos.



Fugas de aceite en cilindros hidráulicos.



Desgaste en rueda guía.
cilindro hidráulico.



Fugas de aceite en la base del

ANEXO 13. Formato lista de comprobación de mantenimiento tipo A.

		SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ÁREA DE MANTENIMIENTO CHECK LIST TIPO A	
Equipo:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Fecha:	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Lectura:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Hora inicial:	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Realizado por:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Hora final:	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Niveles de fluidos		SI	NO
Revisar nivel de aceite del motor.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar nivel de refrigerante.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar nivel de aceite de transmisión.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar nivel de aceite hidráulico.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Motor			
Limpiar predepurador de aire.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpiar respiradero del carter del motor.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar tensión de la banda del ventilador.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema eléctrico			
Limpiar bornes y terminales de la batería.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar nivel de electrolito de la batería.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sistema hidráulico			
Revisar estado de mangueras y conexiones.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar fugas de aceite en los cilindros.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Limpiar filtro colador del lado de succión.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tren de rodaje o neumáticos			
Revisar bastidores, protecciones y tensores del tren de rodaje.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar zapatas, pernos flojos o rotos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comprobar presión de inflado.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comprobar desgaste anormal, cortes, etc.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Implementos			
Revisar cuchillas, esquineros y pernos flojos o faltantes de hoja de empuje.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar círculo, mesa, cuchillas y cantos de hojas niveladoras.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar pines, bujes, puntas y segmentos de cucharones.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
General			
Revisar nivel de líquidos de frenos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar funcionamiento de indicadores de instrumentos.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Comprobar operación de los frenos de pedal y de estacionamiento.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Revisar fugas de aire o aceite del compresor (Si el equipo lo posee).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trabajos adicionales.			

Responsable

Jefe de mecánica

Jefe de taller

ANEXO 14. Formato lista de comprobación de mantenimiento Tipo B.

	SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS ÁREA DE MANTENIMIENTO CHECK LIST TIPO B	
Equipo:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Fecha:
Lectura:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Hora inicial:
Realizado por:	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Hora final:
MOTOR		
		SI NO
Comprobar estado del múltiple de admisión y escape.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Comprobar fugas en el turbo y apretar pernos del montaje del turbo.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Calibrar válvulas.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar filtro de la bomba de alimentación.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar compresión del motor (si es necesario)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sistema eléctrico		
Revisar cables y funcionamiento de las bujías de precalentamiento.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Comprobar carga de la batería.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar estado de terminales de los elementos del sistema.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Medir voltaje de los elementos del sistema.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Sistema hidráulico		
Revisar rayaduras en pistones de los cilindros hidráulicos.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Comprobar tiempo de ciclos de trabajo de los cilindros hidráulicos.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Ruidos anormales en bombas hidráulicas.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar estado de mangueras y conexiones.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar fugas de aceite en los cilindros.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar filtro colador del lado de succión.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Tren de rodaje		
Revisar fugas de lubricante en ruedas motrices, ruedas guías y rodillos.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar estado de las válvulas de desahogo de grasa del mecanismo ajustador.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar desgaste de ruedas guías, rodillos inferiores, zapatas, etc.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Trasmisión, mando final, diferenciales, tandems		
Limpiar respiradero de la caja de transmisión.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar respiraderos de los embragues de dirección.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar respiraderos de mandos finales.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar respiraderos de diferenciales.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Limpiar respiraderos de las cajas tandems.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Comprobar presión de aceite de transmisión.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Ruidos anormales en caja de transmisión.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Revisar varillaje de control y palancas de mando.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

ANEXO 14. Formato lista de comprobación de mantenimiento Tipo B. Cont.

CARDANES

Comprobar juego de los estriados de los ejes del cardan.

--	--

Comprobar estado de las crucetas.

--	--

GENERAL

Apretar todas las abrazaderas de las mangueras.

--	--

Limpiar la rejilla de llenado de la tapa del tanque de combustible.

--	--

Revisar indicador de restricción de aire.

--	--

Comprobar estado general de chasis, deterioros, grietas, pernos flojos.

--	--

Revisar juntas de articulación del bastidor.

--	--

Revisar estado de esquineros, protectores laterales, cuadros, cuchillas y puntas.

--	--

Comprobar funcionamiento del termostato.

--	--

Comprobar velocidad del motor a retentí y a máxima aceleración.

--	--

Comprobar el recorrido de las palancas y mandos en la cabina.

--	--

Lavar radiador.

--	--

Lavar tanque de combustible.

--	--

Trabajos adicionales.

Responsable

Jefe de mecánica

Jefe de taller

ANEXO 15. Formato Orden de Trabajo.



SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
ÁREA DE MANTENIMIENTO

ORDEN DE TRABAJO

N°

	Fecha de Emisión:		Hora:	
			Fecha inicial:	
Tipo:			Fecha final:	
Marca:			Hora de inicio:	
Modelo:			Hora final:	
Lectura:			Prioridad:	
Encargado:			Preventivo:	

ACTIVIDADES A REALIZARSE	PROXIMO MTTO	DURACION

RECURSOS POR CONSUMIR	Cantidad	Unidad	Cantidad utilizada
Costo Total			

Observaciones

Jefe de Taller

Realizado por

