

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha
evaluado su contenido con el resultado:**

JURADO EXAMINADOR

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:

REALIZADO POR:

Jose Lorenzo Suriani Pérez

PROFESOR GUIA:

Ing. Engels Bandres

FECHA:

Diciembre 2012

DEDICATORIA

A mi familia.

Papa, Mama, Marinella, Polo, Lara Cristina, Gustavo y Verónica, por darme siempre el apoyo necesario para asumir los retos nuevos del día a día.

AGRADECIMIENTOS

A la familia.

A mis profesores, por su paciencia y confianza en mí, que no dejaría este proyecto incompleto.

A mi tutor Engels Bandres, a Eduardo Madrigal, a Juan Carlos Urrutia, a Ricardo Rivas y a todas las personas que pertenecemos a este mundo de la maquinaria, que dedicaron parte de su tiempo para ayudarme con sus consejos y comentarios para el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos, siempre están y nunca fallan.

A Lorena, por la ayuda y motivación que me brindas a diario.

Al Dr. Jose Guillermo Henao, Dr. Raúl Vera y Dr. Juan Carlos Vargas, por su esfuerzo y dedicación de todos los días en buscar las curas y cuidados que necesitamos.

A Rubén Martínez, por enseñarme en la práctica, la mística y el amor al trabajo.

Armando Dorta, por toda la ayuda, que aún brindas después de tu partida.

Gracias por todo.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general diseñar una estructura de costos de operación para la administración de los recursos que requiere el uso de maquinaria pesada y por consiguiente la gestión y negociación de Obras de Movimiento de Tierra dirigido a empresas en Venezuela. Los objetivos específicos comprendieron describir la maquinaria pesada existente en el mercado venezolano según la muestra de estudio, considerando los requerimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo; en segundo lugar describir las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo de las empresas muestra de estudio; determinar los rendimientos esperados de la maquinaria, según las empresas de la muestra de estudio, así como los costos de operación fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimiento de tierra. La metodología consistió en un proyecto factible, debido a que se trata de proponer una estructura de costos que sirva como referencia a las empresas de movimiento de tierra para la correcta imputación de los costos de la maquinaria en los proyectos.

El diseño se conformó por un estudio documental y de campo, transeccional contemporáneo y no experimental, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, comprendieron la revisión documental de históricos de las empresas involucradas en el estudio, así como la entrevista semi-estructurada y la encuesta, cada una de estas técnicas con sus respectivos instrumentos permitieron identificar las variables claves para la construcción de la estructura de costos de operación, en términos de costos fijos y variables. Las variables claves se conformaron por elementos como lubricantes, filtros, tren de rodaje, cauchos, mandos finales, steering, convertidor, caja, motor, cámara, bomba inyección, consumibles, combustible, hidráulicos, en el contexto de las políticas de mantenimiento de la empresa; es decir, bien sea mantenimiento preventiva o correctivo. Los resultados obtenidos permiten sostener que una política de mantenimiento preventivo garantiza un alargamiento de la vida útil de la maquinaria pesada, además el incorporar técnicas de “overhauling” pueden incluso superar los límites de vida útil en este tipo de equipos.

INDICE GENERAL

<i>DEDICATORIA</i>	- 1 -
AGRADECIMIENTOS	- 2 -
RESUMEN	- 3 -
INDICE GENERAL	- 4 -
INDICE DE TABLAS	- 8 -
INDICE DE FIGURAS	- 10 -
INTRODUCCIÓN	- 12 -
CAPÍTULO I	- 14 -
EL PROBLEMA	- 14 -
1.1 Planteamiento del problema	- 14 -
1.2 Antecedentes	- 15 -
1.3 Alcance y limitaciones	- 16 -
1.4 Objetivos	- 16 -
1.4.1 Objetivo General.....	- 16 -
1.4.2 Objetivos Específicos.....	- 16 -
CAPÍTULO II	- 17 -
MARCO TEÓRICO	- 17 -
2.1 Gestión de proyectos	- 17 -
2.2 Proyecto de movimiento de tierra	- 18 -
2.2.1 Etapas de un proyecto de movimiento de tierra.....	- 19 -
2.2.1.1 Ciclo	- 19 -
2.2.1.2 Corte	- 20 -
2.2.1.3 Transporte	- 20 -
2.2.1.4 Compactación	- 20 -
2.3 Maquinaria pesada	- 20 -
2.3.1 Definición	- 20 -
2.3.2 Tipo de maquinaria	- 21 -
2.3.2.1 Maquinaria de corte y empuje	- 22 -
2.3.2.2 Maquinaria de corte y transporte.....	- 23 -

2.3.2.3 Maquinaria de compactación	- 25 -
2.3.2.4 Maquinaria adicional de apoyo.....	- 27 -
2.3.3 Depreciación.....	- 28 -
2.3.4 Eficiencia	- 29 -
2.3.4.1 Factor de eficiencia	- 30 -
2.4 Mantenimiento	- 31 -
2.4.1 Definición	- 31 -
2.4.2 Mantenimiento preventivo.....	- 31 -
2.4.3 Mantenimiento correctivo.....	- 33 -
2.4.4 Actividades del mantenimiento	- 33 -
2.4.4.1 Inspección:	- 33 -
2.4.4.2 Monitoreo:	- 33 -
2.4.4.3 Mantenimiento de rutina:.....	- 33 -
2.4.4.4 Revisión:	- 34 -
2.4.4.5 Reconstrucción (overhaul):	- 34 -
2.4.4.6 Reparación:.....	- 34 -
2.5 Aplicaciones en Maquinaria pesada.....	- 34 -
2.5.1 Probabilidad de fallas en el ciclo de vida de un equipo	- 34 -
2.6 Estructura de costos.....	- 35 -
2.6.1 Costos Fijos	- 36 -
2.6.2 Costos Variables.....	- 36 -
2.6.3 Funciones de la estructura de costos	- 36 -
2.6.4 Manual de operación y mantenimiento	- 37 -
<i>CAPÍTULO III.....</i>	- 41 -
<i>MARCO METODOLÓGICO.....</i>	- 41 -
3.1 Tipo de investigación.....	- 41 -
3.2 Diseño de investigación	- 41 -
3.3 Población y muestra	- 41 -
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	- 42 -
3.4.1 Revisión documental.....	- 42 -
3.4.2 Entrevistas	- 43 -
3.4.3 Encuestas	- 43 -
3.5 Etapas de la investigación.....	- 43 -
3.5.1 Descripción de la maquinaria pesada existente en el estudio	- 43 -
3.5.2 Políticas de mantenimiento preventivo y correctivo	- 44 -
3.5.3 Costos fijos y variables en la gestión de proyectos de tierra	- 44 -
<i>CAPÍTULO IV.....</i>	- 46 -
<i>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</i>	- 46 -
4.1 Maquinaria pesada existente en el mercado venezolano.	- 46 -

4.2 Políticas de mantenimiento preventivo y correctivo.....	- 50 -
4.2.1 Mantenimiento de La Excavadora UM, C.A.....	- 51 -
4.2.1.1 Mantenimiento rutinario.....	- 51 -
4.2.1.2 Mantenimiento diario:	- 51 -
4.2.1.3 Mantenimiento semanal:	- 51 -
4.2.1.4 Mantenimiento cada 250 horas:	- 51 -
4.2.1.5 Mantenimiento cada 500 horas	- 51 -
4.2.1.6 Mantenimiento Eventual.....	- 52 -
4.2.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Balchic, C.A”	- 52 -
4.2.3 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Maquivial, C.A”	- 53 -
4.2.4 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Garival, C.A”	- 53 -
4.2.5 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Arpigna C.A”	- 53 -
4.2.6 Mantenimiento prev y correctivo de “Constructora LeoGer C.A” ..	- 54 -
4.3 Costos de proyectos de obras de movimientos de tierra.....	- 54 -
4.3.1 Costos fijos y variables de la empresa “La Excavadora UM, C.A” ..	- 54 -
4.3.2 Maquivial C.A, Balchic C.A, Garival C.A, Arpigna C.A, LeoGer C.A. ..	- 54 -
4.3.3 Costos fijos y variables de la empresa “Balchic, C.A”	- 55 -
4.4 Tractor D9G	- 55 -
4.5 Mototrailla 631D.....	- 70 -
4.6 Compactadora 824B.....	- 87 -
4.7 Rendimientos esperados por las empresas venezolanas.	- 107 -
4.8. Diagramas de procesos del movimiento de tierra	- 110 -
4.8.1 Proceso de corte.....	- 111 -
4.8.1.1 Ejecución de vías o trochas para llegar al sitio de corte.....	- 111 -
4.8.1.2 Deforestación, corte de árboles, desmalezamiento, tala.....	- 112 -
4.8.1.3 Preparación del sitio, extensión del área.....	- 112 -
4.8.1.4 Desplazamientos hasta al sitio de corte o banqueo	- 112 -
4.8.1.5 Escarificación y empuje de la mototrailla	- 112 -
4.8.1.6 Corte inicial sobre la superficie con la cuchilla	- 112 -
4.8.1.7 Carga de las mototraillas	- 113 -
4.8.2 Proceso de Transporte	- 113 -
4.8.2.1 Desplazamiento de la mototrailla desde el sitio de corte.....	- 114 -
4.8.2.2 Evaluación de la calidad del material	- 114 -
4.8.2.3 Extensión, mezcla y verificación de espesor	- 115 -
4.8.2.4 Mantenimiento de las vías de circulación constantemente ..	- 115 -
4.8.3 Proceso de compactación.....	- 115 -
4.8.3.1 Compactación del material.....	- 116 -
4.8.3.2 Obtención de humedad óptima	- 117 -
CAPITULO V	- 118 -
PROPUESTA.....	- 118 -
5.1 Objetivo de la propuesta.....	- 118 -

5.2 Estructura de costos.....	- 118 -
5.3 Factores inherentes al proyecto.	- 118 -
5.3.1 Dimensión del proyecto	- 118 -
5.3.2 Duración del proyecto	- 119 -
5.3.3 Maquinaria.....	- 119 -
5.3.4 Personal involucrado	- 119 -
5.4 Costos fijos.....	- 120 -
5.5 Costos Variables	- 120 -
5.6 Estructura de costos del mantenimiento de la maquinaria	- 120 -
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 123 -
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	- 125 -
ANEXO A	- 127 -
CUESTIONARIO MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA	- 127 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de la muestra	- 42 -
Tabla 2. Descripción de la maquinaria.....	- 43 -
Tabla 3. Descripción de la maquinaria de “La Excavadora UM C.A”	- 47 -
Tabla 4. Descripción de la maquinaria de “Balchic, C.A”	- 47 -
Tabla 5. Descripción de la maquinaria de “Maquivial, C.A”	- 48 -
Tabla 6. Descripción de la maquinaria de “Constructora Garival, C.A”	- 49 -
Tabla 7. Descripción de la maquinaria de “Constructora Arpigna, C.A”	- 49 -
Tabla 8. Descripción de la maquinaria de “Constructora LeoGer, C.A”	- 50 -
Tabla 9. Aceite de consumo diario para un tractor D9G	- 56 -
Tabla 10. Aceite de mantenimiento para un tractor D9G	- 56 -
Tabla 11. Filtros para un tractor D9G	- 57 -
Tabla 12. Mantenimiento de los mandos finales un tractor D9G.....	- 57 -
Tabla 13. Mantenimiento del tren de rodaje de un tractor D9G	- 58 -
Tabla 14. Mantenimiento de la caja de un tractor D9G	- 59 -
Tabla 15. Mantenimiento del convertidor de un tractor D9G	- 61 -
Tabla 16. Mantenimiento del motor de un tractor D9G	- 62 -
Tabla 17. Consumibles de un tractor D9G	- 63 -
Tabla 18. Mantenimiento de la bomba de inyección de un tractor D9G	- 63 -
Tabla 19. Mantenimiento del steering de un tractor D9G	- 64 -
Tabla 20. Combustible de un tractor D9G	- 64 -
Tabla 21. Hidráulicos de un tractor D9G	- 64 -
Tabla 22. Porcentaje de cada elemento de un tractor D9G	- 65 -
Tabla 23. Porcentaje de cada elemento de un tractor D9G	- 67 -
Tabla 24. Porcentaje de cada elemento de un tractor D9G	- 68 -
Tabla 25. Porcentaje de cada elemento de un tractor D9G	- 69 -
Tabla 26. Aceite de consumo diario para una mototrailla 631D.....	- 70 -
Tabla 27. Aceite de mantenimiento para una mototrailla 631D	- 70 -
Tabla 28. Filtros para una mototrailla 631D.....	- 71 -
Tabla 29. Mantenimiento del motor de una mototrailla 631D.....	- 71 -
Tabla 30. Mantenimiento de las cámaras de una mototrailla 631D	- 72 -
Tabla 31. Mantenimiento de bomba de inyección de una mototrailla 631D...-	- 73 -
Tabla 32. Consumibles de una mototrailla 631D	- 73 -
Tabla 33. Combustible de una mototrailla 631D	- 74 -
Tabla 34. Mantenimiento del convertidor de una mototrailla 631D	- 74 -
Tabla 35. Mantenimiento de caja de velocidades de una mototrailla 631D...-	- 74 -
Tabla 36. Mantenimiento de los mandos finales de una mototrailla 631D	- 80 -
Tabla 37. Mantenimiento del steering de una mototrailla 631D	- 81 -
Tabla 38. Mantenimiento del sistema hidráulico de una mototrailla 631D	- 83 -
Tabla 39. Cauchos de una mototrailla 631D.....	- 84 -
Tabla 40. Porcentaje de cada elemento ento de una mototrailla 631D.....	- 84 -

Tabla 41. Peso en porcentaje de cada elemento de una mototrailla 631D...	- 86 -
Tabla 42. Aceite de consumo diario para una compactadora 824B.....	- 87 -
Tabla 43. Aceite de mantenimiento para una compactadora 824B.....	- 87 -
Tabla 44. Filtros para una compactadora 824B	- 88 -
Tabla 45. Mantenimiento del motor de una compactadora 824B.....	- 88 -
Tabla 46. Mantenimiento de la cámara de una compactadora 824B	- 90 -
Tabla 47. Mantenimiento de bomba de inyección de compactadora 824B...	- 91 -
Tabla 48. Consumibles de una compactadora 824B	- 92 -
Tabla 49. Combustible de una compactadora 824B	- 92 -
Tabla 50. Mantenimiento del convertidor de una compactadora 824B	- 93 -
Tabla 51. Mantenimiento de caja de velocidades de compactadora 824B. ...	- 94 -
Tabla 52. Mantenimiento del sistema hidráulico de compactadora 824B.. ...	- 99 -
Tabla 53. Pata de Cabra (pinas) de una compactadora 824B	- 99 -
Tabla 54. Porcentaje de cada elemento de compactadora 824B.....	- 100 -
Tabla 55. Porcentaje de cada elemento de una compactadora 824B.....	- 101 -
Tabla 56; 57; 58. Mantenimiento en BsF/h del equipo de Balchic, C.A	- 103 -
Tabla 59. Porcentaje del mantenimiento del equipo de Balchic, C.A.....	- 105 -
Tabla 60. Costo por hora Teórica por Máquina.....	- 106 -
Tabla 61; 62. Tabla resumen Horas y Cantidades de Obra.....	- 109 -
Tabla 63. Actividades en el proceso de corte	- 111 -
Tabla 64. Actividades en el proceso de transporte	- 113 -
Tabla 65. Descripción del proceso de compactación.....	- 115 -
Tabla 66. Tabla propuesta para determinar el costo por hora	- 121 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maquinaria especializada en movimiento de tierra.	- 21 -
Figura 2. Tractor de Oruga	- 23 -
Figura 3. Mototrailla	- 24 -
Figura 4. Esquema de funcionamiento de una Mototrailla	- 25 -
Figura 5. Compactadora “Pata de Cabra”	- 26 -
Figura 6. Motoniveladora	- 27 -
Figura 7. Vibrocompactador.....	- 28 -
Figura 8. Comparación de costos a diferentes niveles de mantenimiento	- 32 -
Figura 9. Probabilidad de fallas en el ciclo de vida de un equipo	- 34 -
Figura 10. Tipo de fallas en el ciclo de vida de un equipo	- 36 -
Figura 11. Componentes de un Tractor de Orugas.....	- 37 -
Figura 12. Tabla de Combustible y Lubricantes.....	- 38 -
Figura 13. Tabla de Lubricacion y Conservacion.....	- 39 -
Figura 14. Especificaciones varias.....	- 40 -
Figura 15. Tractor de Oruga	- 55 -
Gráfico 1. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G.....	- 66 -
Gráfico 2. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G	- 67 -
Gráfico 3. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G	- 68 -
Gráfico 4. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G	- 69 -
Gráfico 5. Elementos del mantenimiento de la Mototrailla	- 85 -
Gráfico 6. Elementos del mantenimiento de la Mototrailla	- 86 -
Gráfico 7. Elementos del mantenimiento de una Compactadora 824B.....	- 101 -
Gráfico 8. Elementos del mantenimiento de una Compactadora 824B.....	- 102 -
Gráfico 9. Porcentaje de los elementos en BsF/h de Balchic, C.A.....	- 104 -
Gráfico 10. Porcentaje de los elementos en BsF/h de Balchic, C.A.....	- 105 -
Gráfico 11. Porcentaje del costo por hora Teórica por Máquina.....	- 106 -
Gráfico 12. Rendimientos obtenidos.....	- 109 -
Gráfico 13. Porcentaje de horas operativas, taller y extras.....	- 110 -
Figura 16. Diagrama del proceso de corte.....	- 111 -
Figura 17. Diagrama del proceso de transporte.....	- 114 -
Figura 18. Diagrama del proceso de compactación.....	- 116 -

“MANTENIMIENTO, SEGUIMIENTO Y CONSTANCIA”

Ing. Luis Antonio Rodríguez Azpurua
Constructora LA RAISA C.A

INTRODUCCIÓN

Las políticas de mantenimiento son esenciales para el resguardo de una inversión en maquinaria pesada, de manera tal de garantizar su retorno en tiempos estimados previamente por una empresa. La vida útil de una máquina está entendida como la duración que tiene un equipo para operar y realizar sus funciones de manera óptima, en este sentido el mantenimiento preventivo puede llegar a convertirse en un instrumento de control sobre este parámetro, incluso con técnicas asociadas al remplazo de repuestos, la vida útil de un equipo puede llegar a sobrepasarse de lo estipulado por el fabricante, siempre y cuando dichos repuestos o partes cumplan con la funcionalidad y condiciones de operación de la máquina.

El mercado venezolano de maquinaria pesada, ha encontrado al menos en los últimos treinta años, significativas limitaciones para la renovación y actualización tecnológica, considerando además que Venezuela no se caracteriza por ser un país industrial a la altura de los fabricantes líderes del mercado como lo son Alemania, Italia, Estados Unidos, China, entre otros. Aunado a esto, está el hecho de que en Venezuela, hay un déficit de atención por parte de mano de obra especializada para el diagnóstico y reparación de fallas que se pueden presentar, incluso del mismo servicio postventa.

Forma parte de esta problemática el hecho de que la oferta de repuestos para equipos de vieja data es más amplia que los que se puedan encontrar de máquinas con nuevas tecnologías. Es decir, se cuenta con repuestos genéricos en el mercado venezolano, debido a la liberación por el paso del tiempo de las licencias por parte de los fabricantes originales, al contrario de la oferta para la importación de repuestos de los nuevos modelos. En este sentido, resulta más atractivo para los proveedores realizar inversiones para atender a este mercado de repuestos genéricos que el de repuestos originales.

De acuerdo a la situación descrita anteriormente, se identifica la necesidad de que las empresas venezolanas en el área de movimiento de tierra cuenten con una estructura de costos que les permita gestionar adecuadamente la inversión que debe realizarse en mantenimiento preventivo y correctivo, y su debida imputación en los proyectos.

Es así como el presente trabajo tiene como propósito, establecer una estructura de costos de operación al analizar la maquinaria de diversas empresas venezolanas, con equipos de más de 30 años de antigüedad, los objetivos específicos del proyecto comprenden describir la maquinaria de esta muestra de empresas, en términos del modelo, año, tipo y serial, así como las políticas de cada empresa de mantenimiento preventivo y correctivo para cada máquina.

Posteriormente se busca determinar los rendimientos esperados de la maquinaria, según las empresas de la muestra de estudio, así como los costos de operación fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimientos de tierra.

El presente trabajo está conformado por cinco capítulos. El Capítulo I El Problema, constituye el planteamiento del problema, justificación, alcance, delimitaciones y objetivos. El Capítulo II Marco Teórico, comprende las bases teóricas en las que se fundamenta el trabajo en cuanto a definición de gestión de proyectos, las etapas de un proyecto de movimiento de tierra, maquinaria pesada, depreciación, eficiencia, mantenimiento preventivo y correctivo, estructura de costos fijos y variables. El Capítulo III Marco Metodológico, está definido por el tipo de investigación, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como las etapas del proyecto. El Capítulo IV Análisis de Resultados, expone los resultados obtenidos en función a cada uno de los objetivos específicos planteados en la investigación. Finalmente el Capítulo V Propuesta, consiste en el diseño de la estructura de costos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La vida útil de una máquina se define por el tiempo que un equipo es capaz de trabajar con un rendimiento esperado según las especificaciones del fabricante y dentro de un margen de costos que no superen los del mercado. De acuerdo con Dávila (2002) la vida útil puede distinguirse entre la vida económica y la vida física del equipo o maquinaria. La física comprende el tiempo en que la máquina es útil hasta que “concluye cuando no puede ser reparada a causa de una falla mayor” (p. 76). Si bien los fabricantes establecen una vida física determinada, ésta se puede prolongar gracias a los cuidados que los propietarios brindan a sus equipos y máquinas.

En segundo lugar, la vida económica se define como “la longitud de tiempo que transcurre desde la compra de una máquina hasta el punto que resulta más económico reemplazarla por una nueva en lugar de continuar con la primera” (Dávila, 2002, p.76). Entre las razones que dan lugar a esta toma de decisiones, vale la pena destacar la tecnología, la cual frecuentemente conduce a que los equipos sean obsoletos no por razones de su desempeño, sino porque existe en el mercado otros equipos que permiten una automatización y competitividad mayor de los procesos y de las empresas en el mercado a unos costos de operación inferiores.

En este contexto, la maquinaria utilizada para proyectos de movimiento de tierra en la actualidad se distingue por maquinarias que abarcan desde complejos sistemas de GPS para la ubicación y ejecución de sus tareas sobre el terreno, hasta equipos que cuentan con sistemas de diagnóstico en tiempo de real de sus propias fallas.

El mercado venezolano no ha podido adaptarse a estas nuevas tecnologías, debido a la confluencia de un conjunto de factores, entre los que destacan la ausencia de políticas de infraestructura que resulten efectivas, que se traducen a la escasa promoción de la inversión pública y privada para la construcción, problemáticas inherentes al sistema de adquisición de divisas, que repercuten en la falta de actualización de la maquinaria, los equipos y abastecimiento de materiales (Dao, 2012).

En este sentido, el sector de la Construcción ha adoptado como alternativa, mantener el mayor tiempo posible sus equipos de vieja data, ya que se ha tornado más atractivo comprar repuestos para repotenciar los equipos, en vez, de renovar completamente, importando maquinaria de última generación.

Particularmente en el caso de la maquinaria pesada presente en Venezuela, pueden identificarse equipos que poseen entre 30, 40 y hasta 50 años de uso.

En consecuencia, más allá de mantener la vida económica de un equipo, el sector construcción en Venezuela ha mantenido la vida física de los mismos, a través de políticas de mantenimiento que han permitido su funcionamiento más allá de las especificaciones del fabricante. Uno de las problemáticas que esta situación implica a la hora de la gestión de proyectos de movimiento de tierra, es precisamente la estimación de los costos en el uso de estos equipos, al carecerse de referentes para determinar su valor.

En este contexto, el presente trabajo tiene como propósito analizar una muestra de empresas especializadas en el área del movimiento de tierra, a fin de alcanzar un consenso a través del cual puedan establecerse los costos de operación fijos y variables que inciden en la gestión de un proyecto de este tipo.

Es decir, se pretende diseñar una estructura de costos de operación para la gestión y las negociaciones de Obras de Movimiento de Tierra dirigido a empresas en Venezuela.

Los objetivos específicos comprenden describir la maquinaria pesada existente en el mercado venezolano, considerando los requerimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo, describir las políticas utilizadas en este sentido por parte de las empresas muestra de estudio, determinar los rendimientos esperados de la maquinaria, así como determinar los costos fijos y variables a fin de desarrollar la propuesta.

La estructura de costos de operación diseñada podrá servir de referencia para una política unificada de mantenimiento, con respecto a la durabilidad y calidad de los repuestos, así como para estimar rendimiento del uso de los equipos en horas, días o años, y a su vez, transferir este número a BsF/m³.

1.2 Antecedentes

Estudios previos demuestran que el equipo analizado en este trabajo resulta ser el más eficiente a la hora de ejecutar las tres actividades que comprenden el ciclo básico de movimiento de tierra (Biocchi y Brandini, 2009, p. 76).

Específicamente para la realización de este trabajo, se tomaron en cuenta diversas empresas que han tenido que reconstruir estos equipos que ya han superado la vida útil propuesta por el fabricante y por lo tanto continúen operando.

Es importante, que bajo un esquema de reconstrucción y extensión de vida útil de los equipos, se debe mantener un continuo análisis de los costos vinculados al mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los mismos, que permitan rendimientos aproximados a los estimados por el fabricante, velando por la eficiencia y rentabilidad de la empresa.

1.3 Alcance y limitaciones

El alcance de este trabajo, será el de desarrollar una estructura de costos de operación, que permita analizar a empresas de movimiento de tierra que opera con equipo de vieja data, evaluando las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo para la extensión de la vida útil de sus equipos a través de una herramienta automatizada de gerencia y negociación de obras de movimiento de tierra. Para ello se evaluará el consenso de políticas aplicadas en un grupo de empresas preseleccionadas donde se consideraran los criterios de directores, mecánicos, proveedores de repuestos entre otros.

Las limitaciones, será la de analizar únicamente el equipo necesario para la ejecución del ciclo básico de movimiento de tierra (tractor de orugas, mototrailla y compactadora), sin incluir lo que corresponde al equipo de movimiento de tierra de apoyo que trabaja en torno a este ciclo (excavadoras, camiones, vibro compactadoras, payloaders, cargador de oruga, motoniveladora, etc.), mano de obra (operadores y mecánicos), equipo de servicio (camioneta, herramientas).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una estructura de costos de operación para la gestión y las negociaciones de Obras de Movimiento de Tierra dirigido a empresas en Venezuela.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir la maquinaria pesada existente en el mercado venezolano, considerando los requerimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo.
 - Describir las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo de las empresas muestra de estudio
 - Determinar los rendimientos esperados de la maquinaria, según las empresas de la muestra de estudio.
 - Determinar los costos de operación fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimientos de tierra.
-

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan las bases teóricas del presente trabajo, acerca de la gestión y desarrollo de proyectos de movimiento de tierra y etapas de los mismos. Así mismo, se define el concepto de maquinaria pesada, activos fijos, depreciación y eficiencia, conceptos fundamentales para el desarrollo de la investigación.

2.1 Gestión de proyectos

La gestión se define como una acción orientada hacia un objetivo. De acuerdo con Pérez Fernández (1999) la gestión por procesos o gestión orientada hacia los procesos, posee sus fundamentos en la noción de calidad. A partir de la necesidad de incrementar el desempeño empresarial, dado el crecimiento de la competitividad en los mercados, el concepto de calidad se ha convertido en un referente importante para toda empresa. Es así como la ingeniería, en términos generales, se ha distinguido por un enfoque orientado hacia la mejora continua y la calidad.

En este contexto, la calidad constituye la creación de valor mediante el cual las empresas crean ventajas competitivas. De modo que, la gestión de procesos, representa un conjunto de herramientas y recursos de planificación fundamentales para garantizar el éxito de las compañías de construcción (Rojas, 2009).

Como indica Rojas (2009) la importancia de la gestión de proyectos, especialmente en el campo de la ingeniería civil en que radica provee a los ingenieros de ventajas en el mercado de la construcción. Entre éstas vale la pena destacar la reducción de costos, la mejora de la productividad, la minimización de las amenazas y la maximización de los recursos para el incremento de los beneficios y rentabilidad.

Es decir, “las decisiones de procesos afectan los logros de la empresa en lo referente a las prioridades competitivas de calidad, flexibilidad, tiempo y costo” (Krajewski y Ritzman, 2000, p. 88).

En relación especial con el presente trabajo, el cual consiste en el análisis de los costos de operación de la maquinaria pesada en proyectos de Ingeniería Civil, específicamente en el caso de proyectos de movimiento de tierra, se destaca que una buena gestión en términos de planificación, conduce a la obtención de una mayor productividad vinculada al uso de los equipos.

Vale destacar que estos proyectos son de una complejidad significativa, debido a que generalmente implican la incidencia de gran cantidad de factores, en una misma toma de decisión.

2.2 Proyecto de movimiento de tierra

Los proyectos de movimiento de tierra constituyen la primera fase en la ejecución de un proyecto de construcción y posee la mayor incidencia dentro de los costos de ejecución de la obra. La ejecución de obras de movimiento de tierra comprende todas aquellas actividades destinadas a transformar una localidad que se encuentra en su estado natural, o que ya fue previamente tratada, en una completamente distinta según los requerimientos de un proyecto previamente establecido (Rojas, 2009).

Entre los tipos de proyectos de movimiento de tierra, se comprenden la construcción de vialidad y terrazas aptas para construcción de infraestructura y de edificaciones, así como para la destinación de espacios para áreas deportivas (Alonzo y Rodríguez, 2005).

Específicamente, el movimiento de tierra consiste en una actividad indispensable para la disposición del terreno, la cual puede llevarse a cabo bien sea de forma manual o mecánica.

Independientemente de la manera en que el movimiento se realice, comprende la excavación, carga (mototrailla / camión), transporte y bote. Cada una de estas actividades exige de una constante solución de problemas en campo, la mayoría de los cuales requiere de una solución mecánica dada la antigüedad de los equipos que se utilizan.

Las obras de movimiento de tierra se clasifican en a) obras compensadas y b) obra no compensada. De acuerdo con Madrigal (2008) las obras compensadas “son aquellas en las cuales los volúmenes de tierra provenientes del banqueo de la obra son aptos o equivalentes para ser empleados en la ejecución de los rellenos previstos en el proyecto” (Biocchi y Brandini, 2009, p. 23). Es decir, en el caso de las obras compensadas, se utiliza un material que se encuentran dentro de los mismos linderos de la obra.

Por su parte, las obras no compensadas “son aquellas en las cuales los volúmenes de tierra provenientes del banqueo de la obra no son aptos o equivalentes para ser empleados en la ejecución de los rellenos del proyecto, generándose así los botes o préstamos del material”(Biocchi y Brandini, 2009, p. 23). En este sentido, en las obras no compensadas se debe disponer de un material de préstamo que no se encuentra presente en sitio. Según los requerimientos del proyecto, este material será dispuesto en forma de terraplén construible (con al menos un 95% de compactación).

En caso de que el material no sea apto, puede ser dispuesto en forma de bote para la creación de terrazas no construibles, como por ejemplo en el caso de instalaciones deportivas.

Vale la pena destacar que para el desarrollo de cada una de estas etapas, se necesita de personal capacitado para la operación de los equipos, políticas de mantenimiento y una buena estrategia para el diseño de los mejores ciclos donde los equipos sean productivos y sufran el menor desgaste.

2.2.1 Etapas de un proyecto de movimiento de tierra

Las etapas en un proyecto de movimiento de tierra son cada una de las fases a través de las cuales se desarrollan procesos previamente definidos, como lo son las etapas del ciclo: corte, transporte y compactación.

2.2.1.1 Ciclo

Un ciclo puede ser definido como toda actividad o conjunto de actividades que después de cumplir los procesos requeridos para su ejecución terminan donde comenzaron, y se repiten una y otra vez cuantas veces sea necesario (Madrigal, 2008). La frecuencia de repetición dependerá de la capacidad de transportación de material que posean los equipos, del mantenimiento previo que éstos han tenido y de su buena operación; es decir, de la capacidad del operador para manipularlo. De esta manera, el rendimiento diario obtenido en un proyecto de movimiento de tierra, es el resultado, en esta etapa, de la gestión de cada uno de estos factores.

Para la ejecución de estos ciclos, de manera eficiente y rentable se necesita que varios factores trabajen de manera organizada. El personal de mantenimiento debe velar por el perfecto funcionamiento de los equipos realizando labores de mantenimiento preventivo intenso, a su vez engranados con un personal de operadores que conozcan las limitaciones de las máquinas y resguarden la seguridad personal, de sus compañeros de trabajo y del equipo.

Todos estos aspectos son liderados por una directiva de ingenieros que pueda diseñar las rutas necesarias que garanticen los rendimientos estimados y por último sin ser menos importante, un departamento administrativo que maneje los fondos de la empresa y estime los costos de manera correcta para que a la hora de una falla se pueda contar con una capacidad de respuesta inmediata obteniendo los repuestos necesarios y así disminuir al mínimo la inoperatividad de una maquina en específico.

La Norma COVENIN señala con respecto al ciclo de movimiento de tierra que en el proceso de corte se contempla el transporte y descarga del material a 200 metros de distancia, una vez que son excedidos existe una partida denominada "sobre acarreo".

Dicha partida imputa al proyecto costos mayores por sobrepasar el límite de 200 metros. La norma establece el transporte como la distancia entre los centros de gravedad de los volúmenes que fueron excavados hasta su posición final.

2.2.1.2 Corte

La actividad denominada como “corte” consiste la remoción del material que se encuentra en estado natural, para ser volcado o cargado dentro del equipo destinado para transporte. Esta actividad, realizada con el uso de tractor de orugas (*bulldozer*) empuja a la mototrailla, haciendo que se cargue del material para luego proceder a transportarlo hasta su destino final. También puede ser ejecutado con el uso de excavadoras, showell y camiones.

2.2.1.3 Transporte

Como su nombre lo indica el transporte consiste en trasladar el material cargado en las mototrailla, o cualquier otro equipo apto para esta actividad, en estado suelto, desde el sitio de préstamo, hasta el sitio de destino final que puede ser para construcción de terraplén o bote.

2.2.1.4 Compactación

La compactación como última etapa del proceso del movimiento de tierra, consiste en la equiparación de las condiciones del terreno natural con material ya previamente manipulado, por medio de la aplicación de energía (peso), que generalmente se lleva a cabo con una maquinaria especializada. Para llevar el material al 95% de compactación, que es el mínimo requerido por la norma, para la ejecución de rellenos o terraplenes estructurales.

2.3 Maquinaria pesada

2.3.1 Definición

La maquinaria pesada constituye el principal recurso para la ejecución de los proyectos de movimiento de tierra. Desde el punto de vista de la industria de la construcción, la maquinaria y los equipos representan alrededor del 35 al 50% de la importancia de los recursos materiales para el desarrollo de los proyectos, mientras que la mano de obra y los materiales, representan el resto (Alonzo y Rodríguez, 2005).

En términos administrativos, la maquinaria es considerada como un activo fijo, representando parte del patrimonio de la compañía. Según Marcuse (2002) los activos fijos son activos permanentes, es decir, que resultan indispensables para “el normal desarrollo de las actividades de una compañía, y por ende, no serán vendidos ni desechados en el corto plazo” (p. 34).

Así mismo, “el conjunto de propiedades, bienes materiales y derechos, aprovechados en forma continua, permanente o semipermanente, en la producción de artículos para la venta, en la prestación de servicios a la empresa, a la clientela y al público en general” (Perdomo, 2004, p. 102).

Forman parte de los activos fijos de una compañía especializada en la gestión de movimiento de tierra, las mototraíllas, tractores y compactadoras, entre otras.

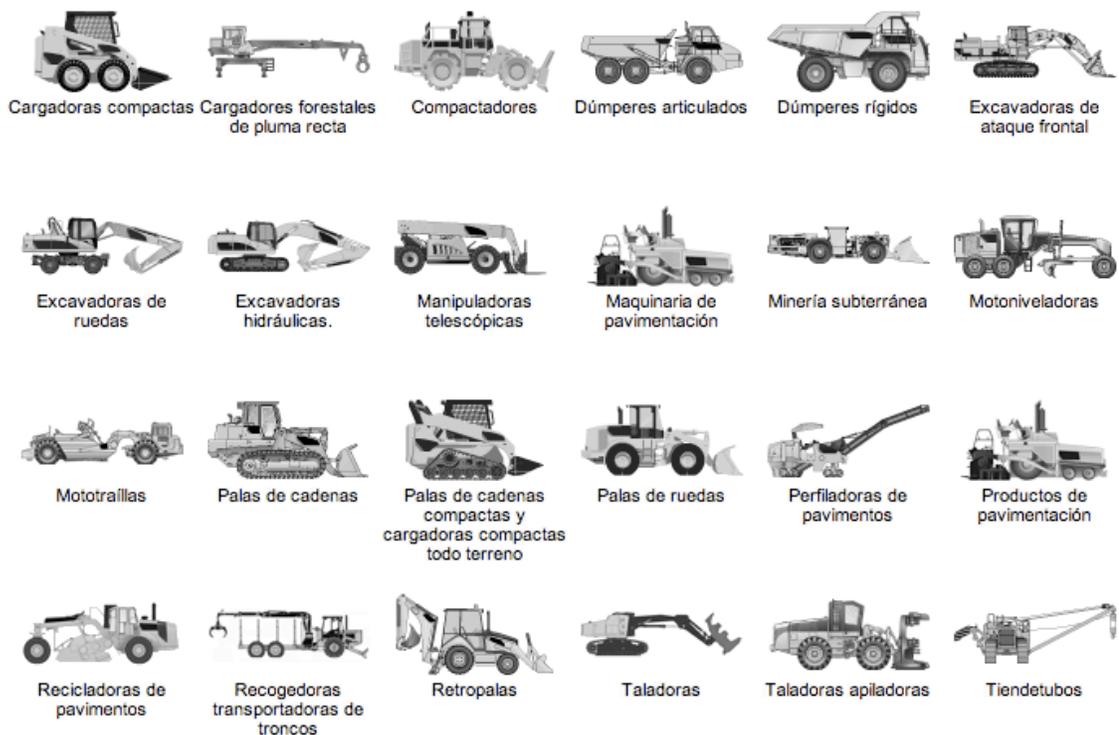


Figura 1. Maquinaria especializada en movimiento de tierra.

Fuente: Caterpillar (2012)

La figura anterior muestra algunas de las máquinas utilizadas para el movimiento de tierra como lo pueden ser tractores (Bulldozer), excavadoras, cargadores, compactadoras, camiones, mototrailla, motoniveladoras, vibro compactadores (Liso y Piña). Sin embargo, el estudio de este trabajo se delimitará al equipo conformado por: tractore, mototrailla y compactadora.

2.3.2 Tipo de maquinaria

En el sector construcción particularmente en el contexto del movimiento de tierra, existen dos grandes categorías en lo que a maquinaria se refiere, el primero que consta de la maquinaria de tipo estándar y el segundo grupo es la de tipo especializada.

Tal como lo indica Gransberg, Popescu y Ryan (2006) el equipo de construcción hoy en día está diseñado para realizar operaciones mecánicas, la dependencia y necesidades de maquinaria es directamente proporcional a las dimensiones y complejidad de un proyecto.

En este sentido la maquinaria estándar es aquella producida en serie para cumplir las funciones más requeridas y estandarizadas en la construcción, por su parte la maquinaria de tipo especial, son máquinas con diseños particulares que se adaptan a las necesidades específicas de un proyecto. Entre las ventajas de la maquinaria estándar se pueden destacar la facilidad y disposición de repuestos además de la versatilidad para ser utilizada en otros proyectos. Los fabricantes de maquinaria destinada a movimientos de tierra actualizan e innovan los modelos constantemente.

En los proyectos de movimiento de tierra existe también la clasificación por función y actividades que ejecuta cada equipo, en este orden de ideas se identifican tres actividades en el ciclo básico: corte, transporte-disposición y compactación. De acuerdo a esto la maquinaria involucrada se encuentra identificada en tres grupos:

1. Maquinaria de Corte y Empuje: Tractor
2. Maquinaria de Corte y Transporte: Mototrailla
3. Maquinaria de compactación: Compactadora

2.3.2.1 Maquinaria de corte y empuje

La maquinaria utilizada para este proceso está conformada por tractores, excavadoras, cargadores. Es de particular interés el tractor de oruga, diseñado para optimizar la velocidad, facilidad de transporte, maniobrabilidad y precisión de nivelación de acabado de los suelos. Haddcock (1998) destaca que son ideales para la construcción de viviendas, para realizar limpieza, clasificación de lotes, relleno, entre otros. Sobre este equipo recae la mayoría de la responsabilidad de una obra, es el que define en más de 50% el rendimiento y en donde se debe prestar mayor atención al mantenimiento dada su complejidad mecánica.

Presta servicio de deforestación, corte, remoción de rocas y empuje, para ello cuenta con gran robustez y potencia. Es una máquina únicamente de fuerza y tracción ya que se desplaza sobre orugas.



Figura 2. Tractor de Oruga

Fuente: elaboración propia

La figura anterior muestra un tractor de oruga modelo D9H, según la nomenclatura del fabricante, la letra “D” designa el modelo y se refiere al término “Dozer”, el número 9 indica el tamaño del equipo, y la letra “H” indica la serie del equipo. Son maquinarias de gran potencia y tracción, pueden superar los 400 Hp, no son aptas para cargas de material y fueron diseñadas con una vida útil aproximada de 15 años.

Es importante destacar que en el ciclo básico de movimiento de tierra, al menos tres mototraillas dependerán de un tractor de oruga al igual que de una compactadora (en condiciones normales de distancias), si las distancias aumentan, un tractor podría hasta llegar a empujar más de seis mototraillas en cada ciclo.

También se pueden encontrar en el mercado las llamadas “Maquinas de empuje” que consiste en un equipo destinado únicamente para empujar mototraillas y extender material con la diferencia de que poseen cauchos.

2.3.2.2 Maquinaria de corte y transporte

Como maquinaria de corte y transporte se define al equipo donde se dispone el material para ser transportado desde el sitio de préstamo (área de corte), hasta el sitio de relleno (terraplén o bote), entre estos equipos se destacan la mototrailla, el camión articulado, camión volteo. La máquina destinada para esta actividad por excelencia es la mototrailla, y consiste en una máquina de gran tamaño que se desplaza sobre cauchos y tiene la capacidad de cortar y transportar el material.

Haddock (1998) indica que este equipo está conformado por dos ejes sobre neumáticos, posee un sistema de remolque, una cuchilla sobre el tren trasero y accionamiento es hidráulico, con una capacidad de 5 a 40m³.



Figura 3. Mototrailla

Fuente: elaboración propia

Según Haddcock (1998) sus inicios se remontan a principios de siglo XX en donde un tractor de orugas arrastraba una “trailla”, hasta que alrededor del año 1950 se empezó a construir autopropulsadas. Es una máquina potente pero de baja tracción por lo que necesita del empuje del tractor para cargarse, una vez cargada puede desplazarse hasta a 80 km/h en terreno plano, sin embargo al momento de subir pendientes su efectividad se ve comprometida. La forma de evitar esto es diseñando circuitos largos de poca pendiente, viéndose la duración del ciclo afectada.

Se han fabricado mototraíllas auto-cargadoras o que se enganchan unas con otras para evitar el empuje, sin embargo esta modalidad no suele utilizarse en Venezuela por lo que no serán parte de este estudio.

Lo que pierde la mototrailla en la pendiente, lo gana en el corto tiempo de carga y descarga que requiere, además extiende de manera controlable en el espesor de cada capa, lo cual le facilita el trabajo a la compactadora y motoniveladora, por lo que sigue siendo la máquina más eficiente dentro de la amplia gama de modelos de movimiento de Tierra.

La eficiencia de la mototrailla además, no se ve comprometida por su configuración mecánica, ya que sus labores de mantenimiento y sus fallas comunes así lo demuestran. A continuación se muestra un esquema de funcionamiento de este equipo:

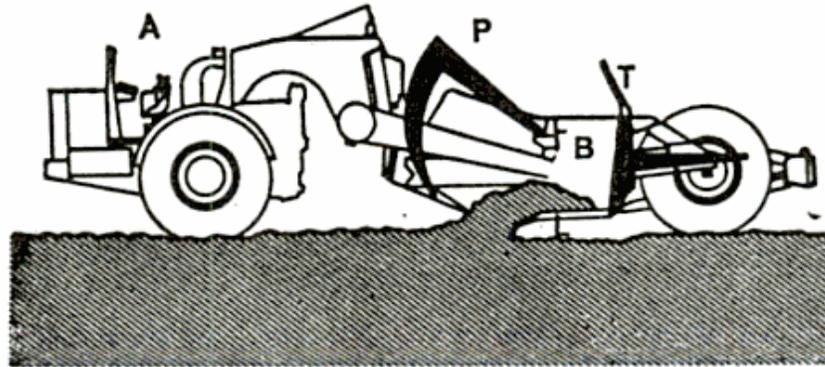


Figura 4. Esquema de funcionamiento de una Mototrailla

Fuente: (Costes, 1975, p.40).

- A: elemento tractor
- B: cuchara
- L: cuchilla
- P: compuerta
- T: eyector

2.3.2.3 Maquinaria de compactación

Los equipos involucrados en la compactación son los que comprimen el material, en condiciones de mezcla de humedad óptima, aplican la energía necesaria al material para llevarlo a una condición de densidad suficiente que cumpla con los requerimientos de carga del proyecto a construir. Según Das (2001) “la compactación incrementa las características de resistencia de los suelos, aumentados así la capacidad de carga de las cimentaciones construidas sobre ellos” (p.51).

Las mayorías de las máquinas destinadas a este proceso según Das (2001) utilizan rodillos en base a un principio para la compactación, que consta en compactar el material desde la capa inferior hacia la superior. La denominación en Venezuela para dichas máquinas es “pata de cabra”, el término ha sido adoptado en el sector de actividades del movimiento de tierra. Esta máquina utiliza como elemento de compactación uno o varios rodillos, dependiendo del modelo, algunos vibratorios o no, los que poseen soldados o atornillados unos elementos que penetran la última capa extendida, compactando la anterior, y utilizando el principio de compactación de abajo hacia arriba, garantizando que no quede ninguna capa de material sin procesar.



Figura 5. Compactadora “Pata de Cabra”

Fuente: Elaboración propia.

Estas máquinas pueden encontrarse en el mercado con una amplia gama de modelos, pueden llegar a pesar más de 35 toneladas. Son seleccionadas dependiendo del tipo de trabajo, requerimientos de ingeniería y rendimientos estimados.

Para este estudio interesa estudiar la compactadora más común en Venezuela, que cuenta con una alta versatilidad, ya que compacta y extiende montones de tierra y posee una configuración mecánica sencilla que facilita sus labores de mantenimiento.

Dentro de este grupo hay dos categorías de acuerdo a su propulsión. Las máquinas de compactación no propulsada: piñas que se arrastran con un equipo adicional y que aplican la energía por peso. Por su parte las máquinas de compactación propulsadas, que pueden tener distintos tipos y modelos diferenciándose unos de otros principalmente por su capacidad vibratoria y por el tipo de rodillo (liso o pina).

Es importante evaluar la compatibilidad de unos equipos con otros ya que se facilitan las labores de mantenimiento preventivo, a la hora de una emergencia se puede aplicar (momentáneamente) la sustitución de partes de unas máquinas a otras (canibalización) y además, se pueden abaratar los costos de repuestos al comprar por volumen.

2.3.2.4 Maquinaria adicional de apoyo

Son los equipos que trabajan en torno a las máquinas descritas anteriormente, que aunque no representan el grueso del rendimiento y de los costos de operatividad de la empresa, estimulan el rendimiento de la obra y aumentan la durabilidad del resto del equipo. Como es el caso de la motoniveladora, según Barber (2009) destaca que es una máquina que trabaja sobre cauchos y posee una cuchilla en el cuerpo central que puede girar alrededor de 270 grados.

Hay algunas que tienen la posibilidad de extraer las cuchillas del chasis para así conformar y dar pendiente a los taludes, para la construcción de las vías de circulación de la obra, terminaciones, botes, capas en el relleno, entre otros. Su configuración mecánica es sencilla y sus costos de operación bajos, debido a que no es una máquina que esté expuesta a nivel de fuerzas excesivas, sus componentes suelen ser duraderos en el tiempo.

El trabajo de esta máquina es apoyar a la compactadora para definir el espesor de capa necesaria y mezclar la tierra seca con la húmeda, resguardando así, la eficiencia de la compactadora. Adicionalmente, remueve el “polvillo” generado por el paso de la mototrailla en las vías de circulación garantizándole la tracción necesaria y además evita que este polvo sea succionado por los motores limitando así su durabilidad.



Figura 6. Motoniveladora
Fuente: elaboración propia

Esta máquina además de prestar servicios en diversas obras de construcción independientemente del sitio, tamaño y equipos a utilizar, también opera en el área de la agricultura, para hacer mantenimiento a todas las trochas y vías de circulación de fincas y haciendas.

También se encuentra dentro de la maquinaria adicional el vibro compactador, Barber (2009) indica que la vibro compactadora es una máquina autopropulsada, se encuentran en el mercado en distintos tipos de modelos. Puede tener rodillo liso o piña, puede tener neumáticos y rodillo, o desplazarse únicamente sobre rodillos. Su función es ejercer un extra de energía a la capa compactada mientras la “sella” o cierra, evitando que pierda su humedad y además causar vibraciones para el reacomodo de las partículas. Suelen pesar hasta unas 15 toneladas, su configuración mecánica es sencilla y su operación es de bajo costo ya que suelen ser de pequeño tamaño en relación al resto del equipo involucrado en los procesos de movimiento de tierra.



Figura 7. Vibro compactador

Fuente: elaboración propia

2.3.3 Depreciación

La depreciación consiste el proceso a través del cual los activos fijos pierden su valor, simplemente por el paso del tiempo. Como indica Vidaurri (2008) consiste “en la pérdida de valor que sufre un activo fijo haciendo que su vida útil resulte limitada. La vida útil se determina con base en la experiencia de expertos en el tema. Las causas de la depreciación fundamentalmente son dos físicas y funcionales” (p. 488).

Entre las causas físicas de la depreciación se encuentra el desgaste asociado inevitablemente a la acción o a elementos naturales. Es así como todo uso de una maquinaria o equipo constituye un desgaste del mismo, mientras que, en el caso de las edificaciones, la depreciación asociada obedece a causas naturales. Es importante destacar que algunos activos, como sucede en el caso de la maquinaria, se encuentran expuestos tanto a causas naturales como al desgaste asociado a su utilización.

Por otra parte, las causas funcionales, “se presentan por obsolescencia o por insuficiencia. La obsolescencia se presenta cuando el activo fijo se retira, no porque se haya desgastado, sino porque resulta anticuado debido a nuevas invenciones, mejoras técnicas, etc.” (Vidaurri, 2008, p. 488). La insuficiencia, más bien implica la depreciación del activo fijo ante el servicio que se le exige, en términos de la eficiencia. Cuando una máquina es capaz de producir determinado número de piezas y en virtud de la demanda del mercado, se requiere de un número mayor, la máquina resulta insuficiente para los números requerimientos. En este sentido, la “máquina no está desgastada ni obsoleta, pero su vida útil ha terminado ya que es incapaz de satisfacer las necesidades de la empresa” (Vidaurri, 2008, p. 488).

El factor efectivo de depreciación es aquel que actúa primero para acabar la vida útil del activo. Así si una máquina podría durar 10 años antes de desgastarse, pero será obsoleta en 5 años, se toma como factor de depreciación.

Existen diversos métodos para el cálculo de la depreciación, entre los que se encuentran el método de línea recta, método de la suma de dígitos, porcentaje fijo y el método de fondo de amortización, entre otros.

2.3.4 Eficiencia

La eficiencia consiste en el rendimiento que posee una máquina en un período de tiempo determinado, en términos de la operatividad del equipo. Callejón (2002) define la eficiencia como “la energía deseada obtenida y la cantidad de energía necesaria para producirla” (p. 8). Es decir:

$$Eficiencia = \frac{EnergiaDeseadaObtenida}{EnergiaAportada}$$

El concepto de eficiencia se encuentra íntimamente relacionado con el de pérdida o desperdicios, debido a que, en función de la operatividad de un equipo, pueden obtenerse un número específico de errores o pérdidas, asociados a un costo operativo (Callejón, 2002).

Para la mejora de la eficiencia se identifican al menos tres alternativas fundamentales:

- Limitar el aumento del consumo de energía requerida por el proceso de producción
- Mejorar los proceso de transformación de energía de manera que de una misma fuente se aproveche más energía y se generen menos pérdidas
- Diversificar las fuentes de energía para no depender en exceso de ninguna fuente en particular.

En relación al rendimiento de una maquinaria, la eficiencia refiere al concepto por medio del cual se calcula la efectividad de determinado equipo en estudio, tomando en consideración los requerimientos del proyecto al cual han sido asignados y las especificaciones del fabricante (Biocchi y Brandini, 2009).

2.3.4.1 Factor de eficiencia

Un factor de eficiencia puede definirse como un coeficiente que indica la relación existente entre el trabajo deseado y el obtenido. Es decir, se trata de un valor que aporta información sobre la efectividad de un determinado equipo en estudio, tomando en consideración los requerimientos del proyecto al cual han sido asignados y las especificaciones del fabricante.

En este contexto, el efecto de eficiencia indica los resultados obtenidos en virtud de las políticas de la empresa en términos administrativos y de mantenimiento de la maquinaria. De modo que, mientras las políticas de la compañía se orienten de mejor manera hacia la administración efectiva de los fondos de la obra y hacia un mantenimiento preventivo, mayor será el factor de eficiencia obtenido.

Específicamente, este factor puede expresarse en términos de horas operativas vs horas proyectadas, así como también en términos de capacidad instalada vs capacidad utilizada; valores que cambian constantemente y se ajustan a las características y requerimientos de cada proyecto.

Por otro lado, los factores que mantienen la capacidad operativa del equipo comprenden el mantenimiento, el desempeño de los operadores, el departamento administrativo, así como el liderazgo del equipo de trabajo.

El departamento de mantenimiento, que debe cumplir las exigencias del fabricante y estar en constante comunicación con los operadores para solventar cualquier falla que se presente o que se vaya presentando antes de tener que detener el equipo por completo.

Los operadores, que deben ser serios, responsables y entender que poseen en sus manos equipos que están trabajando con “tiempo prestado” ya que según el fabricante debieron ser desechados.

El departamento administrativo, que debe estar en constante comunicación con el departamento de mantenimiento para que los repuestos no falten y la capacidad de respuesta sea rápida y eficiente.

La directiva de la empresa debe mostrar liderazgo antes su equipo y ante el cliente y debe comprometerse todos los días al mantenimiento de su equipo y sus trabajadores, he aquí el secreto del éxito en el negocio.

2.4 Mantenimiento

Para una adecuada gestión de los activos fijos, especialmente en el caso de la maquinaria pesada, se requiere de una política adecuada de mantenimiento, a fin de garantizar una adecuada operatividad de la misma (Céspedes, 1981). A continuación se expone la definición de mantenimiento, sus tipos y características principales.

2.4.1 Definición

La importancia del mantenimiento en ingeniería radica en preservar la inversión que se realiza inicialmente para la adquisición de activos. Según Stephens (2010) son todas las actividades mediante las cuales se vigila el funcionamiento para mantener un sistema y todos sus componentes. En este sentido, los objetivos principales de cualquier programa de mantenimiento deben abarcar la custodia de las capacidades del sistema mientras se controlan los costos de la empresa.

Es así como, el mantenimiento busca amortiguar el impacto de la depreciación en el balance general de la empresa, además de prolongar la vida útil de una máquina.

Los componentes que influyen sobre los costos de una empresa a causa de esta actividad, vienen dados por los costos destinados para labores y materiales de mantenimiento, además de los costos por pérdidas de producción debido a un programa de mantenimiento indebido y/o poco efectivo.

Cualquier cambio en el sistema de producción que afecte las condiciones de operación estándar de trabajo pueden traducirse en fallas, pero no todas las fallas resultan necesariamente en catástrofes, la mayoría son disruptivas, producen inconvenientes o recurrir en altos costos para la empresa.

Los programas de mantenimiento apuntan a la eliminación o reducción del número de estas fallas y los costos asociados a ellas, para ello existen dos tipos de mantenimiento, el de tipo preventivo y el de tipo correctivo.

2.4.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo busca vigilar el estado de una máquina, abarcando sus partes móviles y/o fijas. Un ejemplo claro de la aplicación de este tipo de mantenimiento es en un sistema con partes móviles, donde deben ser vigilados constantemente los daños que puedan ser ocasionados por vibraciones, movimientos de ejes y lubricación en rodamientos.

El mantenimiento preventivo busca planificar y programar intervenciones periódicas para impedir fallas que influyan sobre el desempeño normal en sistemas e instalaciones.

Según Crespo (2007) el mantenimiento preventivo se lleva a cabo en determinados intervalos de tiempo o de acuerdo a criterios previamente establecidos.

A diferencia del mantenimiento correctivo, este tipo de mantenimiento tiende a conservar en mejores condiciones los equipos, maquinarias o elementos presentes en el proceso.

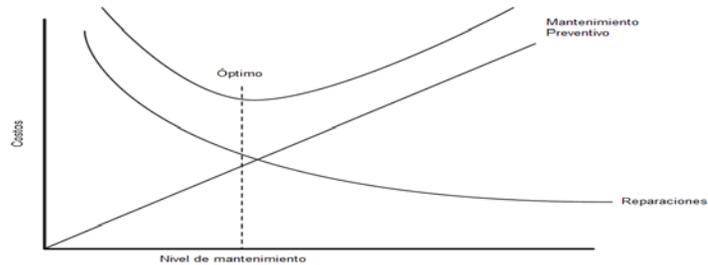


Figura 8. Comparación de costos a diferentes niveles de mantenimiento
Fuente: Stephens (2010)

La metodología que se utiliza para el mantenimiento preventivo comprende una serie de inspecciones periódicas que tienen como propósito principal detectar fallas a su inicio o antes de que ocurran, de manera de erradicarlas en el momento oportuno. Crespo (2007) destaca que puede ser predeterminado por las siguientes condiciones:

- **Mantenimiento predeterminado:** actividades llevadas a cabo con una agenda preestablecida de acuerdo a tiempos o unidades en uso, pero sin una investigación de las condiciones de cada elemento.
- **Mantenimiento basado en las condiciones:** son las actividades de prevención asociadas con el rendimiento o el monitoreo de ciertos parámetros de un sistema. Puede estar contemplado bajo una agenda, por requerimiento o de manera continua. Es un mantenimiento predictivo que utiliza herramientas estadísticas o instrumentos como análisis de vibraciones, análisis químicos, de lubricantes, termografía, inspección de calibración, entre otros, para el análisis y evaluación de parámetros o degradaciones significativas del sistema (Stephens, 2010).

En el mismo orden de ideas, Stephens (2010) indica que el mantenimiento preventivo sigue una serie de pasos para prevenir y reparar problemas antes de que las fallas ocurran. Estos pasos pueden abarcar el diseño e instalación del equipo, llevar una historia aproximada de las reparaciones y el comportamiento de la máquina, rutinas programadas, inspecciones, servicio, lubricación, entre otras. Si estas actividades son planificadas, una parada de planta no causará una carga excesiva en la actividad productiva.

Es por esto que cualquier personal con un mínimo entrenamiento puede llevar a cabo el mantenimiento preventivo, a diferencia del mantenimiento correctivo, el que necesita de un personal altamente calificado que conoce las particularidades y especificaciones del equipo.

2.4.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo es el llevado a cabo luego de haber reconocido una falla para llevar al equipo hacia un estado en el cual pueda seguir realizando sus funciones. Crespo (2007) indica que esta actividad puede ser efectuada de inmediato o diferida, el mantenimiento inmediato es el que se realiza sin retrasos después de haber sido detectada un error de manera de evitar consecuencias inaceptables. Por su parte el mantenimiento diferido es el que no es realizado inmediatamente sino que se aplaza según las reglas de mantenimiento.

2.4.4 Actividades del mantenimiento

Crespo (2007) destaca que dichos tipos de mantenimientos involucran una serie de actividades que siguen una secuencia dada. Entre las actividades más comunes se encuentran:

2.4.4.1 Inspección:

Consiste en el chequeo de conformidad mediante medidas, observaciones y evaluaciones de características relevantes de cada elemento. Generalmente esta actividad puede ser efectuada antes, durante o después de otra actividad de mantenimiento.

El test de conformidad es utilizado para determinar si una característica o propiedad de un equipo está acorde con las especificaciones del fabricante.

2.4.4.2 Monitoreo:

Esta actividad es realizada manual o automáticamente y busca observar el estado actual del equipo. Se distingue de la inspección en el hecho de que evalúa los cambios en los parámetros del equipo con el paso del tiempo. El monitoreo puede ser continuo, en un intervalo de tiempo, o de acuerdo a cierta cantidad de operaciones realizadas. Esta actividad es realizada mientras el equipo está en operación.

2.4.4.3 Mantenimiento de rutina:

En el mantenimiento son actividades elementales realizadas de manera repetida, donde usualmente no es necesaria una calificación especial, autorización o herramientas. Dentro de estas actividades se pueden encontrar la limpieza, ajuste de piezas o conexiones, chequeo de niveles de líquidos, lubricación, entre otros.

2.4.4.4 Revisión:

Es la serie de actividades que comprenden examinar, y acciones orientadas a mantener el nivel requerido de las capacidades y seguridad del equipo. Puede ser efectuado en intervalos de tiempo o por número de operaciones ejecutadas y puede necesitar de desmantelar el elemento.

2.4.4.5 Reconstrucción (overhaul):

La reconstrucción implica desmantelar el equipo y reparar o reemplazar los componentes que se estén aproximando al fin de su vida útil o que deben ser regularmente cambiados. El objetivo de la reconstrucción es proveer al equipo de una vida útil igual o mayor de la duración original del fabricante. La reconstrucción difiere de la revisión en el hecho de que incluye acciones que pueden atribuir mejoras y modificaciones.

2.4.4.6 Reparación:

La reparación involucra acciones orientadas a restaurar las funciones requeridas o corregir equipos con fallas, de las que se pueden destacar:

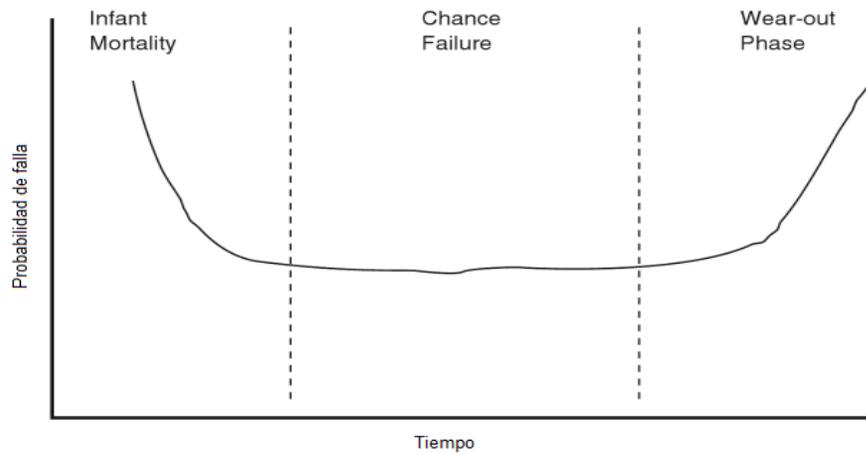
- **Diagnóstico de fallas:** acciones tomadas para el reconocimiento de fallas, su localización y su causa.
- **Corrección de fallas:** acciones tomadas después del diagnóstico de fallas para poner al equipo en correcto funcionamiento.
- **Verificación de funciones:** acción final del mantenimiento para verificar las capacidades del equipo.

2.5 Aplicaciones en Maquinaria pesada

2.5.1 Probabilidad de fallas en el ciclo de vida de un equipo

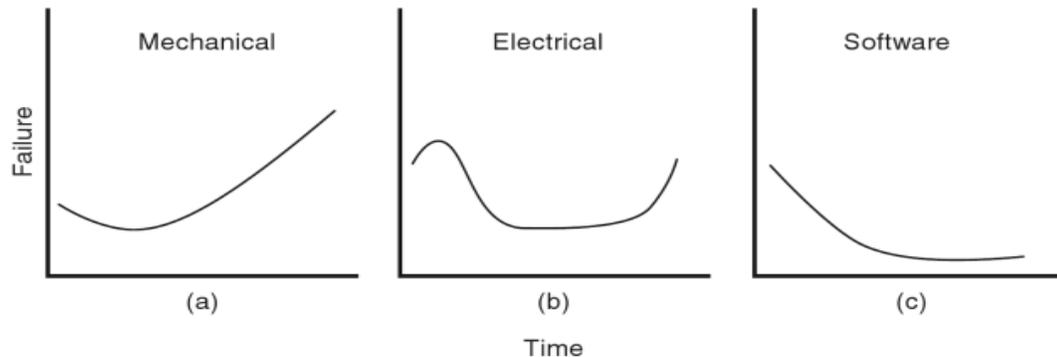
Stephens (2010) establece que para la mayoría de los productos, componentes y maquinarias, las fallas ocurren en diferentes ritmos en la vida útil del equipo y responden a distribuciones estadísticas y probabilísticas diversas. El siguiente gráfico muestra el ritmo o tasa en las fallas de un equipo en función de su vida útil.

Figura 9. Probabilidad de fallas en el ciclo de vida de un equipo



Fuente: Stephens (2010)

Figura 10. Tipo de fallas en el ciclo de vida de un equipo



Fuente: Stephens (2010)

2.6 Estructura de costos

La estructura de costos de una empresa, identifica los pagos para el proceso productivo en términos de capital de trabajo, maquinaria, costos de instalación a niveles diversos de operación, costos de mantenimiento, entre otros. La estructura de costos es un marco de referencia para estimar el precio de los bienes y servicios, que generalmente se presenta en un informe en una determinada unidad de tiempo. En dicha estructura se imputan también el peso que representa la depreciación de maquinaria o equipos existentes en la empresa. También sirve como una herramienta para determinar en porcentaje, el peso de cada rubro involucrado en el proceso productivo con respecto al gasto total que se genera por la empresa en una unidad de tiempo.

Para la estimación de ventas de una empresa, se deben identificar los gastos de tal manera de recibir un retorno basada en el nivel de ingresos bien sea por productos o servicio. Es decir que “la clave para entender el comportamiento del costo, es diferenciar entre los costos variables y los costos fijos” (Horngren, Sundem y Stratton, 2007, p. 46). A continuación se presenta la definición de cada uno de ellos.

2.6.1 Costos Fijos

Los costos fijos describe una cantidad preestablecida de gastos en una empresa, son a largo plazo, no tiene relación con los niveles productivos y deben ser pagados así la producción de la empresa sea nula (Pepall, Richards y Norman, 2006). Es decir, este tipo de costos, están asociados a alquileres, servicios como teléfono, internet, agua, electricidad, intereses crediticios adquiridos de la banca comercial, salarios de mano de obra directa e indirecta, beneficios laborales, así como materiales involucrados directamente con el proceso productivo.

2.6.2 Costos Variables

Los costos variables dependen de los niveles de producción, en empresas de movimiento de tierra abarcan los excedentes en el salario por sobretiempos de mano de obra directa e indirecta, adquisición de repuestos, combustible, lubricantes, entre otros. Tucker (2001) indica que el costo variable total está conformado por los costos que son iguales a cero cuando la producción es nula y varía a medida que la producción se incrementa. Son costos a corto plazo que pueden ser controlados por la administración de la empresa al cambiar los niveles de producción.

2.6.3 Funciones de la estructura de costos

La estructura de costos en el contexto del funcionamiento de una empresa sirve como instrumento de gestión. Específicamente en la gestión de proyectos de movimiento de tierra, considerando la práctica cotidiana del ingeniero, se requiere de una estructura de costos que tradicionalmente no se encuentra disponible, ya que la gestión es formulada bajo el supuesto de que la máquina es renovada en un cierto tiempo.

Además esta formulación permite responder a los requerimientos del proyecto, evitar costos adicionales por retrasos, organización, prevenir reparaciones imprevistas de equipos con gran antigüedad en mal estado, llevar el balance de costos en una empresa de este tipo hace que exista capital para asumir cualquiera de las situaciones anteriores.

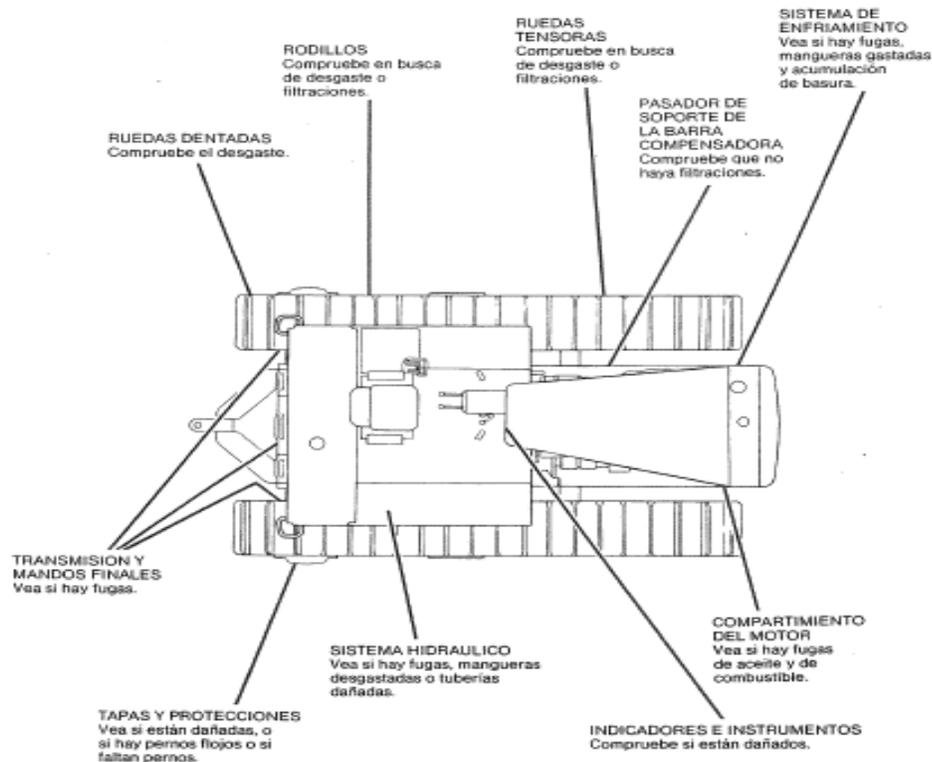
Como beneficio se garantiza un marco de referencia que sirve como herramienta para la solución de problemas y toma de decisiones en proyectos de ingeniería civil, es decir, el producto final, entendido como edificaciones multifamiliares, unifamiliares, recreativas, infraestructura de flujo vehicular, así como infraestructuras públicas, entre otras, cumplirán con los tiempos, calidad e utilidad para la empresa previamente establecidos.

Es conveniente en la realización de dicha estructura, utilizar diversos escenarios que respondan a las situaciones que puedan presentarse en la ejecución de proyectos. Así como también el cálculo del punto de equilibrio, como instrumento capaz de determinar la cantidad de producción o de servicio necesaria, a la cual los ingresos totales son iguales a los costos totales.

2.6.4 Manual de operación y mantenimiento

El manual de mantenimiento y operación de una máquina de movimiento de tierra es una guía para el cuidado y conservación del equipo. Instrucciones y planos detallados donde se le explica usuario lo que debe hacer. Esta guía es estandarizada para todos los equipos de la misma marca independientemente del modelo, por lo que es aplicable a todos por igual. (Caterpillar, 1975)

Figura 11. Componentes de un Tractor de Orugas



Fuente: Caterpillar (1975)

Figura 12. Tabla de Combustible y Lubricantes

COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

NOTA

Las abreviaciones que se indican abajo siguen la nomenclatura S.A.E. J154. Las clasificaciones están de acuerdo con las clasificaciones S.A.E. J183. Las especificaciones MIL son especificaciones del ejército de los Estados Unidos. Estas definiciones le servirán cuando usted tenga que adquirir combustibles y lubricantes. Las clasificaciones específicas para esta máquina se encuentran en la tabla de "LUBRICANTES RECOMENDADOS".

Combustible Diesel

Use solamente combustibles destilados (por ejemplo, combustible diesel de la clasificación No. 1D o 2D, o combustible No. 1 o No. 2 de la ASTM) con un número calórico mínimo de 35. Se prefieren por lo general los aceites más densos debido a su alto contenido de energía. El distribuidor Caterpillar le dará información acerca de los combustibles que se venden en su territorio.

Aceites Lubricantes Para Motores (EO)

CD - Use lubricantes que satisfagan la clasificación **CD** o MIL-L-2104C para servicio de motores.

CC - Use aceites que satisfagan la clasificación **CC**, MIL-L-2104B o MIL-L-46152, para servicio de motores.

EO - Aceite lubricante de motor. Puede ser de tipo **CD** o **CC**.

Grasa Para Rodamientos (MPGM)

Use grasa para rodamientos (**MPGM**) que contenga de 3 a 5% de bisulfuro de molibdeno según la clasificación MIL-M-7866, y un inhibidor de corrosión apropiado. La grasa NLGI Grado No. 2 puede utilizarse en la mayoría de las temperaturas. Use grasa NLGI de Grado No. 0 o No. 1 en temperaturas extremadamente bajas.

Aceite Hidráulico (HYDO)

Utilice (**EO**), o aceites hidráulicos de tipo industrial certificados por el vendedor en cuanto a las propiedades anti-desgaste, antiespumante, anti-humbré y antioxidante de sus aditivos.

Lubricante General de Engranajes (MPL)

Use lubricante general de engranajes de la clasificación GL-5 o MIL-L-2105B.

LUBRICANTES RECOMENDADOS A TEMPERATURAS DE ARRANQUE DE -23 a 48° C (-10 a 120° F) ^{12A}		
COMPARTIMIENTO O SISTEMA	TEMPERATURA DE ARRANQUE	
	SOBRE 0° C (32° F)	BAJO 0° C (32° F)
CD		
Carter del motor	SAE 30	SAE 10W ^{12B}
Transmisión, corona y embrague de dirección	SAE 30	SAE 10W
Sumidero del aceite del malacate	SAE 30	SAE 10W
Rodillos inferiores y ruedas guías	SAE 30	SAE 30
HYDO		
Sistema hidráulico	SAE 10W	SAE 10W
EO		
Mandos finales	SAE 50	SAE 30
MPL		
Pasador soporte de la barra compensadora	SAE 90	SAE 90
Carril sellado y lubricado	SAE 90	SAE 90

^{12A} A temperaturas inferiores a -23° C (-10° F), consulte al distribuidor Caterpillar acerca de las recomendaciones necesarias para trabajar en climas fríos.

^{12B} Se puede usar aceite SAE 10W en el cárter del motor diesel aun si la temperatura atmosférica durante el día llega a 21° C (70° F). A temperaturas inferiores a -23° C (-10° F), puede ser necesario calentar el aceite de manera que pueda amasarse el motor y que el aceite circule con facilidad.

Código de Lubricantes:

- CD** - Aceite para motores de clasificación **CD** o MIL-L-2104C
- CC** - Use aceites que satisfagan la clasificación **CC**, MIL-L-2104B o MIL-L-46152, de aceite para motores.
- EO** - Aceite lubricante de motor. Puede ser del tipo **CD** o **CC**.
- MPL** - Lubricante general de engranajes GL-5 o MIL-L-2105B.
- HYDO** - Aceite hidráulico. Puede ser de tipo **CD** o **CC** indicados antes, o aceites industriales hidráulicos certificados.
- MPGM** - Grasa para rodamientos con 3 a 5% de bisulfuro de molibdeno

Figura 13. Tabla de Lubricación y Conservación

TABLA DE LUBRICACION Y CONSERVACION		LUBRICANTE	CONSERVACION	NO. DE PAGINA
ITEM	SERVICE			
CUANDO SEA NECESARIO				
78	Compartimiento de la transmisión, corona y embragues de dirección	Comprobar nivel de aceite si hay filtraciones o se sospecha que existen	CD	24
79	Colador de succión del divisor de par	Limpier cuando el aceite se ponga espeso, o cuando se reparan los frenos, la transmisión o el divisor de par		● 24
80	Malaquita	Comprobar nivel de aceite si hay filtraciones o se sospecha que existen, y comprobar el estado del cable	CD	25
81	Mandos finales	Comprobar nivel de aceite si hay filtraciones o se sospecha que existen	EO	26
82	Carril	Ajustar si la comba no está entre 38 y 51 mm [1-1/2 a 2"]		● 26
83	Antefiltro	Comprobar y limpiar si es necesario		● 27
84	Sistema de admisión de aire del motor	Limpier cuando la banda ROJA en el indicador se trabaja en posición visible		● 28
85	Sistema de combustible	Limpier filtro cuando el indicador de presión registra en OUT con el motor funcionando		● 31
86	Tanque de combustible	Drenar humedad y sedimento y lavar tapa y colador de llenado si el motor hace explosiones fallidas o si hay que cambiar frecuentemente el filtro de combustible		● 32
87	Sistema de enfriamiento	Drenar y limpiar si el motor se sobrecalienta o si la solución está sucia		● 32
88	Filtros de aire de la cabina	Inspeccionar periódicamente para ver que no se acumule polvo. Puede ser necesario limpiarlos cada día si la máquina trabaja en condiciones muy polvorientas		● 33
89	Rótulas de la hoja topadora	Ajustar si el tirante está muy flojo		● 33
90	Cilindros hidráulicos	Ajustar la empaquetadura de la varilla si hay filtraciones o se sospecha que existen		● 34
91	Puntas del desgarrador	Cambiar si están desgastadas o dañadas		● 34
92	Cuchillas y puntas de extremo	Cambiar cuchilla e instalar puntas nuevas si están desgastadas		● 35

⁷⁸Intervalo normal de cambio del aceite cuando el contenido de azufre es menos de 0,4%. Cuando el contenido de azufre es de 0,4% a 1,0%, reduce el intervalo de cambio de aceite a la mitad.
⁷⁹Cambie el aceite cada vez que se ponga espeso y turbio.
⁸³Cambie antes si el indicador del filtro registra en ROJO con el motor funcionando y el aceite a la temperatura de funcionamiento.
⁸⁶Consérvese frecuentemente si hay indicios de filtraciones o se sospecha que existen.

Código de Lubricantes:
CD - Aceites para motores de clasificación CD o MIL-L-2104C
CC - Use aceites que satisfagan la clasificación CC, MIL-L-2104B o MIL-L-46152 de aceites para motores
EO - Aceite lubricante de motor. Puede ser del tipo CD o CC.
HYDO - Aceite hidráulico. Puede ser del tipo CD o CC indicados antes, o aceites hidráulicos de tipo industrial certificados.
WPGM - Grasas para rodamientos con 3 a 5% de litonio (de molibdeno)
MPL - Lubricante general de engranajes GL-5 o MIL-L-2106B.

Fuente: Caterpillar (1975)

Figura 14. Especificaciones varias

CAPACIDADES APROXIMADAS

COMPARTIMIENTO O SISTEMA	GALONES EUA	LITROS	GALONES INGLESES
Cárter del motor diesel	11,25	43	9,4
Compartimiento de la transmisión, de la corona y de embragues de dirección ⁽¹⁾	34	129	28,3
Mandos finales (cada uno)	11,25	43	9,4
Sistema hidráulico	26	98	21,7
Sistema de enfriamiento	41	155	34,2
Tanque de combustible diesel	230	871	191,6
Sumidero de aceite del malacate ⁽²⁾	17	64	14,2

⁽¹⁾La cantidad de aceite en la transmisión se puede aumentar en un 10% cuando se trabaja en pendientes muy inclinadas.

⁽²⁾Use el mismo tipo de aceite que se usa en el motor.

Tabla de Apriete de los Pernos

**VALORES DE APRIETE
DE LOS PERNOS PARA HERRAMIENTAS DE CORTE**

TAMAÑO DEL PERNO	APRIETE RECOMENDADO*
16 mm (5/8")	27 ± 3,4 mkg (195 ± 25 libras pie)
19 mm (3/4")	48 ± 6,9 mkg (350 ± 50 libras pie)
22 mm (7/8")	78 ± 11,7 mkg (565 ± 85 libras pie)
25 mm (1")	124 ± 15 mkg (900 ± 110 libras pie)

*Estos valores se aplican solamente a los pernos Caterpillar.

Fuente: Caterpillar (1975)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es la modalidad que adopta un estudio según su objetivo general. En el caso del presente trabajo, que pretende proponer una estructura de costos para la gestión y negociación de la ejecución de proyectos de movimientos de tierra en Venezuela, se tiene una investigación de tipo proyectiva. Según Hurtado (2008) este tipo de estudio consiste en elaborar una propuesta operativa para la solución de una problemática o de una necesidad.

En este sentido, en virtud de la experiencia práctica en el ámbito de la construcción en el país, y de las limitaciones existentes, expuestas en el planteamiento del problema, se ha destacado la necesidad de que las empresas cuenten con una estructura de costos capaz de facilitar el proceso de gestión y de negociación.

3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006) se define como la estructura metodológica para recaudar la información requerida. En primer lugar, el presente estudio corresponde con un diseño mixto, documental y de campo, puesto que requiere del análisis de los históricos

3.3 Población y muestra

La población se refiere al conjunto de elementos que conforman un universo de estudio. En este caso, se cuentan dos poblaciones. En primer lugar, todas las pequeñas y medianas empresas destinadas a la construcción en Venezuela, específicamente a la gestión y ejecución de proyectos de movimiento de tierra.

Según la Cámara de Maquinaria Pesada en Venezuela, esta población asciende a un total aproximado de 3000 empresas, con alrededor del 50 % activas, según Hermogenes Emperador, en Venezuela se llegó a contabilizar un total de 15.000 máquinas en todo el país. Hoy en día, "hemos estado en un proceso de transición a equipo nuevo", sin embargo, todavía se puede afirmar que un porcentaje aproximado al 50 % de todo el equipo presente en el país se encuentra en estado de obsolescencia. De esta población, se seleccionó una muestra de seis empresas, mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, basado en la conveniencia o intención voluntaria por parte de la empresa de participar en la investigación.

La muestra, entendida según Hernández *et al.* (2006) como un subconjunto de la población, se conforma por compañías que presentan las siguientes características:

Tabla 1. Características de la muestra

Código	Empresa	Descripción	Entrevistados
A	La Excavadora UM, C.A.	Pequeña empresa dedicada al movimiento tierra	Juan Carlos Urrutia, Director
B	Balchic, C.A.	Pequeña empresa dedicada al movimiento tierra	Giuseppe Suriani, Director
C	Constructora Garival C.A	Mediana empresa de movimiento de tierra	Roberto Smarrelli, Director
D	Arpigra C.A.	Mediana empresa de movimiento de tierra y asfalto	Salvador Di Lodovico, Director
E	Maquivial, C.A.	Mediana empresa de movimiento de tierra y asfalto	Roberto Cavallini, Director
F	Constructora LeoGer C.A	Mediana empresa de movimiento de tierra	Gerardo Dorta, Director

Fuente: elaboración propia

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El presente trabajo concerniente al diseño de una propuesta para una estructura de costos que facilite la gestión y negociaciones de ejecución movimiento de tierra en Venezuela, utiliza como técnicas de recolección de información, las siguientes herramientas:

3.4.1 Revisión documental

La revisión documental es una técnica de recolección de datos, que se utilizó en este trabajo para la obtención de información teórica, en referencia a los principales aspectos del presente trabajo:

- Gestión
- Maquinaria
- Depreciación
- Mantenimiento preventivo y correctivo

Así mismo, esta técnica se utilizó para la obtención de información concerniente a las maquinarias existentes en Venezuela con respecto a los manuales y exigencias del fabricante.

Vale la pena destacar que la revisión documental también consistió en una técnica sumamente útil para la elaboración de la estructura de costos. En función de los históricos de las empresas, conjuntamente con las entrevistas realizadas, se construyó y validó un registro o matriz de datos, donde se especifican los costos fijos y variables de los proyectos de movimiento de tierra en referencias a maquinaria pesada.

3.4.2 Entrevistas

La técnica de entrevista se utilizó para la obtención de información por parte de cada uno de los directores y demás entrevistados de las empresas participantes en la muestra de estudio. La entrevista, de acuerdo con Hernández *et al.* (2006) consiste en una conversación que se lleva a cabo con el propósito de alcanzar objetivos previamente definidos. Específicamente la modalidad se adoptó la modalidad de la entrevista informal, de modo que la información obtenida se encuentra a lo largo del análisis de resultados y en muchos casos, orientó la toma de decisiones con respecto al levantamiento de la información y propuesta de la estructura de costos.

3.4.3 Encuestas

La encuesta se define como una técnica para obtener datos de tipo descriptivo, con respecto a un asunto específico (Alvira, 2004). El instrumento para la aplicación de esta técnica, es el cuestionario, que consiste en un conjunto de preguntas, que se presentan generalmente de forma cerrada. En este caso, el cuestionario diseñado sirvió para la evaluación de las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo de las empresas objeto de la investigación (Ver Anexo A).

3.5 Etapas de la investigación

3.5.1 Descripción la maquinaria pesada existente en el estudio, considerando los requerimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo

En esta etapa, se procedió a describir la maquinaria pesada de las empresas que conformaron la muestra de estudio, delimitado por seis compañías. Se le solicitó a cada uno de los entrevistados, previamente a la realización de la vista en campo, el inventario de maquinaria, que se estructura de la siguiente manera:

Tabla 2. Descripción de la maquinaria

Tipo de maquinaria	Modelo	Serial	Descripción

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en las entrevistas, se solicitó la descripción del mantenimiento llevado a cabo para cada máquina, al igual que, según la experiencia de cada empresa, la depreciación en horas de uso de cada uno de los elementos que conforman los conjuntos descritos a continuación, a fin de alcanzar un consenso de las prácticas llevadas a cabo en la gestión de la maquinaria pesada en las empresas de movimiento de tierra. Las variables consideradas para este propósito son:

- Lubricantes
- Filtros
- Tren de rodaje
- Cauchos
- Mandos finales
- Steering
- Convertidor
- Caja de velocidades
- Motor
- Cámara
- Bomba de inyección
- Consumibles
- Combustible
- Hidráulicos
- Cuello

3.5.2 Definición de las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo de las empresas

Para evaluar las políticas de mantenimiento se aplicó un cuestionario a cada una de las personas encuestadas pertenecientes a la muestra de estudio. El instrumento indaga acerca de la frecuencia en que se realiza el mantenimiento a la maquinaria, tanto preventivo como correctivo, considerando cada una de las variables anteriormente mencionadas.

3.5.3 Determinación de los costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimientos de tierra

Para la determinación de los costos fijos y variables, que conformarán la propuesta de la estructura de costos, se diseñaron tablas de desarme de los equipos en estudio, para luego investigar en el mercado norteamericano los precios de las partes o repuestos de las maquinarias analizadas, seguido por la traducción de estos precios a la tasa vigente del mercado de divisas no oficial presente al momento que se desee hacer el análisis y junto con el consenso de la depreciación de los costos en número de horas.

Todo esto, permitirá proyectar las previsiones económicas suficientes para que a la hora de tomar decisiones con respecto a la compras de repuestos o reparación de los equipos, así como también en referencia a la imputación de la maquinaria en los costos del metro cúbico de tierra de los proyectos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el proceso de recopilación de información para el cumplimiento de los objetivos del presente trabajo, se contemplaron seis empresas del sector construcción, conformadas por La Excavadora UM C.A, Balchic C.A, Arpigra, C.A, Garival C. A, Maquivial C.A y Constructora LeoGer C.A.

Sin ser menos importantes, aun cuando no se pudo obtener la información necesaria, existe el conocimiento de grandes empresas que poseen dentro de su inventario de equipo, máquinas de vieja data como las analizadas en este trabajo, por ejemplo Vialpa S.A, Construcciones Yamaro C.A, Venezolana de Inversiones y Construcciones Clerico C.A (Vinncler C.A), Lobatera C.A, Constructora Columbus C.A, entre otras.

De las entrevistas realizadas a cada gerente de dichas empresas se obtuvo la información correspondiente a la descripción de la maquinaria, políticas de mantenimiento preventivo y correctivo, costos fijos y variables, así como el rendimiento esperado por cada empresa. Además se incluye la descripción de un ciclo típico de movimiento de tierra para identificar las condiciones, funciones y tiempos de operación a los que están expuestas las máquinas.

4.1 Descripción de la maquinaria pesada existente en el mercado venezolano, considerando los requerimientos para el mantenimiento preventivo y correctivo.

La descripción de la maquinaria requerida en la ejecución del ciclo básico del movimiento de tierra, se distribuye en un conjunto de cuatro categorías, según su especificación, modelo, serial y descripción.

Específicamente, por empresa, se obtuvo la siguiente distribución:

Tabla 3. Descripción de la maquinaria de “La Excavadora UM C.A”

Tipo de Maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor de orugas	D9G	66A11236	1969
Tractor de orugas	D9G	66A13197	1973
Tractor de orugas	D9G	66A11509	1972
Tractor de orugas	D9H	90V2997	1976
Mototrailla	631C	67M5872	1975
Mototrailla	631C	67M4152	1972
Mototrailla	631C	67M4162	1972
Mototrailla	631C	67M5823	1976
Mototrailla	631C	67M3630	1971
Mototrailla	631C	67M4496	1973
Mototrailla	631C	67M4444	1973
Mototrailla	631C	67M4542	1973
Mototrailla	631C	67M3820	1972
Mototrailla	631D	24W1055	1978
Mototrailla	631D	24W1137	1978
Mototrailla	631D	24W2944	1979
Mototrailla	631D	24W2883	1978
Compactadora	825B	43N1098	1975

Fuente: La Excavadora UM, C.A (2012)

A continuación se muestra la descripción de la maquinaria de Balchic, C.A, empresa de pequeñas dimensiones en comparación con las empresas de movimiento de tierra contempladas en este trabajo.

Tabla 4. Descripción de la maquinaria de “Balchic, C.A”

Tipo de maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor de Orugas	D9G con Escarificador	66A11344	1970
Tractor de Orugas	D9G sin escarificador	66A11847	1970
Tractor de Orugas	D9H sin escarificador	90V2986	1974
Mototrailla	631C	67M4908	1970
Mototrailla	631C	67M5307	1970
Mototrailla	631C	67M6016	1970
Mototrailla	631C	67M5547	1970
Mototrailla	631D	24W1235	1974
Compactadora	824B		1970
Compactadora	826B		1970

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Con respecto a la maquinaria que utiliza la empresa Maquivial C.A. se especifica a continuación el tipo de máquina, modelo, serial y la descripción en cuanto al año del modelo, en total dicha empresa posee siete tractores de oruga, siete mototraillas y dos compactadoras.

Tabla 5. Descripción de la maquinaria de “Maquivial, C.A”

Tipo de Maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor de orugas	D9G	66A14310	Con escarificador 4 gatos Año 1970
Tractor de orugas	D9G	66A7462	Año 1970
Tractor de orugas	D9G	66A7220	Año 1970
Tractor de orugas	D9H	90V5023	Con escarificador 4 gatos
Tractor de orugas	D9H	90V3257	Con escarificador 4 gatos
Tractor de orugas	D9H	90V2813	Año 1970
Tractor de orugas	D9H	90V2354	Año 1970
Mototrailla	631C	67M4597	Año 1973
Mototrailla	631C	67M3691	Año 1973
Mototrailla	631D	24W1218	Año 1973
Mototrailla	631C	24W1184	Año 1973
Mototrailla	631C	24W1135	Año 1973
Mototrailla	631C	24W1118	Año 1973
Mototrailla	631D	24W0881	Año 1973
Compactadora	824B	13N0603	Año 1970
Compactadora	825B	43N0525	Año 1974

Fuente: Maquivial, C.A (2012)

De la tabla anterior puede apreciarse como las 16 máquinas que posee la empresa Maquivial, C.A son en su mayoría maquinaria con más de 40 años de antigüedad en operaciones. La tabla a continuación muestra la descripción de la maquinaria en este caso para la empresa Garival, C.A, la que está conformada por cuatro tractores de oruga, nueve mototraíllas y dos compactadoras.

Tabla 6. Descripción de la maquinaria de “Constructora Garival, C.A”

Tipo de Maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor de orugas	D9G	66A8472	C/RIPPER 1970
Tractor de orugas	D9G	66A6421	C/RIPPER 1970
Tractor de orugas	D9H	90V9174	C/RIPPER 1974
Tractor de orugas	D9H	90V9145	C/RIPPER 1974
Mototrailla	631D	24W3004	1976
Mototrailla	631D	24W1968	1974
Mototrailla	631D	24W0849	1974
Mototrailla	631D	24W1237	1974
Mototrailla	631D	24W0838	1974
Mototrailla	631D	24W0939	1974
Mototrailla	631D	24W0861	1974
Mototrailla	631D	24W1251	1974
Mototrailla	631D	24W0766	1974
Compactadora	824B	36H0445	1969
Compactadora	825B	43G0445	1974

Fuente: Constructora Garival, C.A (2012)

Tabla 7. Descripción de la maquinaria de “Constructora Arpiga, C.A”

Tipo de Maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor de orugas	D9G	66A12064	
Tractor de orugas	D9G	66A13720	
Tractor de orugas	D9H	90V4330	Con escarificador 4 gatos
Tractor de orugas	D9H	90V5245	Con escarificador 4 gatos
Tractor de orugas	D9H	90V5422	Con escarificador 4 gatos
Mototrailla	631C	67M4582	
Mototrailla	631C	67M5006	
Mototrailla	631C	67M5241	
Mototrailla	631D	24W1043	
Mototrailla	631D	24W1132	
Mototrailla	631D	24W1140	
Mototrailla	631D	24W1186	
Mototrailla	631D	24W1193	
Compactadora	825B	43N1053	
Compactadora	825B	43N1192	
Compactadora	825B	43N1245	

Fuente: Constructora Arpiga, C.A (2012)

Por su parte, Arpigra C.A posee en su lote de maquinarias un total de 5 Tractores de oruga, 8 Mototraíllas y 3 compactadoras.

Tabla 8. Descripción de la maquinaria de “Constructora LeoGer, C.A”

Tipo de Maquinaria	Modelo	Serial	Descripción
Tractor	D8H	46A20937	
Tractor	D8K	75V1158	
Tractor	D8K	77V6820	
Tractor	D8H	46A19853	
Tractor	D9H	90V2081	
Mototrailla	631B	13G4569	
Mototrailla	631B	13G4522	
Mototrailla	631B	13G2210	
Mototrailla	621B	45P3784	
Mototrailla	621B	45P2271	
Mototrailla	621B	45P1714	
Compactadora	824B	36H502	
Compactadora	825B	43N312	
Compactadora	825B	43N1227	

Fuente: Constructora LeoGer, C.A (2012)

En el caso específico de Constructora Leoger C.A, se puede apreciar que el equipo tanto de empuje, como de transporte no coincide con los utilizados por las otras empresas, ya que la estrategia de la misma, es la de utilizar equipos más pequeños que facilitan su transporte entre obras, además de ser maquinas más rápidas. Sin embargo, son equipos que representan la desinversión en el sector ya que los mismos deberían haber sido pasados a retiro debido a que cumplieron con la vida útil propuesta por el fabricante. Del mismo modo, Leoger C.A utiliza criterios de mantenimiento, precios y valores de resguardo que se asemejan a los propuestos por el resto de las empresas.

En síntesis, como puede apreciarse en los resultados anteriormente presentados, los modelos de las maquinarias utilizadas por las empresas de movimiento de tierra participantes en este estudio, constituyen modelos que han cumplido con los tiempos operativos según las especificaciones del fabricante, teniendo más de 40 años de antigüedad.

4.2 Políticas de mantenimiento preventivo y correctivo

Con respecto política a las políticas de mantenimiento, al analizar los elementos que se consideran por parte de las empresas a la hora de implementar las políticas de mantenimiento, se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.1 Mantenimiento preventivo y correctivo de “La Excavadora UM, C.A”

Para el Director de la empresa La Excavadora U.M, C.A, el Ing. Juan Carlos Urrutia, los criterios de mantenimiento preventivo y correctivo para todas las máquinas de la empresa son los siguientes:

4.2.1.1 Mantenimiento rutinario

A continuación se muestra el mantenimiento llevado a cabo por “La Excavadora UM, C.A”, en una base diaria, semanal, cada 250 horas y 500 horas de operación del equipo.

4.2.1.2 Mantenimiento diario:

- Soplado del filtro primario: se deben tener 2 filtros de aire por máquina para hacer un cambio a medio día y otro al finalizar la jornada.
- Soplado de filtro secundario se debe hacer máximo cada tres días.
- Verificación y complemento de lubricantes y refrigerante.
- Engrase de poleas y bomba de agua.

4.2.1.3 Mantenimiento semanal:

- Chequeo de mandos finales.
- Chequeo de rodillos.
- Chequeo de niveles de reductores.
- Engrase general.

4.2.1.4 Mantenimiento cada 250 horas:

- Cambio de aceite de motor y filtros.
- Lavado de máquina, mínimo la colmena del radiador.
- Inspección de correas.
- Engrase general.

4.2.1.5 Mantenimiento cada 500 horas

- Reemplazo filtros de aire.
- Inspección del desgaste de rodillos, ruedas guías, ruedas motrices y orugas.
- Inspección de poleas (profundidad de la correa)
- Cambio de filtro de hidráulico.
- Cambio de filtro mando final.
- Cambio de filtro de caja o transmisión.

El Ingeniero Juan Carlos Urrutia destaca que en el mantenimiento cada 500 horas, si la reposición de aceite no ha sido de considerado, se decide si se cambia el aceite completamente o si se cambia solo parte del mismo.

“Como parte de la rutina y costumbre de mantenimiento, al realizar los cambios de los filtros de transmisión, mandos finales o hidráulicos, se hace una inspección de los elementos filtrados o depositados, de manera de tener noción de no solo el estado del filtro en sí, sino de aquellos elementos que quedaron retenidos y buscar el origen de los mismos. En esta frecuencia o momento de mantenimiento, se debe revisar y limpiar los filtros o trampas magnéticas, utilizando el criterio antes mencionado”.

4.2.1.6 Mantenimiento Eventual

Urrutia destaca que en la empresa “La Excavadora UM, C.A”, posee dentro de sus esquemas de mantenimiento preventivo, lo que ellos denominan mantenimiento eventual:

“Este tipo de mantenimiento que llevamos a cabo adelantándonos a las fallas típicas que podrían desencadenar daños mayores. Por poner un ejemplo está el chequeo de calibración de válvulas, de manera de evitar que, por un desajuste de alguna de ellas, se pueda caer o descabezar con el consiguiente daño del pistón, cámara, etc. Esta revisión la llevamos a cabo, principalmente, en los motores de los 631, 834 y 825, motores con taquetes superiores que tienden a desajustarse con frecuencia, y esto a su vez debido a que los componentes para evitar ese desajuste (resorte y elemento plástico), son de daño frecuente. Esta actividad se lleva a cabo cada 500 horas, tiempo máximo entre chequeos”

El criterio anterior es igualmente aplicado a convertidores y cajas (transmisiones), con la diferencia que estos últimos van dando indicios de su desgaste o falla. Para el caso de convertidores, el aumento de temperatura es determinante, razón suficiente para atacar de inmediato, pudiendo solventarse el problema con un simple reemplazo de un rodamiento o anillo y no en el extremo de daño de impeler, estator, turbina y portador. Caso similar con las cajas, se puede cambiar simplemente unos rodamientos, ejes, engranajes menores, sin llegar a daños mayores en portadores y housings.

Dichos ejemplos están estrechamente relacionados con el mantenimiento rutinario de “La Excavadora UM, C.A”, pero con un factor importante y de gran relevancia, la observación constante sobre cada elemento. De esa observación, del análisis en los filtros que se cambien, nace el mantenimiento preventivo eventual y el éxito del mismo.

4.2.2 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Balchic, C.A”

Como políticas de mantenimiento, Balchic C.A considera el hecho de que la capacidad operativa de una máquina viene dada por el tiempo de uso que se le va a dar durante el desarrollo de un proyecto. Este valor viene dado directamente por el análisis entre las cantidades de tierra desplazada y los rendimientos proyectados que serán traducidos en “Horas maquina”.

En este sentido, la operatividad de las máquinas de Balchic, C.A suele entenderse como los “años continuos de trabajo” y para el análisis la empresa utiliza los siguientes criterios:

- 5 años de trabajo continuo para motores
- 5 años de trabajo continuo para cajas de velocidad
- 5 años de trabajo continuo para cauchos y tren de rodaje
- 5 años de trabajo continuo para mandos finales y transmisiones
- 5 años de trabajo continuo para radiadores
- 2 años de trabajo continuo para cámaras y bombas de inyección
- 2 años de trabajo continuo para cuchillas y consumibles
- 2000 horas para filtros de hidráulico, cajas de velocidad y transmisiones.
- 2000 horas para cambio de aceite hidráulico, cajas de velocidad y transmisiones.
- 500 horas para filtros de combustible
- 250 horas para filtros de aceite de motor
- 250 horas para aceite de motor

Como políticas de Balchic, C.A se destaca que es preferible sacar el mejor provecho del equipo siempre previendo el correcto mantenimiento de sus partes y los cálculos previos para el resguardo de los recursos, de manera tal de no recargar imprevistamente los costos sobre los socios de la empresa, garantizando así un flujo de caja que responda a las necesidades de mantenimiento y reparación la maquinaria.

4.2.3 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Maquivial, C.A”

Las políticas de mantenimiento de la empresa Maquivial, C.A. tal y como destaca Roberto Cavallini están enmarcadas dentro de las políticas que conllevan las otras empresas venezolanas en el sector adaptadas a la antigüedad de la maquinaria y a las sugerida por el fabricante.

4.2.4 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Garival, C.A”

Del mismo modo la empresa Garival, C.A según Roberto Smarrelli, lleva a cabo un mantenimiento diario a las quince máquinas que posee su infraestructura de producción, sin embargo en comparación con otras empresas “Garival, C.A” podría catalogarse como una política mínima de mantenimiento.

4.2.5 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Arpigra C.A”

Salvador Di Lodovico comenta que a la hora de hacer el mantenimiento de sus equipos, suelen guiarse por las especificaciones originales del fabricante, adaptadas a la experiencia obtenida con los años por quienes se encargan del mantenimiento. Como comentario adicional, insiste en la parada programada de una maquina en específico para proceder a su revisión completa y posterior reconstrucción.

4.2.6 Mantenimiento preventivo y correctivo de “Constructora LeoGer C.A”

Según su director, Gerardo Dorta, el mantenimiento es vital, por lo que sus intervalos de mantenimiento son distintos a los propuestos por otras empresas aquí descritas, haciendo que los tiempos entre las distintas actividades de mantenimiento sean inferiores a los aplicados por otros. Esto trae un costo adicional en cuanto al consumo de filtros y lubricantes, sin embargo garantiza una mayor durabilidad de los distintos componentes.

4.3 Costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimientos de tierra.

Dentro de los costos variables de cada una de estas empresas y de acuerdo a lo expresado por cada uno de los gerentes entrevistados se tiene que las dimensiones para contemplar este tipo de costos vienen dadas por la dimensión del proyecto, su duración y el personal involucrado.

4.3.1 Costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de la empresa “La Excavadora UM, C.A”

La Excavadora UM, C.A” considerada como una empresa grande en el sector de construcción, con alrededor de 38 maquinarias, en lo que refiere a los costos fijos comprendidos por alquiler de oficina, servicios como teléfono, internet, agua, electricidad y salarios. Para esta empresa dentro de los costos fijos los salarios de mano de obra directa e indirecta y beneficios laborales son el rubro con mayor peso dentro de este apartado.

Como costos variables se encuentra el mantenimiento de la maquinaria y en comparación con los costos fijos posee un gran peso sobre la producción de dicha empresa.

4.3.2 Costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de la empresa “Maquivial C.A”, “Balchic C.A”, “Garival C.A”, “Arpigra C.A”, “LeoGer C.A”

Al pertenecer a empresas de la misma actividad económica, se solidarizan con lo comentado por el ingeniero Urrutia en la clasificación de sus costos fijos y variables a la hora de asumir los retos necesarios para la ejecución de una obra de movimiento de tierra. Sin embargo hay empresas que aportan mayores o menores porcentajes según su experiencia y criterio.

A continuación se presenta un ejercicio realizado por una de estas empresas.

4.3.3 Costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de la empresa “Balchic, C.A”

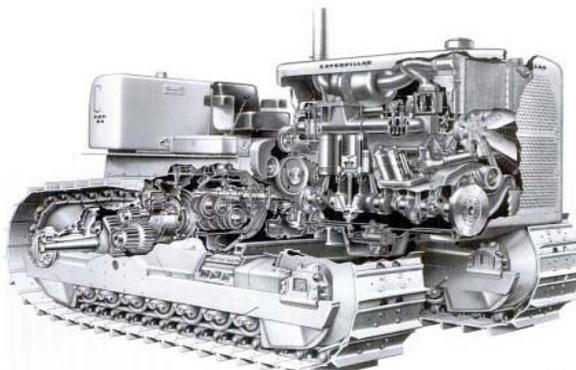
Los costos fijos para Balchic, C.A no son tan representativo en cuanto a los costos totales, son los costos variables los que presentan mayor importancia. A continuación se muestra la estructura de costos del mantenimiento de cada máquina en términos de BsF/h en la empresa Balchic, C.A, para cada uno de los elementos que conforman el mantenimiento del equipo, es decir las variables presentadas en el marco metodológico. El análisis se realizó para un caso en particular correspondiente a un proyecto de grandes dimensiones (de acuerdo a los criterios de la empresa) donde es desplazado un volumen de tierra de 350.000 m³, contemplada para 5 meses aproximadamente.

Se presentará entonces el análisis en BsF/hora de cada elemento sobre el mantenimiento del tractor de oruga, la mototrailla y la compactadora. Es así como en primer lugar se muestran los consumibles y repuestos del tractor D9G con Escarificador, donde se especifica la descripción de cada uno, horas de trabajo, Bs/litros consumidos y el costo por hora de cómo se deprecia cada activo.

4.4 Tractor D9G con Escarificador

Las variables que componen el mantenimiento de un tractor de orugas vienen dadas por el aceite de consumo diario, aceite de mantenimiento, filtros, tren de rodaje, mandos finales, caja, convertidor, motor, consumibles, bomba de inyección, steering, combustible e hidráulicos. Se especificaran entonces los elementos que a su vez compone cada una de estas variables mencionadas en términos de horas de duración, costo total y costo por hora.

Figura 15. Tractor de Oruga



Fuente: The Caterpillar Century, Eric C. Orlemann. MBI Publishing Company 2007

Tabla 9. Aceite de consumo diario para un tractor D9G

Cantidad (LTS.)	Código	Descripción	Horas	P. U. (BsF/LTS.)	Total (BsF)	Costo (BsF/HORA)
19,5	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV	12	9,25	180,44	15,04
9,75	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	12	7,78	75,81	6,32
TOTAL COSTO POR HORA						21,35

TOTAL COSTO POR HORA	21,35
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De la tabla anterior puede observarse como el aceite de consumo diario para un tractor de este tipo representa 21,35 BsF por hora de trabajo. Tanto para el consumo diario, como para el mantenimiento, se requiere del uso de aceite Maxi diesel 50 PDV para motor, aceite Hidráulico 68 PDV para sistema hidráulico, aceite Maxi diesel 50 PDV para caja, Mandos Finales aceite 90 PDV y un tambor de grasa PDV.

Tabla 10. Aceite de mantenimiento para un tractor D9G

Cantidad (Lts)	Código	Descripción	Horas	P. U. (BsF/lts.)	Total (BsF)	Costo (BsF/hora)
60	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV - Motor	250	9,25	555,20	2,22
160	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	2500	7,78	1.244,03	0,50
180	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV - Caja	2000	9,25	1.665,59	0,83
100	N/A	Tambor Aceite para Mando Final 90 PDV	2500	10,19	1.018,65	0,41
15	N/A	Tambor de Grasa PDV	48	11,73	175,97	3,67
TOTAL COSTO POR HORA						7,62

TOTAL COSTO POR HORA	7,62
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Del desglose de costos por horas del aceite de mantenimiento para un tractor D9G, se puede observar que representa 7,62 bs por hora de operación del tractor.

Con respecto al mantenimiento de los filtros de un tractor D9G, se especifican a continuación las cantidades, código de producto y tipo de filtro que debe ser cambiado cada, 250, 500, 2000 y 2500 horas. De igual manera se muestra una tabla con cada elemento de los mandos finales del tractor y su depreciación en horas de uso.

Tabla 11. Filtros para un tractor D9G

Cantidad (und)	Código	Descripción	Horas	P. U. (BsF/uni)	Total (BsF)	Costo (BsF/hora)
2	1R0721 / P550485	Engine Oil 824B, 825B, 826B, D9G, 631C.	250	132,36	264,72	1,06
2	1R0750 / 1R0711	Fuel 824B, 825B, 826B, D9G, D9H, 631C	500	172,16	344,33	0,69
2	1R0741 / 1R0720	Transmission Oil 824B, 825B, 826B, D9G, D9H.	2000	166,39	332,77	0,17
2	1R0741	Hydraulic Oil 824B, 825B, 826B, D9G, D9H	2500	166,39	332,77	0,13
3	7W5313	Air Filter (Primario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	859,10	2.577,31	1,29
3	1P8482	Air Filter (Secundario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	834,49	2.503,48	1,25
2	1R0729	Filtro Mando Final	2500	214,43	428,86	0,17
					TOTAL COSTO POR HORA	4,76

TOTAL COSTO POR HORA	4,76
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 12. Mantenimiento de los mandos finales un tractor D9G

Cantidad (unidades)	Código	Descripción	Horas	P. U. (BsF/uni.)	Total (BsF)	Costo (BsF/hora)
2	2M6984	DRUM	12000	25.391,85	50.783,70	4,23
2	9F8073	RACE	12000	850,97	1.701,94	0,14
2	9F8072	ROLLER A	12000	2.639,48	5.278,95	0,44
2	2M8838	RACE	12000	597,92	1.195,83	0,10
2	1M3041	ROLLER A	12000	1.736,08	3.472,15	0,29
2	2M5589	PINION	12000	8.788,55	17.577,10	1,46
12	2M4550	PLATE	12000	1.056,41	12.676,93	1,06
6	9M5895	ROLLER G	12000	3.629,23	21.775,36	1,81
40	2M4454	PLATE	12000	215,82	8.632,76	0,72
2	2M1131	ROLLER A	12000	7.909,98	15.819,95	1,32
2	2M1148	RACE	12000	7.033,00	14.066,01	1,17
2	6P2267	SHAFT	12000	34.875,90	69.751,80	5,81
2	2M1131	ROLLER A	12000	7.909,98	15.819,95	1,32
2	2M1149	RACE	12000	6.679,48	13.358,95	1,11
2	5P2525	CUP	12000	2.104,48	4.208,95	0,35
2	5P2523	CONE	12000	2.856,04	5.712,09	0,48
2	5F2465	CUP	12000	1.547,76	3.095,51	0,26
2	7M5334	CONE	12000	3.235,57	6.471,15	0,54
2	1326598	SPL CUP	12000	937,53	1.875,07	0,16
2	1326597	SPL CONE	12000	2.129,84	4.259,67	0,35
2	2M1156	ROLLER A	12000	1.984,42	3.968,84	0,33

Cantidad (unidades)	Código	Descripción	Horas	P. U. (BsF/uni.)	Total (BsF)	Costo (BsF/hora)
2	2M1157	RACE	12000	2.107,47	4.214,94	0,35
2	7S6104	GEAR	12000	22.734,18	45.468,37	3,79
4	9G5321	SEAL G	12000	2.520,92	10.083,68	0,84
TOTAL COSTO POR HORA					28,44	

TOTAL COSTO POR HORA	28,44
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De las tablas anteriores se puede afirmar que el costo total que representan los filtros de un tractor de este tipo alcanzan los 4,76 BsF por horas de operación, mientras que los costos asociados con el mantenimiento de los mandos finales representan 28,44 BsF por hora de operación del equipo.

El mantenimiento del tren de rodaje de un tractor D9G comprende el remplazo de cadenas, tejas, tornillos de tejas, tuercas tornillos tejas, segmentos, tornillos segmentos, tuercas tornillos segmentos, patines delanteros, entre otros elementos que son especificados con tiempo en uso, costo total y costo por hora.

Tabla 13. Mantenimiento del tren de rodaje de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	2P9443	CADENAS	12000	55.040,00	110.080,00	9,17
78	3T8559	TEJAS	10000	1.524,11	118.880,42	11,89
304	2M5657	TORNILLOS TEJAS	10000	52,22	15.873,66	1,59
304	1S6421	TUERCAS TORNILLOS TEJAS	10000	22,79	6.928,46	0,69
18	6T6781	SEGMENTOS	8000	1.365,11	24.571,91	3,07
54	5P0233	TORNILLOS SEGMENTOS	8000	49,22	2.657,88	0,33
54	2M5656	TUERCAS TORNILLOS SEGMENTOS	8000	29,64	1.600,51	0,20
6	9M6744	PATINES DELANTEROS	12000	1.882,88	11.297,27	0,94
24	1D4626	TORNILLOS PATINES DELANTEROS	12000	47,08	1.129,92	0,09
2	7S7975	PATINES MANDO FINAL	12000	7.491,18	14.982,35	1,25
12	1D4625	TORNILLOS PATINES MANDO FINAL	12000	37,66	451,97	0,04
8	8P5604	RODILLOS DOBLES	8000	11.164,59	89.316,75	11,16
10	8P5605	RODILLOS SENCILLOS	8000	10.814,38	108.143,83	13,52
72	1D4640	TORNILLOS RODILLOS	8000	94,48	6.802,63	0,85
2	5S1532	RUEDA LOCA	8000	26.163,11	52.326,21	6,54
24	3B2968	TORNILLOS RUEDA LOCA	8000	44,19	1.060,58	0,13
TOTAL COSTO POR HORA					61,47	

TOTAL COSTO POR HORA	61,47
----------------------	-------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

El mantenimiento del tren de rodaje comprende en costo de bolívares fuertes por hora un total que alcanza a los 61,47 BsF/hr. Se presenta a continuación el caso del mantenimiento de la caja, especificando cada una de sus partes.

Tabla 14. Mantenimiento de la caja de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
3	2S6442	RING	9500	731,88	2.195,64	0,23
3	6P8263	RING	9500	1.015,00	3.045,01	0,32
3	9H5233	PISTON	9500	9.279,90	27.839,69	2,93
5	2S6443	RING	9500	632,80	3.163,99	0,33
5	6P8258	SEAL O RING	9500	596,85	2.984,23	0,31
5	9P2946	RING-SEAL	9500	854,82	4.274,12	0,45
3	1M4167	SHAFT	9500	1.198,19	3.594,56	0,38
1	3S1261	SHAFT	9500	31.669,43	31.669,43	3,33
1	5M3999	SHAFT	9500	26.082,43	26.082,43	2,75
1	1M4153	CARRIER	9500	43.824,42	43.824,42	4,61
42	8E8307	DISC	9500	63,77	2.678,42	0,28
1	8S0558	RING	9500	759,27	759,27	0,08
1	1S5560	RING	9500	1.099,21	1.099,21	0,12
1	6P8262	RING	9500	1.119,11	1.119,11	0,12
1	8S0557	RING	9500	709,84	709,84	0,07
1	6P8261	RING	9500	1.260,25	1.260,25	0,13
1	7M8395	PISTON	9500	12.055,37	12.055,37	1,27
1	1M4155	GEAR	9500	10.564,22	10.564,22	1,11
8	5S7830	DISC A	9500	2.069,17	16.553,33	1,74
3	7M1161	PLATE	9500	198,27	594,81	0,06
1	1M4156	GEAR	9500	8.198,88	8.198,88	0,86
42	4M3915	BEARING A	9500	126,37	5.307,41	0,56
1	4M8967	GEAR	9500	5.977,98	5.977,98	0,63
1	1M4093	RING	9500	60,89	60,89	0,01
3	9P6594	GEAR PLANET	9500	2.466,03	7.398,09	0,78
3	2F6869	PIN	9500	42,80	128,40	0,01
3	3P9394	SHAFT	9500	1.198,19	3.594,56	0,38
6	8E7455	GEAR	9500	3.756,88	22.541,26	2,37
1	5M3996	GEAR	9500	14.943,73	14.943,73	1,57
1	7M1185	HOUSING A	9500	19.345,28	19.345,28	2,04

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	7M1184	HOUSING A	9500	21.557,50	21.557,50	2,27
3	3P1687	PLATE-CLUTCH	9500	3.232,79	9.698,37	1,02
4	8M5070	DISC	9500	2.396,48	9.585,92	1,01
1	8P5849	PLATE A	9500	4.756,58	4.756,58	0,50
1	8S3487	GEAR A	9500	20.547,00	20.547,00	2,16
1	9P6592	GEAR PLANET	9500	2.090,03	2.090,03	0,22
1	7M5756	GEAR	9500	11.702,27	11.702,27	1,23
3	6T4481	SHAFT	9500	1.254,79	3.764,37	0,40
1	7H7628	BEARING A	9500	1.048,49	1.048,49	0,11
2	4M5858	BEARING A	9500	2.747,97	5.495,95	0,58
1	5M0549	GEAR	9500	2.705,39	2.705,39	0,28
1	1M4095	BEARING A	9500	888,74	888,74	0,09
1	5M4427	GEAR	9500	7.092,71	7.092,71	0,75
3	5M3947	SHAFT	9500	1.317,71	3.953,12	0,42
4	5S7830	DISC A	9500	2.069,17	8.276,66	0,87
8	3P1686	PLATE-CLUTCH	9500	3.896,41	31.171,24	3,28
36	9H5537	SPRING	9500	50,50	1.818,14	0,19
1	8P5761	PINION	9500	34.564,53	34.564,53	3,64
2	9H5322	RACE	9500	865,52	1.731,05	0,18
2	9S5279	RACE & RLR A	9500	1.116,22	2.232,45	0,23
1	2M9639	GEAR	9500	10.769,02	10.769,02	1,13
1	1M4169	RING-SEAL	9500	136,96	136,96	0,01
1	6H6043	RING	9500	138,03	138,03	0,01
1	1M4343	RING	9500	34,78	34,78	0,00
1	5H1901	ROLLER A	9500	590,32	590,32	0,06
1	3B8845	ROLLER A	9500	1.450,06	1.450,06	0,15
1	3F5750	RACE	9500	915,28	915,28	0,10
1	2M8888	GEAR	9500	13.444,34	13.444,34	1,42
1	3P4002	PUMP G	9500	19.534,67	19.534,67	2,06
TOTAL COSTO POR HORA					54,24	

TOTAL COSTO POR HORA	54,24
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

El mantenimiento de la caja representa 54,24 BsF sobre cada hora de operación del equipo. Se muestran en las tablas siguiente las especificaciones para el mantenimiento del convertidor, motor, consumibles, bomba de inyección, steering, combustibles e hidráulicos.

De la misma manera se detalla la cantidad por elemento involucrado en cada una de estas rutinas de mantenimiento, código del elemento, descripción, horas de duración o cambio del elemento, costo por unidad, costo total y finalmente la última columna detalla el costo por hora de operación del equipo que representa ese elemento.

Tabla 15. Mantenimiento del convertidor de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	1S8754	JOINT A	4500	10444,484	10.444,48	2,32
1	3S9919	SHAFT A	4500	1491,4516	1.491,45	0,33
1	1M4120	RACE	4500	341,009	341,01	0,08
1	5M7966	SLEEVE	4500	752,531	752,53	0,17
1	1M3937	RING-SEAL	4500	61,204	61,20	0,01
1	5M8007	GEAR	4500	6994,697	6.994,70	1,55
1	5M7990	GEAR	4500	9285,353	9.285,35	2,06
1	5M7953	CARRIER A	4500	19938,915	19.938,92	4,43
1	2K5254	ROLLER A	4500	563,676	563,68	0,13
1	2K5253	RACE	4500	265,895	265,90	0,06
3	5M7955	SHAFT A	4500	1469,324	4.407,97	0,98
3	5M2051	BEARING A	4500	144,022	432,07	0,10
3	7G2492	GEAR PLANET	4500	1904,707	5.714,12	1,27
1	2S7917	GEAR	4500	2393,59	2.393,59	0,53
1	7S7400	PUMP G	4500	27400,988	27.400,99	6,09
1	1M2651	GASKET	4500	45,796	45,80	0,01
1	4H9026	GASKET	4500	312,226	312,23	0,07
1	8M5248	SEAL O RIN	4500	34,24	34,24	0,01
1	4M5943	GASKET	4500	23,754	23,75	0,01
1	1T1389	CARRIER	4500	3420,79	3.420,79	0,76
1	1T0595	CARRIER	4500	5617,072	5.617,07	1,25
1	1T0233	RING-SEAL	4500	98,119	98,12	0,02
1	3S1404	RACE & RLR A	4500	908,109	908,11	0,20
1	2K5065	CONE	4500	1089,688	1.089,69	0,24
1	1T0589	CUP	4500	651,844	651,84	0,14
1	1T1399	IMPELLER	4500	31571,099	31.571,10	7,02
1	1T0221	WHEEL	4500	27233,105	27.233,11	6,05
1	1T1562	WHEEL A	4500	13876,509	13.876,51	3,08
1	1T0610	BEARING A	4500	3761,478	3.761,48	0,84
2	1T0278	BEARING A	4500	367,224	734,45	0,16
1	1T0224	CARRIER	4500	1433,051	1.433,05	0,32
1	1T0237	FLANGE A	4500	8722,105	8.722,11	1,94

TOTAL COSTO POR HORA	42,23
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De la tabla anterior se observa como el mantenimiento del convertidor de un tractor D9G abarca 42,23 BsF por horas de operación.

Tabla 16. Mantenimiento del motor de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	4N6625/6N0973	RADIATOR GROUP	12000	69.991,70	69.991,70	5,83
1	1125041	ALTERNATOR G	9500	10.986,76	10.986,76	1,16
1	2P2800	CRANKSHAFT	9500	145.069,32	145.069,32	15,27
1	1N4319	BEARING	9500	1.758,12	1.758,12	0,19
4	1N4320	BEARING	9500	1.652,08	6.608,32	0,70
1	1N4321	BEARING	9500	1.882,77	1.882,77	0,20
1	1N4332	BEARING	9500	3.202,83	3.202,83	0,34
1	1N4322	BEARING	9500	1.790,86	1.790,86	0,19
4	1N4323	BEARING	9500	1.677,65	6.710,61	0,71
1	1N4324	BEARING	9500	1.923,75	1.923,75	0,20
1	1N4333	BEARING	9500	3.261,68	3.261,68	0,34
6	1N4336	BEARING	9500	1.063,26	6.379,55	0,67
6	1N4337	BEARING	9500	1.076,42	6.458,52	0,68
6	1N4338	BEARING	9500	1.089,37	6.536,20	0,69
6	9S8492	ROD A	9500	12.719,73	76.318,39	8,03
6	8N2275	BEARING-SLV	9500	485,14	2.910,83	0,31
6	7N9810	PIN	9500	972,84	5.837,06	0,61
6	3S4059	RING	9500	446,83	2.680,99	0,28
6	9S7507	RING-PISTON	9500	446,83	2.680,99	0,28
6	8N9174	LINER, CYL	9500	2.775,37	16.652,20	1,75
18	6L7815	SEAL-O-RING	9500	66,13	1.190,27	0,13
1	2P4664	TURBO G	9500	34.156,01	34.156,01	3,60
1	7M8265	MANIFOLD	9500	11.008,59	11.008,59	1,16
1	2P8624	VEE BELT SET	9500	1.671,55	1.671,55	0,18
TOTAL COSTO POR HORA						43,48

TOTAL COSTO POR HORA	43,48
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 17. Consumibles de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
3	7J2980	CUCHILLA	3000	5.086,25	15.258,74	5,09
1	3G8281	ESQUINERO	4000	6.064,76	6.064,76	1,52
1	3G8282	ESQUINERO	4000	6.064,76	6.064,76	1,52
35	8J2928	TORNILLO	1500	55,43	1.939,91	1,29
35	2J3507	TUERCA	1500	24,61	861,35	0,57
TOTAL COSTO POR HORA						9,99

TOTAL COSTO POR HORA	9,99
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 18. Mantenimiento de la bomba de inyección de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
6	2S7264	9500	3299,987	19.799,92	2,08
6	2M8663	9500	11,235	67,41	0,01
6	2M4453	9500	9,844	59,06	0,01
6	5H4488	9500	1205,997	7.235,98	0,76
6	3S1252	9500	111,387	668,32	0,07
1	5H4477	9500	516,81	516,81	0,05
1	7M7420	9500	13441,34	13.441,34	1,41
6	7S1059	9500	0	0,00	0,00
6	6F1069	9500	31,672	190,03	0,02
6	5B3718	9500	20,33	121,98	0,01
TOTAL COSTO POR HORA					4,43

TOTAL COSTO POR HORA	4,43
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 19. Mantenimiento del steering de un tractor D9G

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	1B6573	CUP	12000	907,79	907,79	0,08
1	1B6572	CONE	12000	1.692,21	1.692,21	0,14
1	4M1666	GEAR	12000	29.335,23	29.335,23	2,44
1	6B3223	CUP	12000	330,31	330,31	0,03
1	2M8714	CONE	12000	553,08	553,08	0,05
15	2M8912	DISC	12000	1.017,25	15.258,74	1,27
16	2M8911	DISC A	12000	1.724,41	27.590,59	2,30
1	2M8762	DRUM	12000	30.002,59	30.002,59	2,50
8	2M6911	SPRING	12000	513,71	4.109,66	0,34
8	2M6910	SPRING	12000	1.001,63	8.013,02	0,67
8	1B7709	CAPSCREW	12000	60,88	487,06	0,04
2	8E9116	LINING GP	12000	5.062,60	10.125,20	0,84
TOTAL COSTO POR HORA						10,70

TOTAL COSTO POR HORA	10,70
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 20. Combustible de un tractor D9G

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
400	D-01	DIESEL	12	0,5	200,00	16,67
TOTAL COSTO POR HORA						16,67

TOTAL COSTO POR HORA	16,67
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 21. Hidráulicos de un tractor D9G

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	H-01	GATOS Y SELLOS	5000	32.046,50	32.046,50	6,41
TOTAL COSTO POR HORA						6,41

TOTAL COSTO POR HORA	6,41
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

En conclusión con respecto al mantenimiento del tractor D9G se presenta la tabla resumen a continuación, dicha tabla muestra el costo en BsF por hora de operación de cada uno de los elementos y su peso en porcentaje con respecto al mantenimiento en general de este equipo.

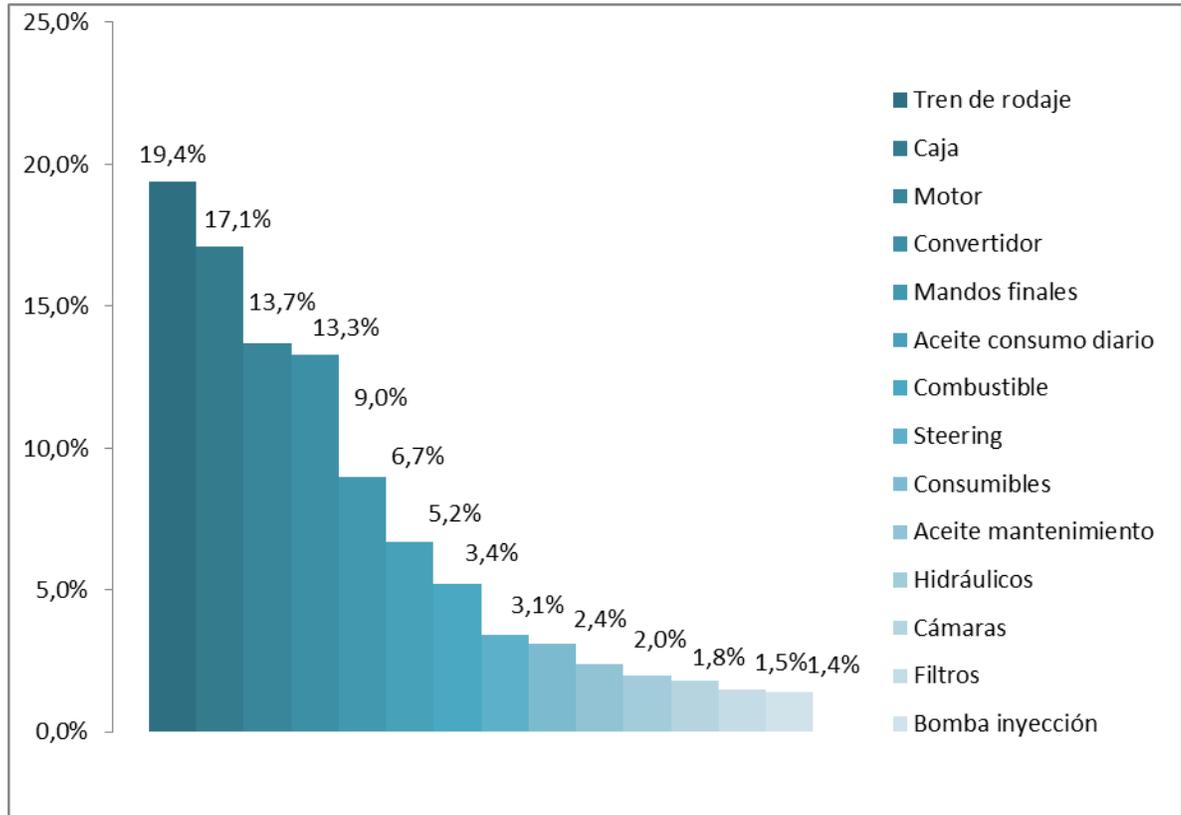
Tabla 22. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de un tractor D9G

Componente	BsF/h	Porcentaje
Tren de rodaje	61,47	19,40%
Caja	54,24	17,10%
Motor	43,48	13,70%
Convertidor	42,23	13,30%
Mandos finales	28,44	9,00%
Aceite consumo diario	21,35	6,70%
Combustible	16,67	5,20%
Steering	10,7	3,40%
Consumibles	9,99	3,10%
Aceite mantenimiento	7,62	2,40%
Hidráulicos	6,41	2,00%
Cámaras	5,8	1,80%
Filtros	4,76	1,50%
Bomba inyección	4,43	1,40%
Total	317,59	100,00%

Fuente: Elaboración propia

El costo total por hora en mantenimiento que conlleva el mantenimiento de un tractor D9G es de 317,59 BsF por hora de operación del equipo. El siguiente gráfico refleja la proporción del peso en porcentaje que representa cada elemento con respecto al total del mantenimiento.

Gráfico 1. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G



Fuente: elaboración propia

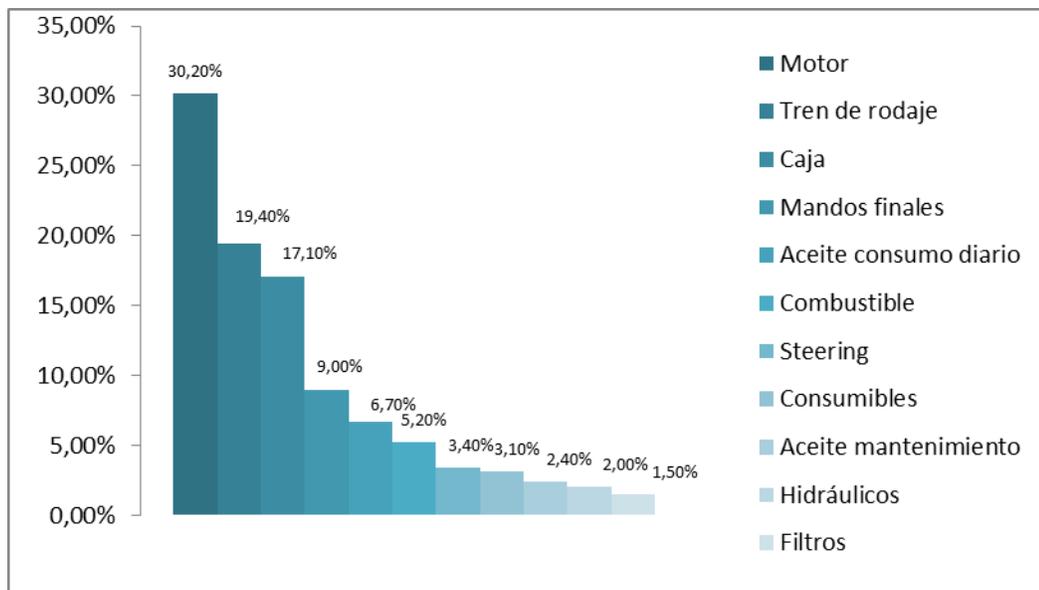
Del gráfico y figura anterior puede afirmarse que el tren de rodaje con un 19,4% del costo total de mantenimiento de un tractor D9G que se traduce en 61,47BsF/h, representa a el conjunto de elementos que mayor porcentaje se llevaría del costo total, sin embargo, esto no es del todo correcto ya que en el caso específico del motor, el análisis se realizó considerando cada uno de sus elementos por separado, por lo que se presenta el siguiente grafico Y tabla corregidos.

Tabla 23. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de un tractor D9G (corrección motor)

Componente	Porcentaje
Motor	30,20%
Tren de rodaje	19,40%
Caja	17,10%
Mandos finales	9,00%
Aceite consumo diario	6,70%
Combustible	5,20%
Steering	3,40%
Consumibles	3,10%
Aceite mantenimiento	2,40%
Hidráulicos	2,00%
Filtros	1,50%
Total	100,00%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 2. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G (corrección motor)



Fuente: elaboración propia

De la tabla y gráfico anterior, se puede concluir que el motor y su conjunto de elementos que los conforman (motor, cámaras, bomba de inyección y convertidor) es el grupo de elementos que representarían el mayor costo de mantenimiento.

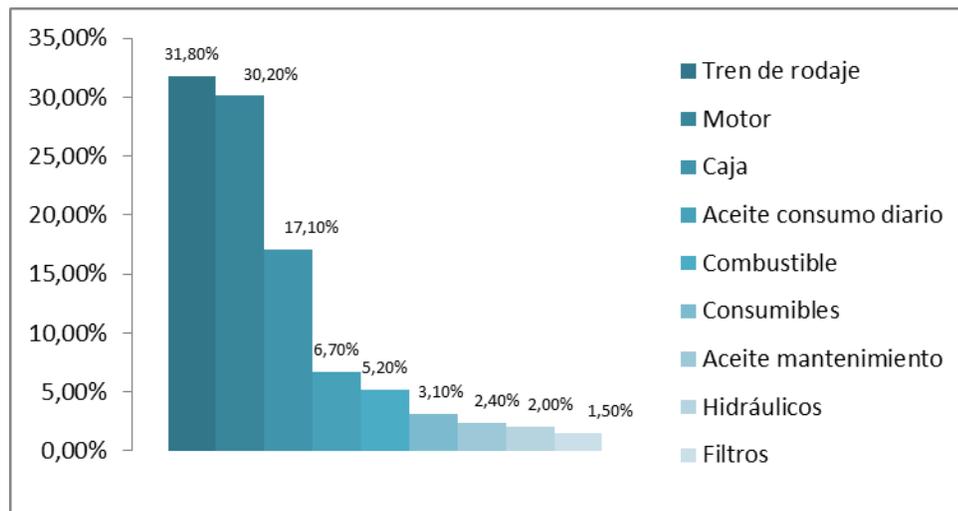
Sin embargo la experiencia nos indica que todavía se debe hacer una tercera corrección al análisis, ya que el tren de rodaje es el grupo de elementos que equivalen al mayor costo de operación de un Tractor D9G, dicha afirmación se demuestra en la tabla y grafico siguientes.

Tabla 24. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de un tractor D9G (corrección tren de rodaje)

Componente	Porcentaje
Tren de rodaje	31,80%
Motor	30,20%
Caja	17,10%
Aceite consumo diario	6,70%
Combustible	5,20%
Consumibles	3,10%
Aceite mantenimiento	2,40%
Hidráulicos	2,00%
Filtros	1,50%
Total	100,00%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 3. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G (Corrección motor y tren de rodaje)



Fuente: elaboración propia

Para la corrección del análisis se sumó en un mismo conjunto los elementos que conforman al tren de rodaje que son orugas, mandos finales y steering.

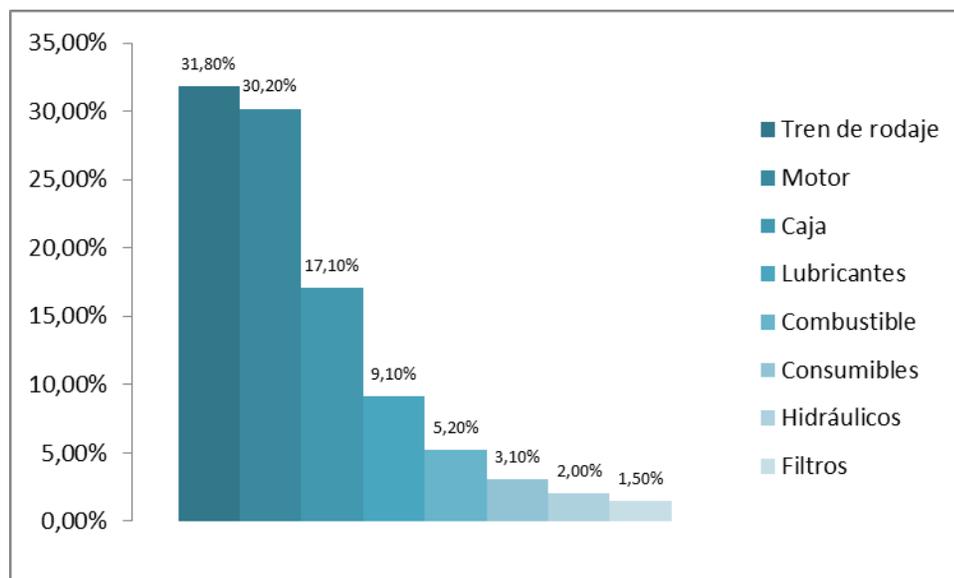
Para facilitar el análisis y la repartición de recursos al momento de labores administrativas se va a realizar una última corrección en donde se agruparan en un solo conjunto los valores de aceite de consumo diario y aceite de mantenimiento.

Tabla 25. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de un tractor D9G (corrección lubricantes)

Componente	Porcentaje
Tren de rodaje	31,80%
Motor	30,20%
Caja	17,10%
Lubricantes	9,10%
Combustible	5,20%
Consumibles	3,10%
Hidráulicos	2,00%
Filtros	1,50%
Total	100,00%

Fuente: elaboración propia

Gráfico 4. Elementos del mantenimiento de un tractor D9G (Corrección motor, tren de rodaje y lubricantes)



Fuente: elaboración propia

Finalmente se puede observar, tal y como se comentaba en el párrafo anterior, que el tren de rodaje representa el 31,80 % lo que significa que es el conjunto de elementos que requieren de mayor inyección de recursos del costo total de mantenimiento, seguido del motor con un 30,20 %.

4.5 Mototralla 631D

Las variables que componen el mantenimiento de una mototralla 631D vienen dadas por el aceite de consumo diario, aceite de mantenimiento, filtros, motor, cámaras, bombas de inyección, consumibles, combustible, convertidor, caja de velocidades, transmisión, mandos finales, steering, hidráulicos y cauchos.

Todos estos especificados de la misma manera en que se realizó para el tractor en la siguiente tabla, detallando la descripción de los componentes en cada uno.

Tabla 26. Aceite de consumo diario para una mototralla 631D

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/LTS.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
19,5	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV	12	9,25	180,44	15,04
9,75	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	12	7,78	75,81	6,32
TOTAL COSTO POR HORA						21,35

TOTAL COSTO POR HORA	21,35
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De la tabla anterior puede observarse como el aceite de consumo diario para una mototralla de este tipo, representa 21,35BsF por hora de trabajo. A su vez, el aceite de mantenimiento, abarca la colocación de aceite Maxi diesel 50 PDV para motor, aceite Hidráulico 68 PDV para sistema hidráulico, aceite Maxi diesel 50 PDV para caja, para Mandos Finales 90 PDV y Tambor de Grasa PDV.

Tabla 27. Aceite de mantenimiento para una mototralla 631D

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/LTS.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
60	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV – Motor	250	9,25	555,20	2,22
160	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	2500	7,78	1.244,03	0,50
180	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV – Caja	2000	9,25	1.665,59	0,83
100	N/A	Tambor Aceite para Mando Final 90 PDV	2500	10,19	1.018,65	0,41
15	N/A	Tambor de Grasa PDV	48	11,73	175,97	3,67
TOTAL COSTO POR HORA						7,62

TOTAL COSTO POR HORA	7,62
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Del desglose de costos por horas del aceite de mantenimiento para una mototralla 631D, se puede observar que representa 7,62 BsF por hora de operación de la mototralla.

Con respecto al mantenimiento de los filtros de una mototralla 631D, se especifican a continuación las cantidades, código de producto y tipo de filtro que debe ser cambiado cada, 250, 500, 2000 y 2500 horas. De igual manera se muestra una tabla con cada elemento de los mandos finales de la mototralla.

Tabla 28. Filtros para una mototralla 631D

CANTIDAD (UND)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	1R0716 / P554005	Engine Oil D9H, 631D.	250	255,41	510,82	2,04
2	1R0749 / 1R0712	Fuel 631D	500	209,51	419,01	0,84
2	1R0719	Transmission Oil 631C, 631D.	2000	222,63	445,26	0,22
2	5P3092	Hydraulic Oil 631C, 631D.	2500	69,44	138,89	0,06
2	1R0728	Hydraulic Oil 631C, 631D (Suspension)	2500	176,55	353,10	0,14
3	7W5313	Air Filter (Primario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	859,10	2.577,31	1,29
3	1P8482	Air Filter (Secundario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	834,49	2.503,48	1,25
TOTAL COSTO POR HORA						5,84

TOTAL COSTO POR HORA	5,84
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 29. Mantenimiento del motor de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	4N6731	RADIATOR GROUP	9500	50164,81	50.164,81	5,28
1	4N0801	BLOQUE	9500	194962,77	194.962,77	20,52
1	4N9442	CIGUENAL (STD, 0.25, 0.50)	9500	107138,14	107.138,14	11,28
1	4N8734	BOMBA DE ACEITE	9500	14632,143	14.632,14	1,54
5	6N8743	CONCHAS DE BANCADA (STD)	9500	499,476	2.497,38	0,26
8	6N7436	CONCHAS DE BIELA	9500	291,147	2.329,18	0,25
8	6N4166	CONCHAS DE BIELA (0.025)	9500	300,349	2.402,79	0,25
8	6N4167	CONCHAS DE BIELA (0.050)	9500	301,205	2.409,64	0,25
8	4N0390	BIELA	9500	4688,419	37.507,35	3,95
8	8L3440	BOCINA DE BIELA	9500	302,596	2.420,77	0,25
8	6N4127	PISTON	9500	2896,597	23.172,78	2,44
8	4N5692	ANILLO	9500	340,474	2.723,79	0,29

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
8	2P2817	ANILLO	9500	340,474	2.723,79	0,29
8	3N0603	ANILLO	9500	340,474	2.723,79	0,29
8	8L3443	PASADOR	9500	526,119	4.208,95	0,44
8	4N1627	CAMISA	9500	1384,58	11.076,64	1,17
24	2N6210	SELLO CAMISA	9500	99,296	2.383,10	0,25
2	4N2154	MULTIPLE DE ESCAPE	9500	2797,515	5.595,03	0,59
1	4N8882	TURBO	9500	28212,904	28.212,90	2,97
1	4N7498	BOMBA DE AGUA	9500	17358,824	17.358,82	1,83
1	6N9677	MOTOR DE ARRANQUE	9500	15885,648	15.885,65	1,67
1	4N2185	ALTERNADOR	9500	10986,76	10.986,76	1,16
1	5P6249	JUEGO DE EMPACADURAS	9500	29355,129	29.355,13	3,09
1	9L6639	CORREA ALTERNADOR	9500	287,937	287,94	0,03
1	0	JUEGO DE CORREAS	9500	0	0,00	0,00
TOTAL COSTO POR HORA						60,33

TOTAL COSTO POR HORA	60,33
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 30. Mantenimiento de las cámaras de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	6N9979	BLOQUE	4500	29355,129	58.710,26	13,05
16	4N5906	RESORTE	4500	90,736	1.451,78	0,32
8	4N5893	INSERT (ADMISION)	4500	165,85	1.326,80	0,29
8	4S8898	INSERT (ADMISION 0.005)	4500	169,595	1.356,76	0,30
8	4S8899	INSERT (ADMISION 0.010)	4500	170,344	1.362,75	0,30
8	9S9699	INSERT (ESCAPE)	4500	202,016	1.616,13	0,36
8	4S8902	INSERT (ESCAPE 0.005)	4500	202,444	1.619,55	0,36
8	4S8903	INSERT (ESCAPE 0.010)	4500	198,806	1.590,45	0,35
16	4N2803	GUIAS	4500	145,413	2.326,61	0,52
8	4N5654	VALVULA (ADMISION)	4500	455,071	3.640,57	0,81
8	7N2271	VALVULA (ESCAPE)	4500	432,387	3.459,10	0,77
8	4N3714	CHAMBER	4500	1537,376	12.299,01	2,73
8	2S2251	SELLOS CHAMBER	4500	65,27	522,16	0,12
2	0	JUEGO DE EMPACADURAS	4500	0	0,00	0,00
TOTAL COSTO POR HORA						20,28

TOTAL COSTO POR HORA	20,28
-----------------------------	--------------

Tabla 31. Mantenimiento de la bomba de inyección de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
8	6N1043	BOMBANTE GRUPO	9500	166,92	1.335,36	0,14
8	7N1066	ARANDELA	9500	38,841	310,73	0,03
8	1S8634	RESORTE	9500	25,359	202,87	0,02
8	4N2484	BONNET	9500	502,9	4.023,20	0,42
8	2S1631	VALVULA	9500	224,7	1.797,60	0,19
8	1M3506	ARO	9500	64,2	513,60	0,05
8	4N4997	PLUNGER & BARREL ASSEMBLY	9500	2023,156	16.185,25	1,70
8	3S9736	LIFTER ASSEM	9500	1496,181	11.969,45	1,26
1	4N0599	LEVA	9500	6812,262	6.812,26	0,72
1	2S2821	CORONA (10 DIENTES)	9500	2667,617	2.667,62	0,28
1	6N4165	PINON ASSEM	9500	1986,348	1.986,35	0,21
1	6N4090	DOWEL	9500	25,894	25,89	0,00
1	3S6514	CORONA (10 DIENTES)	9500	920,949	920,95	0,10
1	4N0906	EJE	9500	959,148	959,15	0,10
1	1S7984	BOCINA	9500	117,486	117,49	0,01
1	4N0908	LEVER	9500	1425,026	1.425,03	0,15
1	4N0907	LEVER	9500	478,825	478,83	0,05
1	4N0905	CORONA (70 DIENTES)	9500	921,27	921,27	0,10
1	4N8256	RATIO CONTROL	9500	0	0,00	0,00
1	6N4711	GOVERNOR GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	4N1101	FUEL TRANSFER PUMP	9500	15786,994	15.786,99	1,66
TOTAL COSTO POR HORA						7,20

TOTAL COSTO POR HORA	7,20
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 32. Consumibles de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9J4369	CUCHILLA CENTRAL	3000	8.236,86	8.236,86	2,75
2	9W6092	CUCHILLAS LATERALES	3000	3.908,71	7.817,42	2,61
2	4J8665	ESQUINERO	4000	1.654,54	3.309,08	0,83
32	4F4042	TORNILLO	1500	45,05	1.441,50	0,96
32	2J3507	TUERCA	1500	24,61	787,52	0,53
TOTAL COSTO POR HORA						7,66

TOTAL COSTO POR HORA	7,66
-----------------------------	-------------

Tabla 33. Combustible de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
400	D-01	DIESEL	12	0,5	200,00	16,67
TOTAL COSTO POR HORA						16,67

TOTAL COSTO POR HORA	16,67
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 34. Mantenimiento del convertidor de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	1T1078	BOCINA	4500	355,78	711,55	0,16
1	1T1079	IMPELLER	4500	4.252,93	4.252,93	0,95
1	1T1085	CARRIER ASSEM	4500	5.603,59	5.603,59	1,25
1	5S7935/2344290	EJE	4500	10.957,87	10.957,87	2,44
1	1T0901	IMPELLER	4500	14.272,30	14.272,30	3,17
11	1T0680	RESORTE	4500	51,15	562,61	0,13
11	1T0679	ROLLER	4500	59,92	659,12	0,15
1	1T0681	CAM	4500	9.341,74	9.341,74	2,08
1	1T0662	TURBINA	4500	10.872,59	10.872,59	2,42
1	1T0762	RACE	4500	405,32	405,32	0,09
1	1T0966	FLANGE ASSEM	4500	4.703,72	4.703,72	1,05
3	1T0686	RACE	4500	424,36	1.273,09	0,28
2	1T0655	BOCINA	4500	1.309,47	2.618,93	0,58
1	1T0813/1495986	STATOR	4500	13.467,56	13.467,56	2,99
TOTAL COSTO POR HORA						17,71

TOTAL COSTO POR HORA	17,71
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 35. Mantenimiento de la caja de velocidades de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	3P8470	TRANSMISSION CONTROL	9500	0	0,00	0,00
1	7S4577	TRANSMISSION PUMP	9500	19843,685	19.843,69	2,09
1	1P4220	GEAR PUMP GROUP	9500	18962,861	18.962,86	2,00
1	2P7054	CORONA (70 DIENTES)	9500	3636,609	3.636,61	0,38
1	3K0526	BOCINA	9500	492,2	492,20	0,05
1	5H6199	ANILLO	9500	36,059	36,06	0,00

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	2P7003	CORONA (86 DIENTES)	9500	19459,983	19.459,98	2,05
6	300061	CONO	9500	445,762	2.674,57	0,28
6	300060	COPA	9500	253,804	1.522,82	0,16
1	2P7004	CORONA (86 DIENTES)	9500	13661,332	13.661,33	1,44
1	2P7039	CORONA (77 DIENTES)	9500	3637,465	3.637,47	0,38
1	2P7005	CORONA (75 DIENTES)	9500	17649,115	17.649,12	1,86
2	8S9004	PISTON	9500	6344,351	12.688,70	1,34
2	1P4110	DISC ASSEM	9500	1330,438	2.660,88	0,28
1	3P0798	PISTON	9500	6681,722	6.681,72	0,70
1	7S4486	CARRIER ASSEM	9500	36288,943	36.288,94	3,82
1	7S2998	CARRIER ASSEM	9500	26068,624	26.068,62	2,74
3	2S4900	EJE	9500	770,828	2.312,48	0,24
3	3S0149/7G2488	CORONA (33 DIENTES)	9500	1785,509	5.356,53	0,56
3	5M5018	BEARING	9500	110,852	332,56	0,04
1	5S7065	CORONA (49 DIENTES)	9500	3070,686	3.070,69	0,32
1	8S9085	CORONA (102 DIENTES)	9500	9390,32	9.390,32	0,99
3	3P3561/9P4251	DISC ASSEM	9500	1330,438	3.991,31	0,42
1	3P0797	PISTON	9500	16129,715	16.129,72	1,70
1	7S4544	CORONA (99 DIENTES)	9500	5855,468	5.855,47	0,62
25	4M9592	RESORTE	9500	53,5	1.337,50	0,14
1	5P6230	BEARING	9500	1268,057	1.268,06	0,13
4	3P3672	ANILLO	9500	668,857	2.675,43	0,28
1	6P7706	CARRIER	9500	1867,578	1.867,58	0,20
1	1S9958/2042460	BEARING	9500	305,057	305,06	0,03
1	3D2907	ANILLO	9500	43,228	43,23	0,00
1	4M8910	ANILLO	9500	108,177	108,18	0,01
3	7S4498/7G2516	CORONA (24 DIENTES)	9500	1493,292	4.479,88	0,47
3	5M6126	BEARING	9500	127,865	383,60	0,04
3	7S8631	EJE	9500	789,339	2.368,02	0,25
1	1M8652	ANILLO	9500	115,56	115,56	0,01
1	2P4472	PLATE	9500	1836,441	1.836,44	0,19
1	3S0034	PLATE ASSEM	9500	4262,345	4.262,35	0,45
4	3P0793	PLATE	9500	161,57	646,28	0,07
2	3S0040	PLATE	9500	3072,077	6.144,15	0,65
1	3P0796	PLATE ASSEM	9500	338,013	338,01	0,04
5	7S8631	EJE ASSEM	9500	789,339	3.946,70	0,42
1	7S4485	PLATE ASSEM	9500	4674,188	4.674,19	0,49
5	7S4498/7G2516	CORONA (24 DIENTES)	9500	1493,292	7.466,46	0,79

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
5	5M6126	BEARING	9500	127,865	639,33	0,07
1	7S4543	PISTON	9500	6180,641	6.180,64	0,65
1	8S3521	ANILLO	9500	291,147	291,15	0,03
8	7S8969/7G2526	CORONA (23 DIENTES)	9500	2233,625	17.869,00	1,88
16	5M2051	BEARING	9500	144,022	2.304,35	0,24
4	7S8577	EJE	9500	1434,656	5.738,62	0,60
4	7S8578	EJE	9500	710,694	2.842,78	0,30
4	8S9017/7G2525	CORONA (17 DIENTES)	9500	1810,547	7.242,19	0,76
8	7S4534	BEARING	9500	108,819	870,55	0,09
1	7S4495	CORONA (81 DIENTES)	9500	8604,619	8.604,62	0,91
1	7S4523	CORONA (101 DIENTES)	9500	5096,196	5.096,20	0,54
1	8S9184	CORONA (36 DIENTES)	9500	18826,329	18.826,33	1,98
1	1P7509/8P6949	ANILLO	9500	1418,071	1.418,07	0,15
1	1M8649	ANILLO	9500	187,999	188,00	0,02
1	6H7201	ANILLO	9500	63,879	63,88	0,01
1	3S2619	ANILLO	9500	27,927	27,93	0,00
4	1S5623	PLATO	9500	190,353	761,41	0,08
1	7S8971	CORONA (35 DIENTES)	9500	4401,98	4.401,98	0,46
1	7S8970	CORONA (29 DIENTES)	9500	3130,178	3.130,18	0,33
1	5S7779	ANILLO	9500	52,216	52,22	0,01
1	8H3981	ANILLO	9500	15,301	15,30	0,00
1	5S4442	BEARING	9500	309,123	309,12	0,03
1	2K5967	ANILLO	9500	47,722	47,72	0,01
2	6F0155	ANILLO	9500	79,394	158,79	0,02
1	7S4497	CORONA (55 DIENTES)	9500	10204,269	10.204,27	1,07
60	9M6193	RESORTE	9500	24,931	1.495,86	0,16
2	9M2004/1067799	BEARING	9500	1094,075	2.188,15	0,23
2	1M8652	ANILLO	9500	115,56	231,12	0,02
1	8P2401	EJE ASSEM	9500	15724,078	15.724,08	1,66
1	3S9975	PISTON	9500	5966,32	5.966,32	0,63
3	4S8694/9W4662	DISC ASSEM	9500	860,815	2.582,45	0,27
2	1K8953/8P8921	PLATE	9500	2552,592	5.105,18	0,54
1	6P1037	ANILLO	9500	11,128	11,13	0,00
1	3P4269	PISTON	9500	10737,236	10.737,24	1,13
1	4S5805	ANILLO	9500	302,168	302,17	0,03
5	5B1952	RESORTE	9500	55,854	279,27	0,03
5	3P4270	PLATE	9500	143,487	717,44	0,08
1	7S8580	CARRIER	9500	5343,366	5.343,37	0,56

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	8P4520	PISTON	9500	6180,641	6.180,64	0,65
1	1S9496	ANILLO	9500	283,122	283,12	0,03
12	1P4110	DISC ASSEM	9500	1330,438	15.965,26	1,68
9	2P4472	PLATE	9500	1836,441	16.527,97	1,74
1	7S8972	CORONA (81 DIENTES)	9500	7933,408	7.933,41	0,84
20	1M9691	RESORTE	9500	85,065	1.701,30	0,18
3	4S8724	DISC ASSEM	9500	902,652	2.707,96	0,29
2	3S0044	PLATE	9500	2692,869	5.385,74	0,57
1	3S1283	ANILLO	9500	241,071	241,07	0,03
1	3S1282	ANILLO	9500	268,891	268,89	0,03
1	3P4265	PISTON	9500	5307,414	5.307,41	0,56
1	5S3656	EJE	9500	1995,764	1.995,76	0,21
6	7S4539	SLEEVE	9500	0	0,00	0,00
1	8S0599	SLEEVE	9500	697,533	697,53	0,07
2	2P1964	SLEEVE	9500	576,195	1.152,39	0,12
1	7S4540/2P1964	SLEEVE	9500	576,195	576,20	0,06
2	5S7785	CAM	9500	2333,67	4.667,34	0,49
1	5S7795	BRACKET ASSEM	9500	11873,362	11.873,36	1,25
1	8M8652	EJE	9500	559,182	559,18	0,06
1	6P5642	PLATE	9500	12724,226	12.724,23	1,34
1	7S8590	PLATE	9500	0	0,00	0,00
1	8P4054	PLATE	9500	4212,59	4.212,59	0,44
4	1S5554/7G4284	SLEEVE	9500	129,042	516,17	0,05
1	3S1323	SLEEVE	9500	1408,334	1.408,33	0,15
1	7S6936/8P2781	BODY	9500	37595,306	37.595,31	3,96
1	2S3513	SPOOL	9500	5427,789	5.427,79	0,57
1	2S3514	SPOOL	9500	9091,897	9.091,90	0,96
1	2S3515	SPOOL	9500	5427,789	5.427,79	0,57
1	8P4633	SPOOL	9500	5427,789	5.427,79	0,57
1	7M0148	RESORTE	9500	347,001	347,00	0,04
1	7S8571	PISTON	9500	0	0,00	0,00
1	9S2819	BODY	9500	54992,757	54.992,76	5,79
4	4B9880	BALL	9500	2,675	10,70	0,00
1	8S9128	RESORTE	9500	100,045	100,05	0,01
1	9S6957	SPOOL	9500	1461,834	1.461,83	0,15
1	9S6921/9P4170	SPOOL ASSEM	9500	1786,686	1.786,69	0,19
1	2S4872	STOP	9500	415,053	415,05	0,04
1	2S5836	STOP	9500	130,968	130,97	0,01

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	4M2399	STOP	9500	94,16	94,16	0,01
1	5M2504	SLUG	9500	51,574	51,57	0,01
1	7S8592	STOP	9500	1340,603	1.340,60	0,14
1	3P3632	BODY	9500	17305,003	17.305,00	1,82
1	4F9503	RESORTE	9500	37,771	37,77	0,00
1	2S0667	RESORTE	9500	370,969	370,97	0,04
2	2S0668	RESORTE	9500	252,627	505,25	0,05
2	7S8587	STOP	9500	0	0,00	0,00
2	3S8059	RESORTE	9500	48,685	97,37	0,01
2	1P0612	PISTON	9500	2106,295	4.212,59	0,44
1	7S8584	STOP	9500	1016,5	1.016,50	0,11
5	8S6215	SPACER	9500	12,519	62,60	0,01
5	8S6214	SPACER	9500	12,198	60,99	0,01
1	5S7774	RESORTE	9500	357,808	357,81	0,04
1	2S3620	RESORTE	9500	85,921	85,92	0,01
1	6P3229	BODY	9500	0	0,00	0,00
1	7S8518	SPOOL ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	3P8527	SPOOL ASSEM	9500	2435,855	2.435,86	0,26
1	7S8517	SPOOL	9500	0	0,00	0,00
1	3P3631	SLEEVE	9500	825,505	825,51	0,09
1	6P9510/9P5968	SLEEVE	9500	1185,56	1.185,56	0,12
1	3P6254	BODY	9500	24195,696	24.195,70	2,55
1	8P5159	RESORTE	9500	239,038	239,04	0,03
3	7M1397	SPACER	9500	12,198	36,59	0,00
1	5S6994	SPOOL ASSEM	9500	1590,769	1.590,77	0,17
1	2S4872	STOP	9500	415,053	415,05	0,04
1	1S7501	RESORTE	9500	133,643	133,64	0,01
1	9S2800	PISTON	9500	2884,827	2.884,83	0,30
3	3S2701	SPOOL	9500	1185,988	3.557,96	0,37
2	8P9585	RESORTE	9500	126,902	253,80	0,03
1	5S7008	RESORTE	9500	155,899	155,90	0,02
4	5S7908	SPACER	9500	198,699	794,80	0,08
4	7M3801	RESORTE	9500	34,454	137,82	0,01
4	7M3802	PLUG	9500	2,354	9,42	0,00
4	7M3799	SPACER	9500	2,354	9,42	0,00
1	5S6983	STOP	9500	247,491	247,49	0,03
1	8M6402	RESORTE	9500	205,547	205,55	0,02
3	5M2504	SLUG	9500	51,574	154,72	0,02

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P.U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	8S9127	VALVE ASSEM	9500	1594,514	1.594,51	0,17
1	8M1078	VALVE	9500	177,085	177,09	0,02
1	5M9548	RESORTE	9500	27,82	27,82	0,00
1	5S6992	SPOOL	9500	3532,177	3.532,18	0,37
1	9S2747	SPOOL	9500	7119,566	7.119,57	0,75
1	5S4461	SLUG	9500	127,223	127,22	0,01
6	5S4479	STOP	9500	315,864	1.895,18	0,20
1	6P5645	SPOOL	9500	1559,739	1.559,74	0,16
3	6P5644	SPOOL	9500	1532,347	4.597,04	0,48
2	6P5646	SPOOL	9500	1678,295	3.356,59	0,35
6	5S7816	SLUG	9500	69,122	414,73	0,04
3	5M2504	SLUG	9500	51,574	154,72	0,02
2	5S4462	SLUG	9500	348,82	697,64	0,07
3	3P3342	STOP	9500	455,606	1.366,82	0,14
1	6P5685/3P6661	BODY	9500	77129,452	77.129,45	8,12
1	9D4504	CABLE	9500	1769,994	1.769,99	0,19
1	5S7929	EJE	9500	3529,823	3.529,82	0,37
1	5S7922	CORONA (70 DIENTES)	9500	0	0,00	0,00
1	6P2911	CORONA (45 DIENTES)	9500	0	0,00	0,00
1	5S7926	CORONA (39 DIENTES)	9500	1658,179	1.658,18	0,17
1	5S7037	EJE	9500	583,364	583,36	0,06
1	9S5214	BEARING	9500	129,577	129,58	0,01
1	3P5846	EJE ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	5S7787	SLUG	9500	0	0,00	0,00
1	5S7771	STOP	9500	380,385	380,39	0,04
1	5S7788	STOP	9500	0	0,00	0,00
3	5S4455	ANILLO	9500	13,161	39,48	0,00
2	2R1256	ANILLO	9500	3,317	6,63	0,00
1	5S4461	SLUG	9500	127,223	127,22	0,01
1	5S4445	STOP	9500	135,569	135,57	0,01
1	2G3821	GEAR PUMP GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	9D2100	GEAR PUMP GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	2P9313	GEAR PUMP GROUP	9500	16887,917	16.887,92	1,78
TOTAL COSTO POR HORA						88,82

TOTAL COSTO POR HORA	88,82
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 36. Mantenimiento de los mandos finales de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	3D9133	COPA	12000	3023,178	6.046,36	0,50
2	3D9132	CONO	12000	8234,185	16.468,37	1,37
2	3D0295/1077089	COPA	12000	3616,814	7.233,63	0,60
2	3D0294	CONO	12000	7359,781	14.719,56	1,23
6	9D0120	CORONA (40 DIENTES)	12000	22426,558	134.559,35	11,21
1	9D0125	PUNTA DE EJE IZQUIERDA	12000	32217,272	32.217,27	2,68
1	9D0126	PUNTA DE EJE DERECHA	12000	42838,948	42.838,95	3,57
2	9D0129	CORONA (101 DIENTES)	12000	33340,879	66.681,76	5,56
6	2G6574/8X6738	EJE	12000	4297,441	25.784,65	2,15
12	2D6516	ROLLER ASSEM	12000	558,968	6.707,62	0,56
2	9D0127	CORONA (19 DIENTES)	12000	8132,749	16.265,50	1,36
4	4D8132	BEARING ASSEM	12000	1953,927	7.815,71	0,65
2	7D7607	CORONA (24 DIENTES)	12000	12832,51	25.665,02	2,14
1	9D2171/5T9081	EJE	12000	31644,929	31.644,93	2,64
1	5D6657	RACE	12000	537,354	537,35	0,04
1	5D6659	RACE AND ROLLER ASSEM	12000	1191,873	1.191,87	0,10
1	5D6658	RACE AND ROLLER ASSEM	12000	1209,635	1.209,64	0,10
1	5D6656	RACE	12000	569,561	569,56	0,05
1	9D2172/8W0376	JUNTA CARDANICA	12000	6187,917	6.187,92	0,52
1	7H7628	RACE AND ROLLER ASSEM	12000	1048,493	1.048,49	0,09
1	9D2176/5T9420	EJE	12000	22194,047	22.194,05	1,85
1	1T0334	BEARING	12000	726,209	726,21	0,06
1	2D9254	COPA	12000	0	0,00	0,00
1	2D9455	CONO	12000	753,173	753,17	0,06
1	6B4370	COPA	12000	1274,905	1.274,91	0,11
1	2D9453	CONO	12000	2378,717	2.378,72	0,20
1	9D0511	PINON ASSEM	12000	26092,592	26.092,59	2,17
1	9D6863/4D0537	CARRIER ASSEM	12000	48,578	48,58	0,00
1	4D5289	ANILLO	12000	2395,623	2.395,62	0,20
1	9D4231	STOP	12000	14175,467	14.175,47	1,18
1	1B4034	CONO	12000	1688,246	1.688,25	0,14
1	4B8393	COPA	12000	731,452	731,45	0,06
1	1M9565	ANILLO	12000	1814,399	1.814,40	0,15
1	6D2646/8W3064	ANILLO	12000	2469,453	2.469,45	0,21
2	2D9459	CAGE	12000	2524,023	5.048,05	0,42
1	4F2041	COPA	12000	772,112	772,11	0,06

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	2D9457	CONO	12000	1690,6	1.690,60	0,14
1	9D0513/1122255	CORONA (51 DIENTES)	12000	40391,858	40.391,86	3,37
1	7D4892	ANILLO	12000	547,305	547,31	0,05
16	7D4893	RESORTE	12000	147,981	2.367,70	0,20
1	7D6862/5T5166	JAW	12000	10829,898	10.829,90	0,90
1	7D6862/5T5171	JAW	12000	923,945	923,95	0,08
1	6D8329/8W4129	JAW	12000	11360,083	11.360,08	0,95
1	6D8514	WASHER	12000	1406,622	1.406,62	0,12
1	7D5003/6G8553	HOUSSING ASSEM	12000	14187,879	14.187,88	1,18
1	7D4895	CYLINDER	12000	15853,548	15.853,55	1,32
1	6D2658	WASHER	12000	471,656	471,66	0,04
1	4D5293	ANILLO	12000	105,288	105,29	0,01
1	6D5942	SPACER	12000	5494,878	5.494,88	0,46
1	7D4894	PISTON	12000	10222,138	10.222,14	0,85
1	6D7651	BRACKET	12000	784,738	784,74	0,07
TOTAL COSTO POR HORA						47,50

TOTAL COSTO POR HORA	47,50
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 37. Mantenimiento del steering de una mototraila 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
3	2S6498	ANILLO	12000	427,679	1.283,04	0,11
1	8P5827/5T9439	RACE	12000	2731,068	2.731,07	0,23
1	6P6873	ROTOR	12000	11932,533	11.932,53	0,99
1	6P5586	STATOR	12000	15838,782	15.838,78	1,32
1	1T0334	BOCINA	12000	726,209	726,21	0,06
1	5K9064	ANILLO	12000	83,139	83,14	0,01
1	7S8672	CARRIER	12000	1723,663	1.723,66	0,14
1	7S8669	CARRIER	12000	2500,911	2.500,91	0,21
1	9F7104	ANILLO	12000	47,294	47,29	0,00
1	4F7115	RESORTE	12000	91,378	91,38	0,01
1	4J3840	RESORTE	12000	165,101	165,10	0,01
1	6J7240	RESORTE	12000	160,821	160,82	0,01
1	2J6088	RESORTE	12000	96,086	96,09	0,01

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9D5695/9J6398	GEAR PUMP GROUP	12000	17232,029	17.232,03	1,44
1	2G3820	SCRAPER-STEERING GEAR PUMP	12000	0	0,00	0,00
1	5J7945	ROD ASSEM	12000	8755,382	8.755,38	0,73
1	6J1890	WIPER	12000	90,201	90,20	0,01
1	9J8773	HEAD ASSEM	12000	0	0,00	0,00
1	5J7915	TUBE	12000	2947,315	2.947,32	0,25
1	5J7914	PISTON	12000	1530,528	1.530,53	0,13
1	5J7942	ANILLO	12000	153,224	153,22	0,01
2	4F7952	ANILLO	12000	19,902	39,80	0,00
1	9J8772/5J8119	HEAD ASSEM	12000	4198,145	4.198,15	0,35
2	1S0670	ANILLO	12000	32,742	65,48	0,01
2	1H9696	SELLO	12000	21,614	43,23	0,00
2	5J7004	SELLO ASSEM	12000	154,401	308,80	0,03
1	6J1889	SELLO	12000	84,423	84,42	0,01
1	8J9919/3G7608	CYLINDER ASSEM	12000	44832,786	44.832,79	3,74
1	3J9703	ANILLO	12000	398,04	398,04	0,03
1	5J4991	SELLO ASSEM	12000	461,919	461,92	0,04
1	2K4472	SELLO	12000	48,471	48,47	0,00
1	6J6553/1672207	SELLO	12000	175,48	175,48	0,01
1	5J8275/1672317	SELLO	12000	279,591	279,59	0,02
1	8J9924	ROD ASSEM	12000	22053,77	22.053,77	1,84
1	1J3540/2253283	SELLO	12000	144,343	144,34	0,01
1	3J9704	PISTON	12000	6614,205	6.614,21	0,55
1	2K4473	ANILLO	12000	86,349	86,35	0,01
1	5J8957	ROD ASSEM	12000	8642,069	8.642,07	0,72
1	6J1879	WIPER	12000	82,711	82,71	0,01
1	6J1878/3307286	PACKING	12000	60,776	60,78	0,01
2	8M8157	SELLO	12000	17,227	34,45	0,00
1	5J8774	HEAD	12000	2883,115	2.883,12	0,24
1	7J4082/3G6473	BODY ASSEM	12000	15755,108	15.755,11	1,31
1	5J8792	HEAD ASSEM	12000	5895,593	5.895,59	0,49
1	5J9072	PISTON	12000	783,133	783,13	0,07
1	5J8355/9J5048	BODY	12000	17789,82	17.789,82	1,48
TOTAL COSTO POR HORA						16,65
TOTAL COSTO POR HORA						16,65

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 38. Mantenimiento del sistema hidráulico de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	7J5352	ACUMULATOR ASSEM	5000	0	0,00	0,00
2	2K4096	ANILLO	5000	67,945	135,89	0,03
2	5F3144	SELLO	5000	44,405	88,81	0,02
2	9J9318/9T1440	PISTON	5000	7338,06	14.676,12	2,94
4	6J9354	SELLO ASSEM	5000	392,048	1.568,19	0,31
1	7J3270	BODY GROUP	5000	0	0,00	0,00
1	4J3044	BEARING	5000	33,491	33,49	0,01
1	7J3331	RESORTE	5000	283,978	283,98	0,06
1	7J3272	HOUSING GROUP	5000	0	0,00	0,00
1	4J3047	BEARING	5000	41,944	41,94	0,01
2	4J1184/2890401	PLUG ASSEM	5000	1190,589	2.381,18	0,48
1	5J7558	PLUG ASSEM	5000	0	0,00	0,00
3	3J7808	RESORTE	5000	196,773	590,32	0,12
1	1H5728	SELLO	5000	29,318	29,32	0,01
3	1H8720	SELLO	5000	28,034	84,10	0,02
3	6J1889	SELLO	5000	84,423	253,27	0,05
3	8J5963	SELLO	5000	45,582	136,75	0,03
2	4J1057	RESORTE	5000	237,861	475,72	0,10
1	6H3977	SELLO	5000	33,384	33,38	0,01
2	5F1678	SELLO	5000	15,087	30,17	0,01
2	4J0988	ANILLO	5000	19,581	39,16	0,01
1	8J2086	RESORTE	5000	46,866	46,87	0,01
2	5J4991	SELLO ASSEM	5000	461,919	923,84	0,18
1	3J9703	ANILLO	5000	398,04	398,04	0,08
1	8J9960	CYLINDER ASSEM	5000	27565,554	27.565,55	5,51
1	9J0508	ROD ASSEM	5000	13212,36	13.212,36	2,64
1	1K6982/2253281	SELLO	5000	88,061	88,06	0,02
1	5J0964/2892948	SELLO	5000	244,923	244,92	0,05
1	5J3620/2892937	SELLO	5000	342,828	342,83	0,07
1	2K4473	ANILLO	5000	86,349	86,35	0,02
1	2K4472	SELLO	5000	48,471	48,47	0,01
1	3J9704	PISTON	5000	6614,205	6.614,21	1,32
TOTAL COSTO POR HORA						14,09

TOTAL COSTO POR HORA	14,09
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 39. Cauchos de una mototralla 631D

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
4	33-25-35	CAUCHOS	8640	55.000,00	220.000,00	25,46
TOTAL COSTO POR HORA						25,46

TOTAL COSTO POR HORA	25,46
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

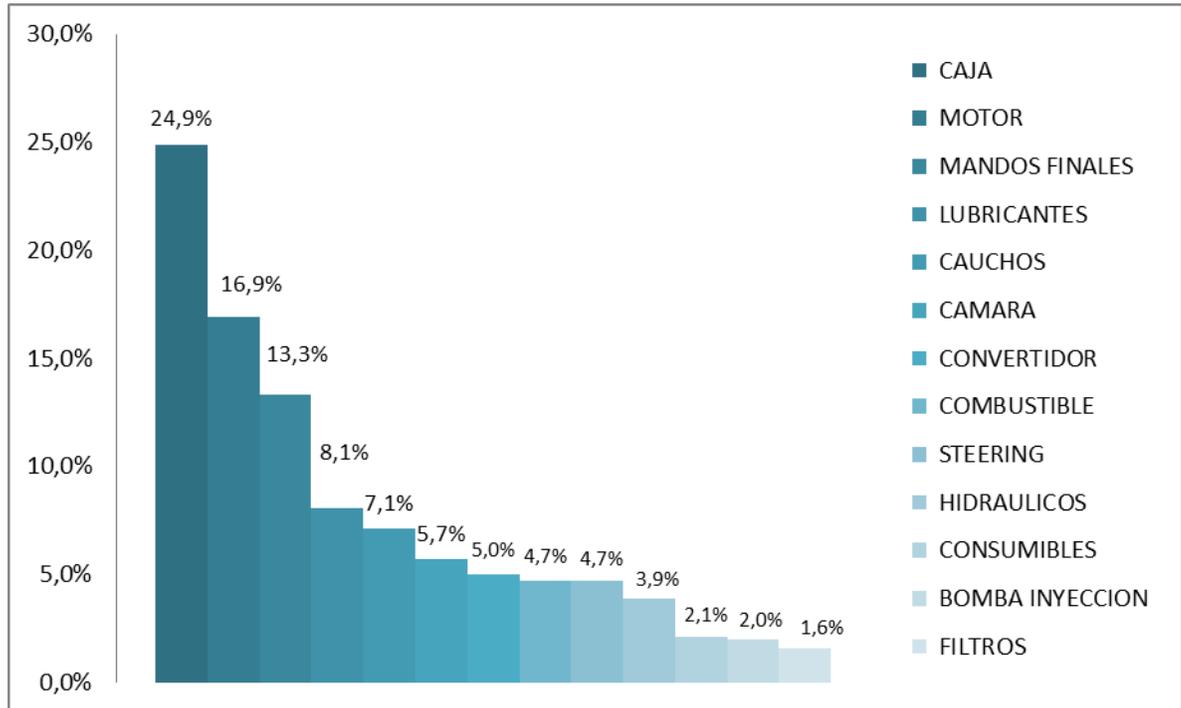
Tabla 40. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de una mototralla 631D

Componente	BsF/h	Porcentaje
CAJA	88,82	24,9%
MOTOR	60,33	16,9%
MANDOS FINALES	47,50	13,3%
LUBRICANTES	28,98	8,1%
CAUCHOS	25,46	7,1%
CAMARA	20,28	5,7%
CONVERTIDOR	17,71	5,0%
COMBUSTIBLE	16,67	4,7%
STEERING	16,65	4,7%
HIDRAULICOS	14,09	3,9%
CONSUMIBLES	7,66	2,1%
BOMBA INYECCION	7,20	2,0%
FILTROS	5,84	1,6%
Total	357,22	100,0%

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

El costo total por hora en mantenimiento que conlleva el mantenimiento de una mototralla 631D es de 357,22 B. El siguiente gráfico refleja la proporción del peso en porcentaje que representa cada elemento con respecto al total del mantenimiento.

Gráfico 5. Elementos del mantenimiento de la Mototrailla



Fuente: Elaboración propia

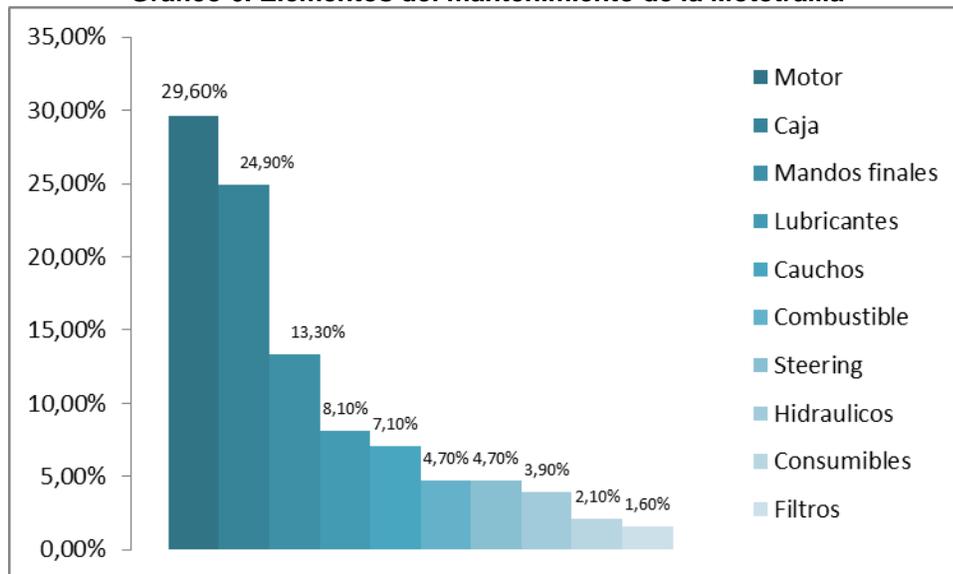
Del gráfico y figura anterior puede afirmarse que la caja de velocidades vendría siendo el elemento que representa el mayor porcentaje de asignación de recursos para su mantenimiento con un 24,9 %, sin embargo, al igual que en el análisis realizado anteriormente al Tractor D9G, se procederá a realizar una serie de correcciones donde se representara los porcentajes reales de asignación de cada elemento que conforma a la máquina.

Tabla 41. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de una mototralla 631D

Componente	Porcentaje
Motor	29,60%
Caja	24,90%
Mandos finales	13,30%
Lubricantes	8,10%
Cauchos	7,10%
Combustible	4,70%
Steering	4,70%
Hidráulicos	3,90%
Consumibles	2,10%
Filtros	1,60%
Total	100,00%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Elementos del mantenimiento de la Mototralla



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico anterior se puede llegar a la conclusión que es el motor quien requiere de mayor control y asignación de recursos ya que representa un 29,60 % del costo total de este equipo.

4.6 Compactadora 824B

Las variables que componen el mantenimiento de una compactadora 824B vienen dadas por el aceite de consumo diario, aceite de mantenimiento, filtros, motor, cámaras, bombas de inyección, consumibles, combustible, convertidor, caja de velocidades, transmisión, mandos finales, steering, hidráulicos y pata de cabra (piñas). Todos estos especificados de la misma manera en que se realizó para el tractor o para la mototrailla en la siguiente tabla, detallando la descripción de los componentes en cada uno.

Tabla 42. Aceite de consumo diario para una compactadora 824B

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/LTS.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
19,5	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV	12	9,25	180,44	15,04
9,75	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	12	7,78	75,81	6,32
TOTAL COSTO POR HORA						21,35

TOTAL COSTO POR HORA	21,35
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De la tabla anterior puede observarse como el aceite de consumo diario para una compactadora de este tipo, representa 21,35 BsF por hora de trabajo. A su vez, el aceite de mantenimiento, abarca la colocación de aceite Maxi diesel 50 PDV para motor, aceite Hidráulico 68 PDV para sistema hidráulico, aceite Maxi diesel 50 PDV para caja, para Mandos Finales 90 PDV y Tambor de Grasa PDV.

Tabla 43. Aceite de mantenimiento para una compactadora 824B

CANTIDAD (LTS.)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/LTS.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
60	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV - Motor	250	9,25	555,20	2,22
160	HL68	Tambor Aceite Hidráulico 68 PDV	2500	7,78	1.244,03	0,50
180	MX50	Aceite Maxi diesel 50 PDV - Caja	2000	9,25	1.665,59	0,83
100	N/A	Tambor Aceite para Mando Final 90 PDV	2500	10,19	1.018,65	0,41
15	N/A	Tambor de Grasa PDV	48	11,73	175,97	3,67
TOTAL COSTO POR HORA						7,62

TOTAL COSTO POR HORA	7,62
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Del desglose de costos por horas del aceite de mantenimiento para una compactadora 824B, se puede observar que representa 7,62 bs por hora de operación.

Con respecto al mantenimiento de los filtros de aire de una compactadora 824B, se especifican a continuación las cantidades, código de producto y tipo de filtro que debe ser cambiado cada, 250, 500, 2000 y 2500 horas.

De igual manera se muestra una tabla con cada elemento de los mandos finales de la compactadora.

Tabla 44. Filtros para una compactadora 824B

CANTIDAD (UND)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	1R0721 / P550485	Engine Oil 824B, 825B, 826B, D9G, 631C.	250	132,36	264,72	1,06
2	1R0750 / 1R0711	Fuel 824B, 825B, 826B, D9G, D9H, 631C	500	172,16	344,33	0,69
2	1R0741 / 1R0720	Transmission Oil 824B, 825B, 826B, D9G, D9H.	2000	166,39	332,77	0,17
2	1R0741	Hydraulic Oil 824B, 825B, 826B, D9G, D9H	2500	166,39	332,77	0,13
3	7W5313	Air Filter (Primario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	859,10	2.577,31	1,29
3	1P8482	Air Filter (Secundario) 824B, 826B, D9G, D9H, 631D.	2000	834,49	2.503,48	1,25
TOTAL COSTO POR HORA						4,59

TOTAL COSTO POR HORA	4,59
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 45. Mantenimiento del motor de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9M4845	RADIATOR	9500	0	0,00	0,00
1	9M3675	FAN DRIVE	9500	0	0,00	0,00
1	3S4529	FAN ASSEM	9500	29746,1	29.746,10	3,13
1	2S7209	WATER PUMP	9500	11034,5	11.034,50	1,16
1	8S6472	TURBOCHARGER	9500	0	0,00	0,00
1	7M7140	MANIFOLDS	9500	2242,3	2.242,30	0,24
1	2S2938	MANIFOLDS	9500	7262	7.262,00	0,76
1	2S2939	MANIFOLDS	9500	6037,4	6.037,40	0,64
6	5S3772/1260739	LINER	9500	1840,6	11.043,60	1,16
18	3S3978	SEAL	9500	59	1.062,00	0,11
1	8S9984/2P1215	PLATE ASSEM	9500	6222,9	6.222,90	0,66
1	8S9988	GASKET	9500	395,1	395,10	0,04

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9S0710	BEARING	9500	443,8	443,80	0,05
1	5S8543	BEARING	9500	378,9	378,90	0,04
1	9S4073	BEARING	9500	406,1	406,10	0,04
1	5S8543	BEARING	9500	378,9	378,90	0,04
1	8S9987	SHAFT ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7S3601	CYLINDER BOLCK ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	9S3012	CRANKSHAFT ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7M3865	BEARING ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7M3863	BEARING ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7M3864	BEARING ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	1P9085	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	1P9086	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	1P0902	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	1P0903	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	1P0904	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	1P0905	GASKET KIT	9500	0	0,00	0,00
1	4S7720/6V2349	GASKET KIT	9500	1360,1	1.360,10	0,14
1	5S5223	FLYWHEEL ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7M5562	DAMPER	9500	5534,3	5.534,30	0,58
1	9M3101	PULLEY	9500	0	0,00	0,00
1	1M9753	PLATE	9500	0	0,00	0,00
6	8S2660	PISTON ASSEM	9500	0	0,00	0,00
6	3S8285	ROD ASSEM	9500	7461,4	44.768,40	4,71
6	5S1135/1P0734	PISTON RING GROUP	9500	935,8	5.614,80	0,59
12	3F8513	RETAINER	9500	27,7	332,40	0,03
6	1M6101/7N9806	PIN	9500	560,6	3.363,60	0,35
1	7M3846	SHAFT	9500	2911,3	2.911,30	0,31
1	2S5210	BEARING	9500	452,2	452,20	0,05
1	7S3569	SHAFT ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	4B9880	BALL	9500	2,5	2,50	0,00
1	8M7140	GEAR ASSEMBLY (40 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	2S5211	BEARING	9500	391	391,00	0,04
1	8M7143	GEAR ASSEMBLY (40 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	8S5123	SHAFT	9500	0	0,00	0,00
1	8S5115	VARIABLE TIMING DRIVE ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	9S0702	HYDRAULIC PUMP DRIVE	9500	0	0,00	0,00
1	9S4074	TORQUE CONVERTER OIL PUMP DRIVE	9500	0	0,00	0,00
1	9S1195	PUMP ASSEM	9500	31983,3	31.983,30	3,37

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9S3189	ALTERNATOR	9500	0	0,00	0,00
1	2M1464/6V0588	MOTOR ASSEM	9500	18200,9	18.200,90	1,92
6	3S3285/7W2136	BEARING	9500	798,1	4.788,60	0,50
6	5S0316/8N5339	BEARING	9500	847	5.082,00	0,53
6	5S0315/8N5338	BEARING	9500	895,4	5.372,40	0,57
TOTAL COSTO POR HORA						21,77

TOTAL COSTO POR HORA	21,77
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 46. Mantenimiento de la cámara de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
24	2S4213	SPRING	4500	84,6	2.030,40	0,45
24	2S6992	ROTATOR	4500	0	0,00	0,00
6	8S1522	CHAMBER	4500	1400,7	8.404,20	1,87
6	7S3206	SEAL	4500	66,6	399,60	0,09
1	7M7224	GASKET	4500	426,4	426,40	0,09
12	2M6403/7E7830	VALVE (EXHAUST)	4500	363,2	4.358,40	0,97
24	7M3801	SPRING	4500	32,9	789,60	0,18
24	7M3799	SPACER	4500	2,3	55,20	0,01
24	7M3802	PLUG	4500	2,2	52,80	0,01
24	5M2276	GEAR (20 TEETH)	4500	358,6	8.606,40	1,91
24	2M6414/6N2236	GUIDE	4500	129,6	3.110,40	0,69
12	2M6402	VALVE (INTAKE)	4500	384	4.608,00	1,02
1	9S5545/4N6765	HEAD ASSEM	4500	72905,3	72.905,30	16,20
1	3S9686/7E8026	GASKET	4500	1374,9	1.374,90	0,31
24	9S5747	SEAL	4500	81,5	1.956,00	0,43
24	9S5746	FERRULE	4500	46,1	1.106,40	0,25
1	5M3703	CAMSHAFT ASSEM	4500	32977,7	32.977,70	7,33
1	9S0738	BLOCK ASSEM	4500	7323,4	7.323,40	1,63
2	5M3603	BEARING	4500	260,8	521,60	0,12
1	7M3845	CAMSHAFT ASSEM	4500	0	0,00	0,00
6	9S0740	BLOCK ASSEM	4500	5777,7	34.666,20	7,70
12	5M3560	BEARING	4500	316	3.792,00	0,84
COSTO TOTAL POR HORA						42,10

COSTO TOTAL POR HORA	42,10
----------------------	-------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 47. Mantenimiento de la bomba de inyección de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	8S6872	GOVERNOR GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	8M9140	SPRING	9500	65,4	65,40	0,01
2	9S4466/2W1491	LEVER ASSEM	9500	1403	2.806,00	0,30
1	9M6303	SPRING	9500	43	43,00	0,00
1	7M7219	BEARING	9500	30,5	30,50	0,00
1	8H9181	SPRING	9500	7	7,00	0,00
1	2S7289	COLLAR	9500	100,4	100,40	0,01
1	8L4154	COLLAR	9500	775,8	775,80	0,08
1	2S7235	SPRING	9500	67,7	67,70	0,01
1	8S0134	BEARING	9500	153,8	153,80	0,02
1	9S0798	BEARING	9500	167,1	167,10	0,02
1	5S9635	SPRING	9500	171	171,00	0,02
1	1S9312	SPRING	9500	65,1	65,10	0,01
1	8S5161	SHAFT	9500	1107,8	1.107,80	0,12
1	8S5095	FUEL RATIO CONTROL	9500	0	0,00	0,00
1	7S5445	FUEL TRANSFER PUMP GROUP	9500	7617,4	7.617,40	0,80
1	8F0394	SPRING	9500	65,7	65,70	0,01
6	8S3656	PLUNGER AND BARREL ASSEM	9500	1934,3	11.605,80	1,22
6	1M1077/3D2992	SEAL	9500	12,4	74,40	0,01
6	1S8634	SPRING	9500	24,2	145,20	0,02
6	2S1631	CHECK VALVE	9500	214,8	1.288,80	0,14
6	8S3653	BONNET	9500	585	3.510,00	0,37
6	8H9204	WASHER	9500	16,1	96,60	0,01
6	2M4314/7E5085	BUSHING	9500	235,1	1.410,60	0,15
6	1M3506/7W1927	RING	9500	61,5	369,00	0,04
6	5M2697	SPACER	9500	54,4	326,40	0,03
6	2M4208	SPACER	9500	122,5	735,00	0,08
6	2M4209	SPACER	9500	124	744,00	0,08
6	2M4210	SPACER	9500	61	366,00	0,04
6	2M4211	SPACER	9500	61,1	366,60	0,04
6	2M4212	SPACER	9500	61,3	367,80	0,04
6	5M2691	SPACER	9500	61,4	368,40	0,04
6	5S7189	SPACER	9500	129,3	775,80	0,08

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
6	IS7592	SPRING	9500	0	0,00	0,00
6	8S3652/7N1066	WASHER	9500	37	222,00	0,02
6	3S9736	LIFTER ASSEM	9500	1430,5	8.583,00	0,90
1	1P7959	GEAR ASSEMBLY (72 TEETH)	9500	2833,3	2.833,30	0,30
1	5S6193	SPRING	9500	0	0,00	0,00
1	8S4475	CAMSHAFT ASSEMBLY	9500	0	0,00	0,00
1	1S7103	BEARING	9500	120,3	120,30	0,01
1	9S4160	BEARING	9500	115,6	115,60	0,01
1	1S1953	BEARING	9500	115,3	115,30	0,01
1	1S7101	BEARING	9500	171,9	171,90	0,02
6	7S1059	NOZZLE ASSEM	9500	0	0,00	0,00
6	5M2853	BODY	9500	576,8	3.460,80	0,36
COSTO TOTAL POR HORA						5,41

COSTO TOTAL POR HORA	5,41
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 48. Consumibles de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	9J4369	CUCHILLA CENTRAL	3000	8.236,86	8.236,86	2,75
2	9W6092	CUCHILLAS LATERALES	3000	3.908,71	7.817,42	2,61
2	4J8665	ESQUINERO	4000	1.654,54	3.309,08	0,83
32	4F4042	TORNILLO	1500	45,05	1.441,50	0,96
32	2J3507	TUERCA	1500	24,61	787,52	0,53
TOTAL COSTO POR HORA						7,66

TOTAL COSTO POR HORA	7,66
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 49. Combustible de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
400	D-01	DIESEL	12	0,5	200,00	16,67
TOTAL COSTO POR HORA						16,67

TOTAL COSTO POR HORA	16,67
----------------------	-------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 50. Mantenimiento del convertidor de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	1F2771	BEARING	4500	609,7	609,70	0,14
1	5S0929	CARRIER	4500	0	0,00	0,00
1	5S0952	FLANGE	4500	0	0,00	0,00
1	5S0930	PLATE	4500	0	0,00	0,00
1	1T0789	PLATE	4500	13115,5	13.115,50	2,91
1	1T0793	RING	4500	554,3	554,30	0,12
1	1T0801	CARRIER	4500	703,8	703,80	0,16
1	5M2477	PLATE	4500	56,1	56,10	0,01
1	1T0788	CARRIER	4500	0	0,00	0,00
1	1T0935	CARRIER	4500	0	0,00	0,00
1	1T0766	BEARING	4500	271,2	271,20	0,06
1	2H5230	RING	4500	201,5	201,50	0,04
1	1T0810	BEARING	4500	2091,4	2.091,40	0,46
1	1T0802	CARRIER	4500	0	0,00	0,00
1	1T0771	IMPELLER	4500	19665,8	19.665,80	4,37
1	1T0782	TURBINE	4500	19513,7	19.513,70	4,34
1	1T0804	RING	4500	2324,8	2.324,80	0,52
1	1T0943 / 1480885	STATOR	4500	15705,6	15.705,60	3,49
1	1T0943 / 1T0795	RING	4500	131,2	131,20	0,03
4	1T0807	RACE	4500	416,5	1.666,00	0,37
3	1T0786	BEARING	4500	1102,2	3.306,60	0,73
2	1T0787	PLATE	4500	1132,3	2.264,60	0,50
2	1T0785	RING	4500	0	0,00	0,00
1	1T0766	BEARING	4500	271,2	271,20	0,06
TOTAL COSTO POR HORA						18,32

TOTAL COSTO POR HORA	18,32
----------------------	-------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 51. Mantenimiento de la caja de velocidades de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNID)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	8S0505	LUBRICATION RELIEF VALVE GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	2S3180	YOKE ASSEM	9500	6064	6.064,10	0,64
1	3K9917	YOKE ASSEM	9500	16477	16.476,80	1,73
1	8M7000	YOKE ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	3K9616	BEARING	9500	4511	4.510,50	0,47
1	3K9617	SPACER	9500	1250	1.250,20	0,13
1	3K9832	SHAFT ASSEM	9500	0	0,00	0,00
1	7H3958	SPIDER AND BEARING	9500	4877	4.876,80	0,51
2	7H3958	SPIDER AND BEARING	9500	0	0,00	0,00
1	9M4111	SHAFT ASSEM	9500	36079	36.079,10	3,80
1	9M4109	RETAINER	9500	655,6	655,60	0,07
1	4H8461	UNIVERSAL JOINT	9500	12585	12.584,50	1,32
1	1S8754	UNIVERSAL JOINT	9500	9761	9.761,20	1,03
1	3D4363	RING	9500	75,9	75,90	0,01
1	8S7988	SHAFT	9500	0	0,00	0,00
1	3K9662	BEARING	9500	3835	3.834,60	0,40
1	3K9917	YOKE ASSEM	9500	0	0,00	0,00
3	7S3999	SPRING	9500	87,5	262,50	0,03
3	7S4000	PISTON	9500	499,2	1.497,60	0,16
1	7S4002	PLATE	9500	209,3	209,30	0,02
1	7S3996	PLATE	9500	2916	2.915,80	0,31
1	2A4576	CUP	9500	174,6	174,60	0,02
1	1H4023	CONE	9500	0	0,00	0,00
2	3F1396	CONE	9500	960	1.920,00	0,20
2	8B6343	CUP	9500	429,6	859,20	0,09
1	5S1747	GEAR (41 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
2	8S7973	CONE	9500	810,5	1.621,00	0,17
2	8S7974	CUP	9500	565,6	1.131,20	0,12
1	8M6674	GEAR (54 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
2	5L1544	CONE	9500	1037	2.073,20	0,22
2	5L1545	CUP	9500	387,2	774,40	0,08
1	5S4182	GEAR (51 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	8M7101	SHAFT	9500	0	0,00	0,00
1	7S3993/3V4046	PLATE	9500	4519	4.518,50	0,48
9	7S4003	SPRING	9500	310,3	2.792,70	0,29
3	1S0057	PLATE	9500	2727	8.181,30	0,86

CANTIDAD (UNID)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
4	7S3992/2368675	DISC ASSEM	9500	1887	7.548,80	0,79
1	8M6673	GEAR (43 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	3K9921	GEAR (32 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	3F5789	CONE	9500	499,8	499,80	0,05
1	6F2956	CUP	9500	231,8	231,80	0,02
1	9H3249	BEARING	9500	0	0,00	0,00
1	2M2123	RING	9500	118,9	118,90	0,01
1	1S2128	PLATE	9500	27	27,00	0,00
1	4M1709	RING	9500	0	0,00	0,00
1	2M2134	INNER RACE	9500	72,6	72,60	0,01
1	5H1901	RACE AND ROLLER	9500	251,6	251,60	0,03
2	2M3889	RING	9500	484,4	968,80	0,10
2	8H8175	BEARING	9500	115,9	231,80	0,02
1	9M6794	GEAR (57 TEETH)	9500	89,5	89,50	0,01
1	9S2806	SHAFT	9500	0	0,00	0,00
1	8F6836	INNER RACE	9500	0	0,00	0,00
1	2M3904	OUTER RACE	9500	1392	1.391,60	0,15
1	9M2113	RING	9500	895,3	895,30	0,09
6	4M1641	PIN	9500	5479	32.875,20	3,46
1	5M0505	GEAR (124 TEETH)	9500	123,3	123,30	0,01
1	4M7128	GEAR (124 AND 80 TEETH)	9500	8104	8.103,50	0,85
9	2M7090/7G2496	GEAR (21 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
15	5M7925	BEARING	9500	1920	28.804,50	3,03
6	5M1909	SHAFT	9500	235,6	1.413,60	0,15
3	2M7089/7G2497	GEAR (21 TEETH)	9500	1177	3.531,00	0,37
3	4M2373	SPACER	9500	3439	10.316,40	1,09
1	1S1648	SHAFT	9500	62,2	62,20	0,01
1	9S2808	GEAR (32 AND 37 TEETH)	9500	20505	20.504,80	2,16
6	4B9880	BALL	9500	17243	103.456,8	10,89
1	4M7127	GEAR (124 AND 80 TEETH)	9500	2,5	2,50	0,00
12	1S3736	DISC ASSEM	9500	0	0,00	0,00
8	4M1625	PLATE	9500	1705	13.638,40	1,44
12	4M1677	PIN	9500	0	0,00	0,00
12	4M5016	SPRING	9500	128,6	1.543,20	0,16
1	4M8857	GEAR (39 TEETH)	9500	71,9	71,90	0,01
2	8M4898/8E5268	RING	9500	0	0,00	0,00
1	4M1708	RING	9500	654	654,00	0,07
1	1M8652	RING	9500	33,9	33,90	0,00

CANTIDAD (UNID)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
6	2M7088/7G2498	GEAR (17 TEETH)	9500	110,5	663,00	0,07
12	5M2054	BEARING ASSEM	9500	1800	21.602,40	2,27
4	1S6478	RING	9500	77,4	309,60	0,03
3	IS6496	PISTON	9500	331,8	995,40	0,10
3	1M5513/1283935	INNER RACE AND ROLLER	9500	0	0,00	0,00
3	1M5514	OUTER RACE	9500	1134	3.402,00	0,36
24	7M5761/2825042	WASHER	9500	660,4	15.849,60	1,67
3	1S6477	RING	9500	175,7	527,10	0,06
1	2S1448	PLATE	9500	304,8	304,80	0,03
1	2D6642	BALL	9500	162,1	162,10	0,02
1	2D6642	BALL	9500	1,7	1,70	0,00
12	4M1678	SPRING	9500	1,7	20,40	0,00
12	9H5537	SPRING	9500	79,6	955,20	0,10
1	3S9871	GEAR (124 AND 78 TEETH)	9500	48,2	48,20	0,01
1	1S6515	RING	9500	0	0,00	0,00
12	1S7558	PIN	9500	288,7	3.464,40	0,36
6	1S9989	PIN	9500	122,2	733,20	0,08
1	1S6514	RING	9500	124	124,00	0,01
1	IS6481	RING	9500	279,9	279,90	0,03
1	8S3370	RING	9500	0	0,00	0,00
1	4F0588/8S3517	BEARING	9500	232,3	232,30	0,02
1	3K2553	RING	9500	1265	1.265,10	0,13
6	5M3949	SHAFT	9500	384	2.304,00	0,24
12	7M5731/8E8304	WASHER	9500	731,2	8.774,40	0,92
6	4B9880	BALL	9500	55,7	334,20	0,04
1	1S9117	PISTON	9500	2,5	2,50	0,00
4	1S0057	PLATE	9500	0	0,00	0,00
5	8S9000/9P4253	DISC ASSEM	9500	2727	13.635,50	1,44
1	2S1362	RING	9500	1262	1.262,20	0,13
1	5S1068	PISTON	9500	308,2	308,20	0,03
12	1M9691	SPRING	9500	0	0,00	0,00
2	8M4389	SEAL	9500	81,3	162,60	0,02
1	9H0223	SEAL	9500	22,9	22,90	0,00
2	8M4447	SEAL	9500	42,9	85,80	0,01
6	8M1043	SEAL	9500	20,1	120,60	0,01
3	8M4446	SEAL	9500	37,8	113,40	0,01
2	8M4389	SEAL	9500	29	58,00	0,01
1	8M4445	SEAL	9500	22,9	22,90	0,00

CANTIDAD (UNID)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
3	8M4445	SEAL	9500	27,7	83,10	0,01
1	9H0223	SEAL	9500	27,7	27,70	0,00
1	9M2019	SHAFT	9500	42,9	42,90	0,00
1	9H0223	SEAL	9500	1479	1.479,00	0,16
1	7M1225	SHAFT	9500	42,9	42,90	0,00
1	2S1381	SPRING	9500	361	361,00	0,04
4	1S3206	BEARING	9500	204,8	819,20	0,09
2	8M4389	SEAL	9500	32,5	65,00	0,01
3	8M4447	SEAL	9500	22,9	68,70	0,01
1	8M4446	SEAL	9500	20,1	20,10	0,00
4	8M4389	SEAL	9500	29	116,00	0,01
1	9S4337	SPOOL	9500	22,9	22,90	0,00
1	9S4338	SPOOL	9500	0	0,00	0,00
1	4M5915	SPRING	9500	0	0,00	0,00
1	4M2381	SPRING	9500	158,4	158,40	0,02
1	3D8317	RING	9500	23,7	23,70	0,00
1	7S8643	SPOOL	9500	2,8	2,80	0,00
1	7S8636	SPOOL	9500	0	0,00	0,00
1	4M2381	SPRING	9500	0	0,00	0,00
1	7S8697	SPRING	9500	23,7	23,70	0,00
1	1S1644	PISTON	9500	218,4	218,40	0,02
1	7S8637	PISTON	9500	0	0,00	0,00
1	7S8696	SPRING	9500	0	0,00	0,00
1	1S1643	SPRING	9500	200,1	200,10	0,02
1	2S6444	CONVERTER CONTROL VALVE GROUP	9500	150,5	150,50	0,02
1	7S9521	OIL PUMP GROUP	9500	0	0,00	0,00
1	6B3223	CUP	9500	343,4	343,40	0,04
1	4K1558	CONE	9500	737,2	737,20	0,08
1	4K0055	YOKE ASSEM	9500	6082	6.082,10	0,64
1	1B6573	CUP	9500	848,7	848,70	0,09
1	3F7182	CONE	9500	1659	1.658,80	0,17
1	7B0357/5D7449	CUP	9500	709,4	709,40	0,07
1	7B0358/5D7453	CONE	9500	2002	2.001,60	0,21
1	2D8493	CONE	9500	1125	1.125,30	0,12
1	2D8496	CUP	9500	408,3	408,30	0,04
1	6B3223	CUP	9500	343,4	343,40	0,04
1	4K1558	CONE	9500	737,2	737,20	0,08

CANTIDAD (UNID)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
1	4K0055	YOKE ASSEM	9500	6082	6.082,10	0,64
1	1B6573	CUP	9500	848,7	848,70	0,09
1	3F7182	CONE	9500	1659	1.658,80	0,17
1	7B0357/5D7449	CUP	9500	709,4	709,40	0,07
1	7B0358/5D7453	CONE	9500	2002	2.001,60	0,21
1	2D8493	CONE	9500	1125	1.125,30	0,12
1	2D8496	CUP	9500	408,3	408,30	0,04
4	4D1192	BEARING	9500	324,2	1.296,80	0,14
4	3D5315	PINION (9 TEETH)	9500	3324	13.295,20	1,40
2	2D9129	GEAR (16 TEETH)	9500	0	0,00	0,00
1	7S8190	SHAFT (14 TEETH)	9500	16754	16.753,50	1,76
1	2S2125	GEAR (39 TEETH)	9500	55233	55.232,60	5,81
6	2H4010	BOLT	9500	221	1.326,00	0,14
6	2J3507	NUT	9500	23,5	141,00	0,01
6	9M2828	WASHER	9500	20,5	123,00	0,01
1	3F1547	SEAL	9500	61,4	61,40	0,01
6	2H4010	BOLT	9500	221	1.326,00	0,14
6	2J3507	NUT	9500	23,5	141,00	0,01
6	9M2828	WASHER	9500	20,5	123,00	0,01
1	3F1547	SEAL	9500	61,4	61,40	0,01
1	6M1592	BEARING	9500	2544	2.544,40	0,27
1	5S0086/4V7193	PLATE	9500	12152	12.151,50	1,28
2	5S0085	BEARING	9500	834,1	1.668,20	0,18
1	6M1592	BEARING	9500	2544	2.544,40	0,27
COSTO TOTAL POR HORA						61,18

COSTO TOTAL POR HORA	61,18
-----------------------------	--------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 52. Mantenimiento del sistema hidráulico de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	6J7590	STEERING CYLINDER GROUP	5000	0	0,00	0,00
1	2J6089	SPRING	5000	82,1	82,10	0,02
1	4J4051	SPRING	5000	126,6	126,60	0,03
1	2J6089	SPRING	5000	82,1	82,10	0,02
1	1J8497	VALVE	5000	329,7	329,70	0,07
1	1J9533	SPRING	5000	98,6	98,60	0,02
1	1J8945	VALVE	5000	2202,7	2.202,70	0,44
1	3J4121	SPRING	5000	127	127,00	0,03
1	4J4051	SPRING	5000	126,6	126,60	0,03
1	3J6956	SPRING	5000	24,2	24,20	0,00
1	6J9897/9J8202	HYDRAULIC PUMP	5000	29125,7	29.125,70	5,83
COSTO TOTAL POR HORA						6,47

COSTO TOTAL POR HORA	6,47
-----------------------------	-------------

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 53. Pata de Cabra (pinas) de una compactadora 824B

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
260	9S1645	BASE	10000	0	0,00	0,00
260	7K2939	TIP	10000	404,6	105.196,00	10,52
260	7S0790/7K9535	PIN	10000	83,8	21.788,00	2,18
2	5F2466	CONE	10000	3992,8	7.985,60	0,80
2	2D6513	CUP	10000	1968,5	3.937,00	0,39
2	4D7995	CONE	10000	4692,1	9.384,20	0,94
2	5F2465	CUP	10000	1594,5	3.189,00	0,32
2	4D1570/4E2133	GEAR (110 TEETH)	10000	20155,7	40.311,40	4,03
12	4D3151	BEARING	10000	333,6	4.003,20	0,40
6	4D1569/4E0403	GEAR (44 TEETH)	10000	15235,2	91.411,20	9,14
2	7S1576	RING	10000	0	0,00	0,00
2	1S5293	SHAFT	10000	0	0,00	0,00
2	6D0593	GEAR (19 TEETH)	10000	4860,7	9.721,40	0,97
2	5F2466	CONE	10000	3992,8	7.985,60	0,80
2	2D6513	CUP	10000	1968,5	3.937,00	0,39
2	4D7995	CONE	10000	4692,1	9.384,20	0,94
2	5F2465	CUP	10000	1594,5	3.189,00	0,32

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
2	4D1570/4E2133	GEAR (110 TEETH)	10000	20155,7	40.311,40	4,03
12	4D3151	BEARING	10000	333,6	4.003,20	0,40
6	4D1569/4E0403	GEAR (44 TEETH)	10000	15235,2	91.411,20	9,14
2	7S1576	RING	10000	4407,8	8.815,60	0,88
2	1S5293	SHAFT	10000	0	0,00	0,00
2	6D0593	GEAR (19 TEETH)	10000	4860,7	9.721,40	0,97
32	7K8472	FINGER ASSEM	10000	4068,5	#####	13,02
32	3S3228	BAR	10000	749	23.968,00	2,40
32	3S3225	RETAINER	10000	590,5	18.896,00	1,89
COSTO TOTAL POR HORA						64,87

COSTO TOTAL POR HORA	64,87
-----------------------------	--------------

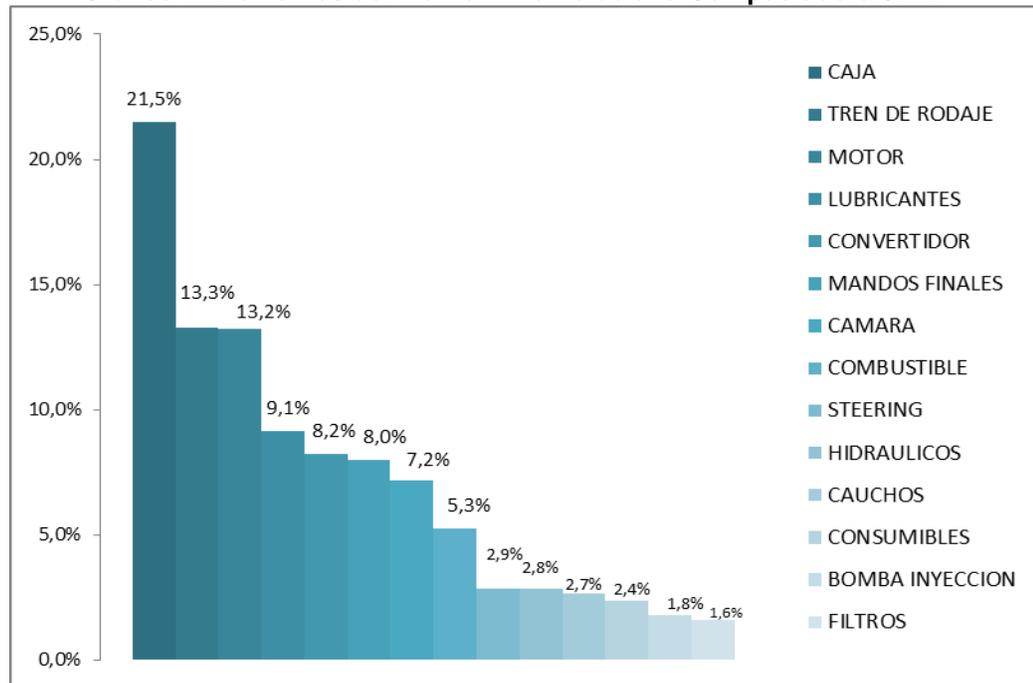
Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Tabla 54. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de una compactadora 824B

Componente	BsF/h	Porcentaje
TREN DE RODAJE	64,87	24%
CAJA	61,18	22%
CAMARA	42,10	15%
LUBRICANTES	28,98	11%
MOTOR	21,77	8%
CONVERTIDOR	18,32	7%
COMBUSTIBLE	16,67	6%
HIDRAULICOS	6,47	2%
BOMBA INYECCION	5,41	2%
CONSUMIBLES	5,13	2%
FILTROS	4,59	2%
CAUCHOS	0,00	0%
MANDOS FINALES	0,00	0%
STEERING	0,00	0%
Total	275,49	100%

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Gráfico 7. Elementos del mantenimiento de una Compactadora 824B



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

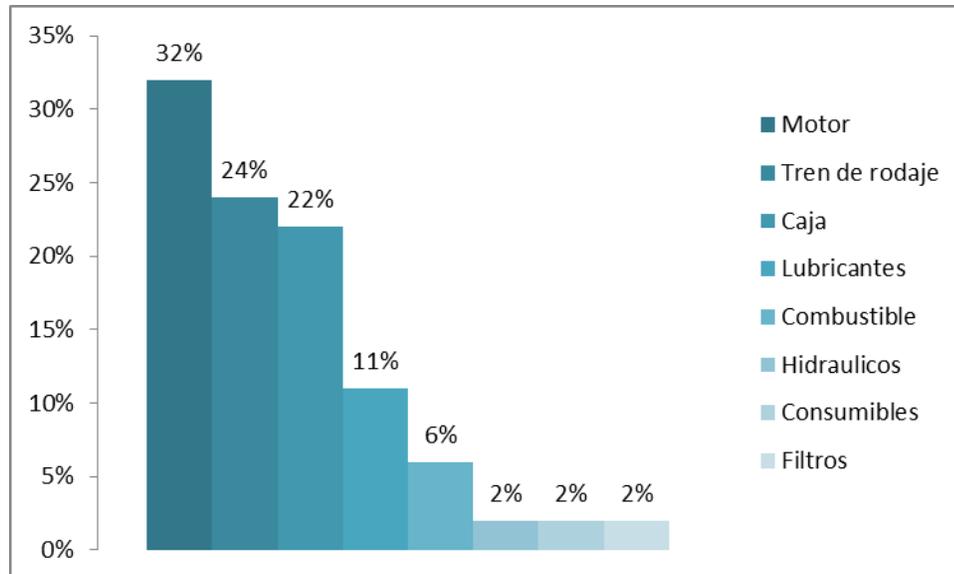
Al igual que el caso de estudio del Tractor D9G y de la Mototralla, se realizaron una serie de ajustes para agrupar distintos elementos que conforman un solo componente y así afinar el estudio.

Tabla 55. Porcentaje de cada elemento para mantenimiento de una compactadora 824B

Componente	Porcentaje
Motor	32%
Tren de rodaje	24%
Caja	22%
Lubricantes	11%
Combustible	6%
Hidráulicos	2%
Consumibles	2%
Filtros	2%
Total	100%

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Gráfico 8. Elementos del mantenimiento de una Compactadora 824B



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

El grafico anterior explica como al igual que la mototrailla, el conjunto de elementos que conforman al motor de la Compactadora 824B representan el mayor porcentaje de asignación de recursos con un 32 % del costo total de operación.

Se muestran en la siguiente tabla resumen para tener una visión general del proyecto a cubrir, donde se acoplan el peso en Bs/horas de cada variable de mantenimiento para cada una de las máquinas y el peso en porcentaje que representa el mantenimiento de cada uno de los componentes de cada máquina.

Tabla 56; 57; 58. Mantenimiento en BsF/h del equipo de Balchic, C.A

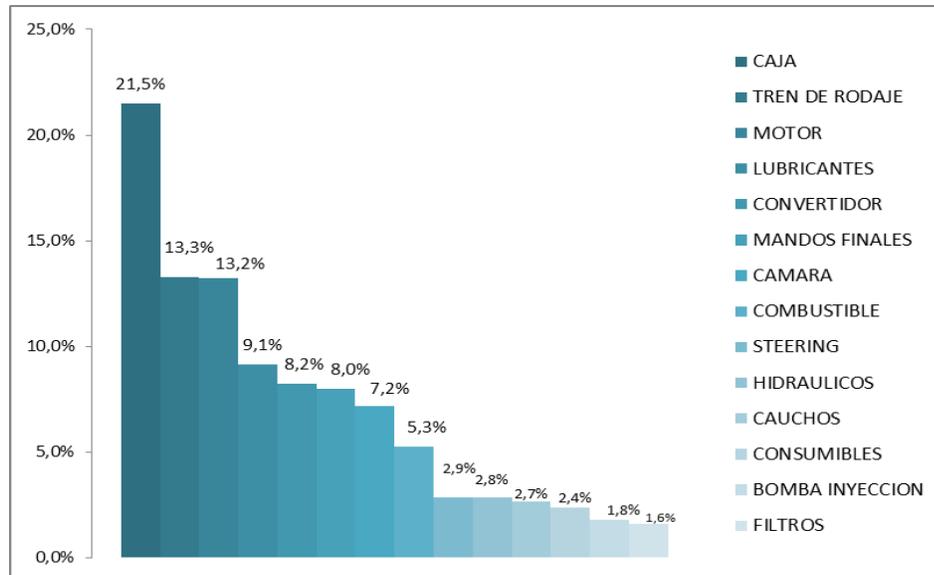
MAQUINA	LUBRICANTES	FILTROS	TREN DE RODAJE	CAUCHOS	MANDOS FINALES
D9G con Escarificador	28,98	4,76	61,47	0,00	28,44
Mototrailla 631D	28,98	5,84	0,00	25,46	47,50
Compactadora 824B	28,98	4,59	64,87	0,00	0,00
TOTALES	86,94	15,19	126,35	25,46	75,94

MAQUINA	STEERING	CONVERTIDOR	CAJA	MOTOR	CAMARA
D9G con Escarificador	10,70	42,23	54,24	43,48	5,80
Mototrailla 631D	16,65	17,71	88,82	60,33	20,28
Compactadora 824B	0,00	18,32	61,18	21,77	42,10
TOTALES	27,35	78,26	204,24	125,59	68,19

MAQUINA	BOMBA INYECCION	CONSUMIBLES	COMBUSTIBLE	HIDRAULICO	COSTO X HORA (TEORICA)
D9G con Escarificador	4,43	9,99	16,67	6,41	317,59
Mototrailla 631D	7,20	7,66	16,67	14,09	357,22
Compactadora 824B	5,41	5,13	16,67	6,47	275,50
TOTALES	17,05	22,78	50,00	26,97	950,30

Fuente: Balchic C.A (2012)

Gráfico 9. Porcentaje de cada uno de los elementos que requieren mantenimiento en BsF/h del equipo de Balchic, C.A



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

De la gráfica y tablas anteriores se concluye que el mantenimiento de la caja de todos y cada uno de los equipos es lo que conlleva mayor costo de operación, es decir 204,24 BsF por hora.

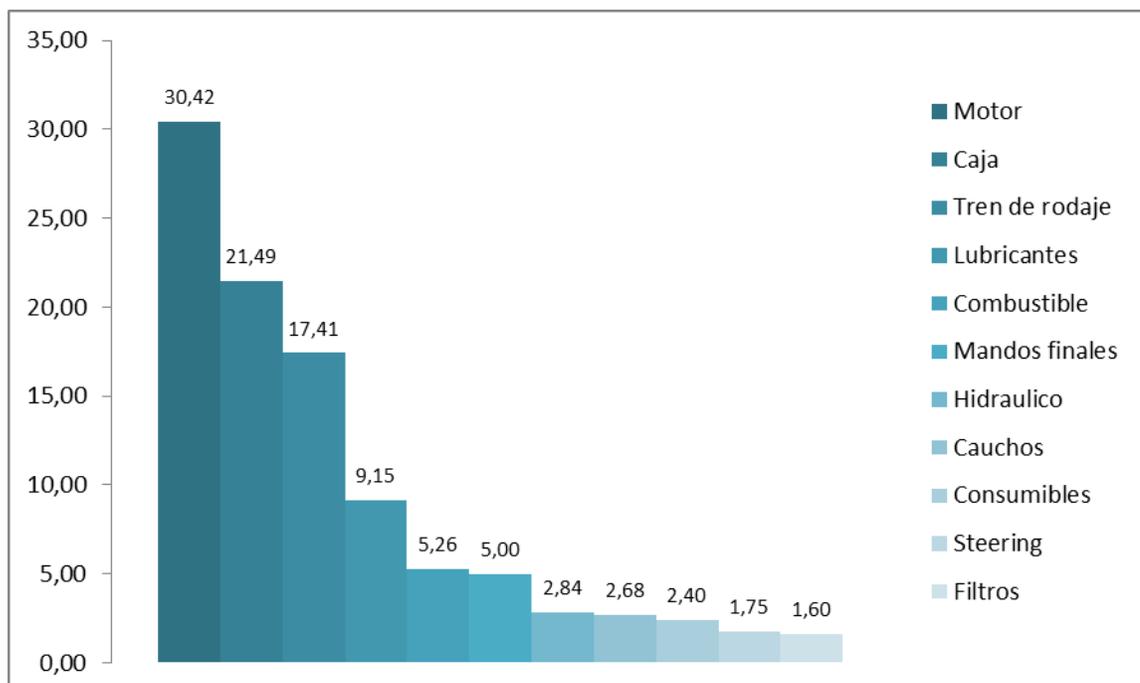
Se procederá a realizar una serie de ajustes para agrupar los distintos elementos que conforman un componente, de esta forma se reorganiza y especifica aún más el estudio, de forma tal de facilitar las labores administrativas del departamento responsable.

Tabla 59. Porcentajes del mantenimiento del equipo de Balchic, C.A

Componente	Porcentaje
Motor	30,42
Caja	21,49
Tren de rodaje	17,41
Lubricantes	9,15
Combustible	5,26
Mandos finales	5,00
Hidráulico	2,84
Cauchos	2,68
Consumibles	2,40
Steering	1,75
Filtros	1,60
	100

Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Gráfico 10. Porcentaje de cada uno de los elementos que requieren mantenimiento en BsF/h del equipo de Balchic, C.A



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

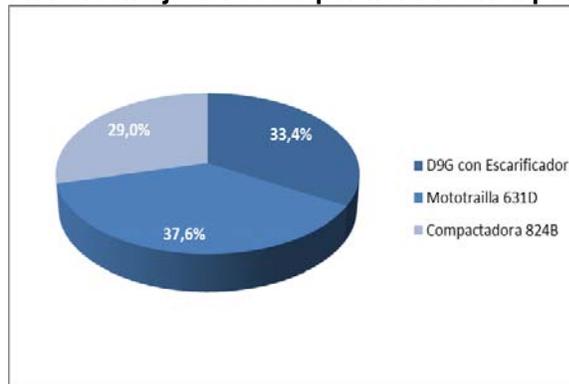
Tabla 60. Costo por hora Teórica por Máquina

MAQUINA	Costo x Hora (TEORICA)	Porcentaje
D9G con Escarificador	317,59	33,4%
Mototralla 631D	357,22	37,6%
Compactadora 824B	275,50	29,0%
Total	950,30	100,0%

Fuente: Balchic C.A (2012)

De la tabla anterior se observa que el total del costo de operación alcanza los 950,3 BsF/hora distribuidos porcentualmente para cada una de las máquinas como muestra el siguiente gráfico.

Gráfico 11. Porcentaje del costo por hora Teórica por Máquina



Fuente: Balchic C.A (2012)

Los resultados obtenidos permiten afirmar que para el ciclo de movimiento de tierra de la empresa “Balchic, C.A”, considerando únicamente el costo por desgaste de cada máquina involucrada en el ciclo, sin tomar en consideración la maquinaria de movimiento de tierra de apoyo, la mano de obra, vehículos de servicio y herramientas, la mototralla es la máquina que representa el mayor costo sobre el mantenimiento total de toda la maquinaria. Dicha máquina, requiere un equivalente al 37,6% del total de los recursos destinados a mantenimiento del equipo, es decir, 357,22 BsF/hora. Por su parte el tractor de orugas D9G requiere del 33,4 % equivalente a 317,59 BsF/hora para su mantenimiento.

Finalmente se tiene que el mantenimiento de la compactadora requiere del 29 % del total de los recursos requeridos para el equipo, equivalente a 275,5 BsF/hora.

Para el caso de este estudio, específicamente el de la Compactadora 824B, se debe ser responsable, y aclarar que dada la antigüedad de esta máquina, y que la investigación realizada fue únicamente con proveedores en Estados Unidos que venden repuestos originales, se presentan muchos vacíos o "huecos en la investigación", ya que para completarla se debió requerir a repuestos genéricos o usados, no manteniendo el criterio utilizado para las otras dos máquinas, sin embargo, los porcentajes obtenidos se acercan a la realidad y han dado resultados en la práctica. Del mismo modo pero en un porcentaje mucho menor ocurre con la investigación de los elementos que representan los costos para el Tractor D9G y Mototralla 631D.

4.7 Rendimientos esperados por las empresas venezolanas.

El rendimiento esperado por las máquinas de una empresa de movimiento de tierra, vendrá dado en principio por las especificaciones del fabricante, el estado del equipo, la correcta operación de los equipos, las condiciones y organización de la obra.

Considerando que, la maquinaria en estudio presenta un vencimiento de su vida útil según las especificaciones del fabricante, es de esperarse que su rendimiento se vea afectado.

El rendimiento esperado de la empresa "Balchic, C.A" según los historiales de uno de sus últimos proyectos, toma en consideración varios parámetros para el monitoreo del rendimiento de sus equipos, como son:

- **Máquina** se refiere al equipo asignado a obra.
- **Hr total** son las horas de máquina.
- **Servicio (acum)** significa horas desde el último servicio de mantenimiento realizado.
- **Viajes** es la cantidad de viajes realizados por máquina de transporte.
- **Mts Cúbicos (banco)** representa la cantidad de metros cúbicos medidos en estado natural. (15 mts cúbicos por viaje)
- **Mts Cúbicos (suelos)** demuestra la cantidad de metros cúbicos medidos en estado suelto. (23.5 mts cúbicos por viaje)
- **Mts Cúbicos (prom)** es el promedio entre metros cúbicos (banco) y metros cúbicos. (suelos)

- **Hr laborales** son las horas de trabajo. (44 horas semanales)
- **Hr extras** representa las horas extras de trabajo. (al superar 44 horas semanales)
- **Hr taller** representa las horas de máquina parada por fallas mecánicas o mantenimiento.
- **Hr disp.** Corresponde a las horas de máquina parada por razones no imputables a la empresa
- **Ope (real)** es el porcentaje de operatividad real. (a las horas laborales se le resta las horas de máquina parada operativa no imputable a la empresa)
- **Taller (real)** es el porcentaje de máquina parada por fallas mecánicas o mantenimiento. (a las horas laborales se le resta las horas de máquina parada operativa no imputable a la empresa)
- **Extras (real)** demuestra el porcentaje de horas extras. (a las horas laborales se le resta las horas de máquina parada operativa no imputable a la empresa)
- **Días trabajados** son los días calculados a partir de la división de horas de máquina en sitio entre diez horas diarias.
- **Rend. Diario** es el rendimiento obtenido por cada máquina por día.

Es importante destacar la importancia de monitorear, obtener y ajustar de ser necesario, los rendimientos obtenidos en campo, ya que este factor es fundamental para garantizar los tiempos de entrega del proyecto, así como también, para garantizar rentabilidad de la empresa, ya que el punto de equilibrio, debe ser superior al costo por hora de las políticas de mantenimiento anteriormente especificadas, es decir, ingresos mayores a 950,3 BsF/hora multiplicados por la cantidad de equipos que será utilizados en el proyecto.

En el caso específico de la empresa "Balchic, C.A", se observa a continuación el ejercicio realizado en una obra de movimiento de tierra ubicada en Charallave, Estado Miranda. Esta obra representa un desarrollo de grandes dimensiones para la empresa (supera los 350.000 mts³ de tierra), en donde se asignaron 5 mototraíllas, 2 tractores D9G y una compactadora 824B.

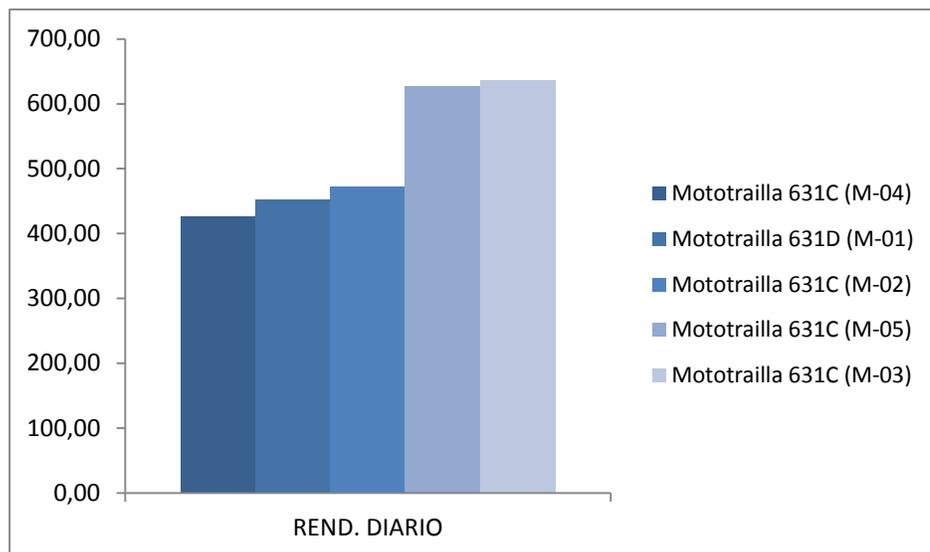
Tabla 61; 62. Tabla resumen Horas y Cantidades de Obra

MAQUINA	HR TOTAL (HORAS)	SERVICIO (ACUM) (HORAS)	VIAJES	MTS. CUBICOS (BANCO)	MTS. CUBICOS (SUELTOS)	MTS. CUBICOS (PROM)	HR LABORALES (HORAS)
Mototralla 631D (M-01)	497	180	2056	30840	48316	39578	728
Mototralla 631C (M-02)	449	211	2083	31245	48950,5	40097,75	728
Mototralla 631C (M-03)	563	240	2921	43815	68643,5	56229,25	728
Mototralla 631C (M-04)	208	23	830	12450	19505	15977,5	298
Mototralla 631C (M-05)	602	211	2878	43170	67633	55401,5	728
Tractor D9G (T-01)	520	17	0	0	0	0	728
Tractor D9G (T-03)	474	0	0	0	0	0	640
Compactadora 824B (C-02)	498	155	0	0	0	0	728
	3811		10768	161520	253048	207284	5306

MAQUINA	HR EXTRAS	HR TALLER	HR DISP	OPE (REAL) (%)	TALLER (REAL) (%)	EXTRAS (REAL) (%)	DIAS TRABAJADOS	REND. DIARIO (M ³ /DIA)
Mototralla 631D (M-01)	42	135	138	78,64	21,36	6,65	87,50	452,32
Mototralla 631C (M-02)	19	140	158	76,23	23,77	3,23	84,89	472,37
Mototralla 631C (M-03)	49	71	143	88,80	11,20	7,73	88,30	636,83
Mototralla 631C (M-04)	31	12	109	94,55	5,45	14,09	37,39	427,36
Mototralla 631C (M-05)	49	19	156	96,94	3,06	7,89	88,30	627,46
Tractor D9G (T-01)	55	128	135	80,25	19,75	8,49	88,98	0,00
Tractor D9G (T-03)	40	93	113	83,60	16,40	7,05	77,27	0,00
Compactadora 824B (C-02)	30	28	232	94,68	5,32	5,70	86,14	0,00
	315	626	1184	86,71	13,29	7,60	79,84	2616,34

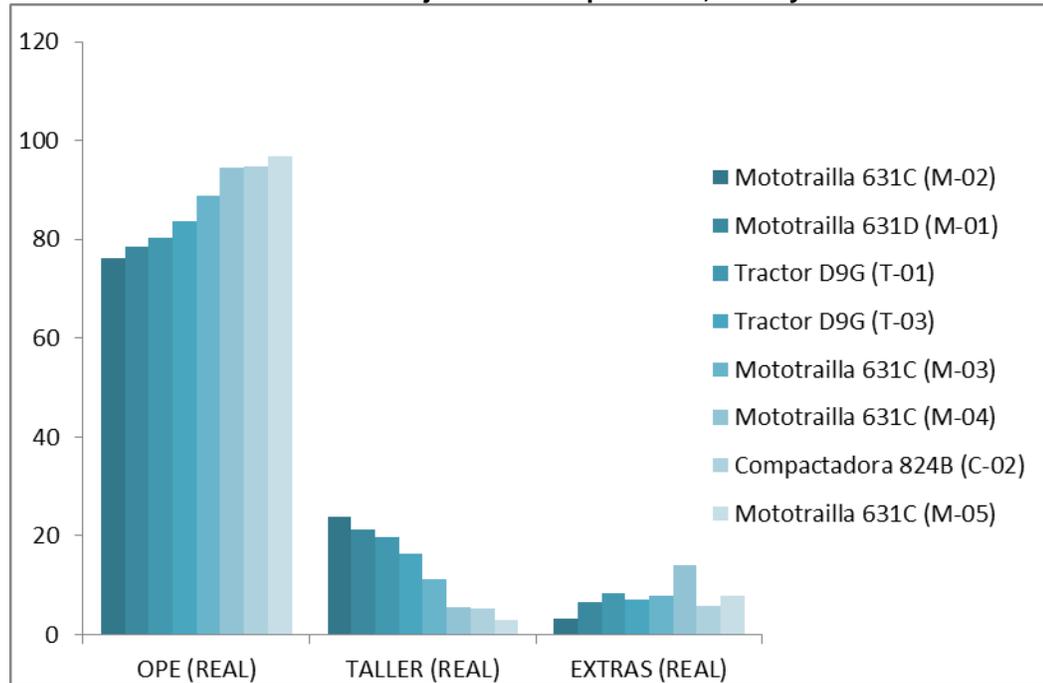
Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Gráfico 12. Rendimientos obtenidos



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Gráfico 13. Porcentaje de horas operativas, taller y extras.



Fuente: Balchic, C.A. (2012)

Los resultados obtenidos permiten demostrar que el equipo asignado a esta obra, está obteniendo durante el periodo de estudio del ejercicio un porcentaje de operatividad del 86,71 %, traducido en un rendimiento aproximado de 2616,34 mts³/día. Vale la pena acotar que para este caso en específico y en el periodo de análisis de este ejercicio, la obra requirió de sobre-acarreo de material importantes (hasta 16 estaciones) por lo que se disminuyó el rendimiento, consecuencia directa de esto es el incremento del costo de operación de los equipos hasta 25,57 BsF/mts³. En condiciones normales de acarreo, se podría garantizar un aumento de no menos del 40 % del rendimiento, ascendiendo hasta 3662,87 mts³/día lo que representaría un costo de operación para la empresa de 18,26 BsF/mts³.

4.8. Diagramas de procesos involucrados en el movimiento de tierra

A continuación se muestran los procesos que comúnmente se desarrollan en una empresa de movimientos de tierra, comprendidos por el proceso de corte, transporte y compactación. Se realiza también un análisis de cada una de las actividades, de manera tal de indicar las condiciones de uso y tiempo en el que opera cada máquina.

4.8.1 Proceso de corte

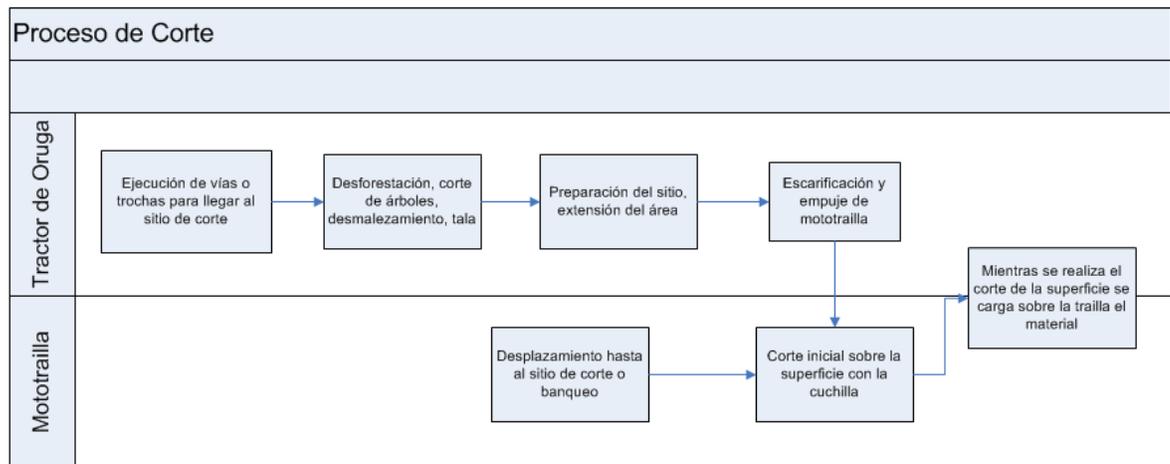
El proceso de corte involucra dos máquinas, la mototrailla y el tractor de oruga, siempre dependiendo del tamaño del proyecto se definirá la cantidad de mototraillas o tractores de oruga que se necesiten de acuerdo al volumen de material a mover. Se muestra entonces, la descripción de cada subproceso dentro de la fase de corte en un proyecto:

Tabla 63. Actividades en el proceso de corte

Actividad	Descripción
1	Ejecución de vías o trochas para llegar al sitio de corte
2	Desforestación, corte de árboles, desmalezamiento, tala
3	Preparación del sitio, extensión del área
4	Desplazamiento hasta al sitio de corte o banqueo
5	Escarificación y empuje de mototrailla
6	Corte inicial sobre la superficie con la cuchilla
7	Mientras se realiza el corte de la superficie se carga sobre la trailla el material

Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Diagrama del proceso de corte



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.1 Ejecución de vías o trochas para llegar al sitio de corte

En esta fase el tractor de oruga se encarga de realizar todas las vías por medio de las cuales circulará el equipo de movimiento de tierra. Su tiempo de ejecución dependerá de la vegetación presente en el sitio, la permisología para realizar dichas actividades, el estado del equipo, la pericia del operador y la topografía.

4.8.1.2 Desforestación, corte de árboles, desmalezamiento, tala

Una vez obtenida la permisología necesaria, el tractor de oruga procederá a desforestar el área, realizando los correspondientes cortes de árboles y tala de la maleza. Es en esta etapa donde el equipo se ve más exigido y sus capacidades son colocadas a prueba, de igual forma sucede con el operador.

Para un tractor D9G o D9H en esta fase del proceso puede llegar a utilizar su máxima potencia en tiempos prolongados, siendo una de las actividades que influye más sobre el mantenimiento.

4.8.1.3 Preparación del sitio, extensión del área

Una vez desforestado el sitio de corte y dando acceso al resto del equipo de movimiento de tierra, se procede a ampliar y dar capacidad de movilización para iniciar el proceso del ciclo. La mototrailla puede estar realizando actividades de circulación por las vías previamente construidas.

4.8.1.4 Desplazamientos hasta al sitio de corte o banqueo

Es esta etapa donde la mototrailla se encuentra limpiando las vías de material para garantizar la comodidad y movilidad en cuanto a espacio del resto del equipo. Esta actividad la puede estar realizando la motoniveladora, como equipo de apoyo.

4.8.1.5 Escarificación y empuje de mototrailla

De ser necesario y de contar con el equipo, se procederá a la escarificación del material que consiste en el arado de la tierra para facilitar el proceso de corte y carga del material. Este proceso de escarificación consiste en penetrar el material con el escarificador en caso de que el tractor de oruga lo tenga, se realiza cuando el lugar lo requiere por presencia de roca o dureza en el material. Una vez realizada esta actividad, se procede a la espera y posterior empuje de la mototrailla.

4.8.1.6 Corte inicial sobre la superficie con la cuchilla

La mototrailla se desplaza en busca del tractor hasta el sitio de corte, excavando el material con las cuchillas por tracción propia hasta llegar al sitio deseado y esperar por el empuje del tractor. Cabe destacar que dichas cuchillas son consideradas como consumibles, ya que poseen un desgaste significativo.

Es en esta etapa donde la mototrailla sufre mayor desgaste, no solo en las cuchillas sino también sobre los cauchos y el equipo en general.

4.8.1.7 Mientras se realiza el corte de la superficie se carga sobre la mototraíllas el material

Ya efectuado el corte y el tractor haber ejecutado el comienzo del ciclo de tierra, la mototrailla cargada con el material está lista para iniciar el proceso de transporte.

4.8.2 Proceso de Transporte

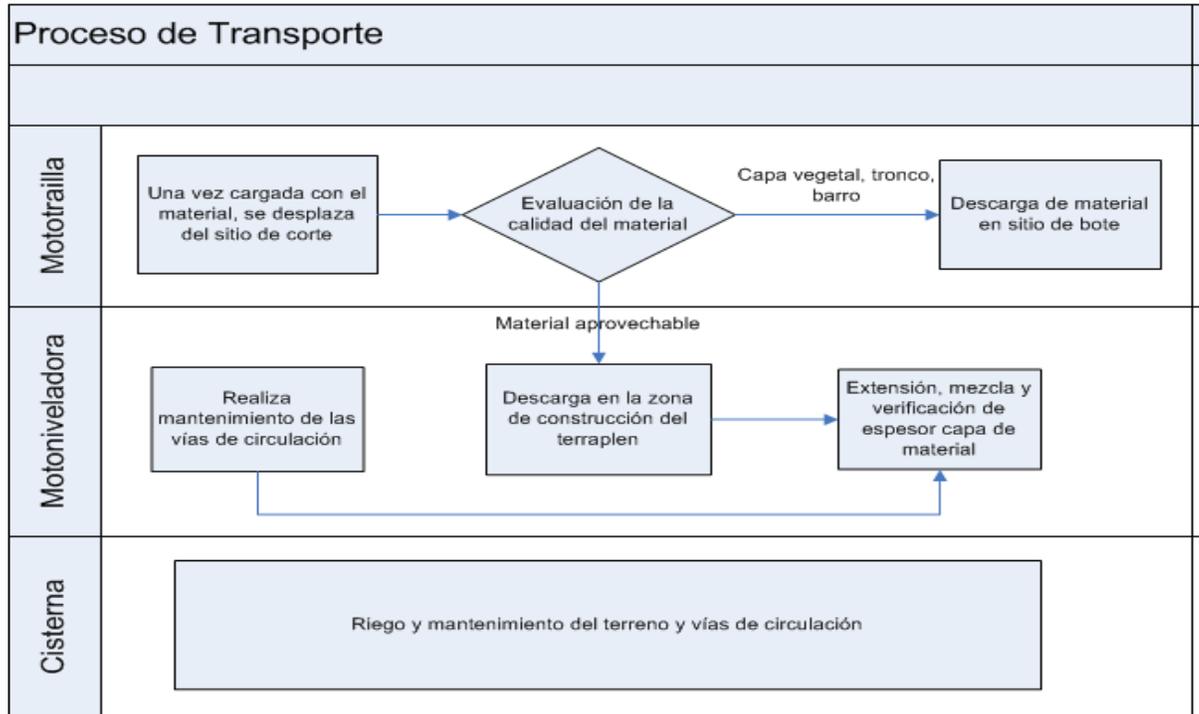
En este proceso se ven involucrados el equipo conformado por la mototrailla que inicia el proceso, la motoniveladora que extiende el material y la cisterna que se encarga de controlar la humedad del área.

Tabla 64. Actividades en el proceso de transporte

Actividad	Descripción
1	Desplazamiento de la mototraíllas desde el sitio de corte
2	Evaluación de la calidad del material
2.1	Descarga de material en sitio de bote, si el material es capa vegetal
3	Descarga en la zona de construcción del terraplén, si el material es aprovechable
4	Extensión, mezcla y verificación de espesor capa de material por parte de la motoniveladora
**	La motoniveladora realiza mantenimiento de las vías de circulación constantemente
**	Riego y mantenimiento del terreno y vías de circulación por parte de la cisterna

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Diagrama del proceso de transporte



Fuente: Elaboración propia

4.8.2.1 Desplazamiento de la mototralla desde el sitio de corte

Una vez cargada con el material, la mototralla se desplaza desde el sitio donde fueron efectuados los cortes hasta el sitio de bote o la zona donde se realizará el terraplén, dependiendo de la calidad del material.

4.8.2.2 Evaluación de la calidad del material

El destino final es decretado por el tipo y calidad de material, es en esta etapa donde se evalúa si el material es capa vegetal o material aprovechable. La capa vegetal generalmente está compuesta por troncos, barro o material orgánico, elementos que poseen en común una muy pobre consistencia y que no garantiza que con el pasar del tiempo, mantengan propiedades de compactación, cohesión y humedad.

El material aprovechable se caracteriza por ser el material limpio, libre de materia orgánica, analizado y aprobado por el ingeniero de suelos, que será destinado para la construcción de terrazas o terraplenes aptos para recibir las cargas o solicitaciones de la infraestructura que será desarrollado en el sitio.

4.8.2.3 Extensión, mezcla y verificación de espesor capa de material por parte de la motoniveladora

Esta etapa puede ser realizada por cualquiera de las tres máquinas involucradas en el proceso (mototrailla, motoniveladora y compactadora). Se extiende la capa del material, que es verificada por el personal en el sitio o por los mismos operadores y que generalmente no debe sobrepasar los 30cm de espesor.

4.8.2.4 La motoniveladora realiza mantenimiento de las vías de circulación constantemente

Al mismo tiempo que son ejecutados todas actividades que conforman el proceso de transporte, la motoniveladora retira el polvillo que se genera por el paso constante sobre las mototraillas sobre las vías de circulación y la cisterna realiza el riego y mantenimiento del terreno, evitando así el esparcimiento de partículas de polvo en el aire que afectan principalmente a las vías respiratorias de los operadores y del aire que absorben los motores para la combustión. Esto permite alargar la vida útil de los filtros de aire de las máquinas y por lo tanto de los motores y otros elementos para su funcionamiento.

4.8.3 Proceso de compactación

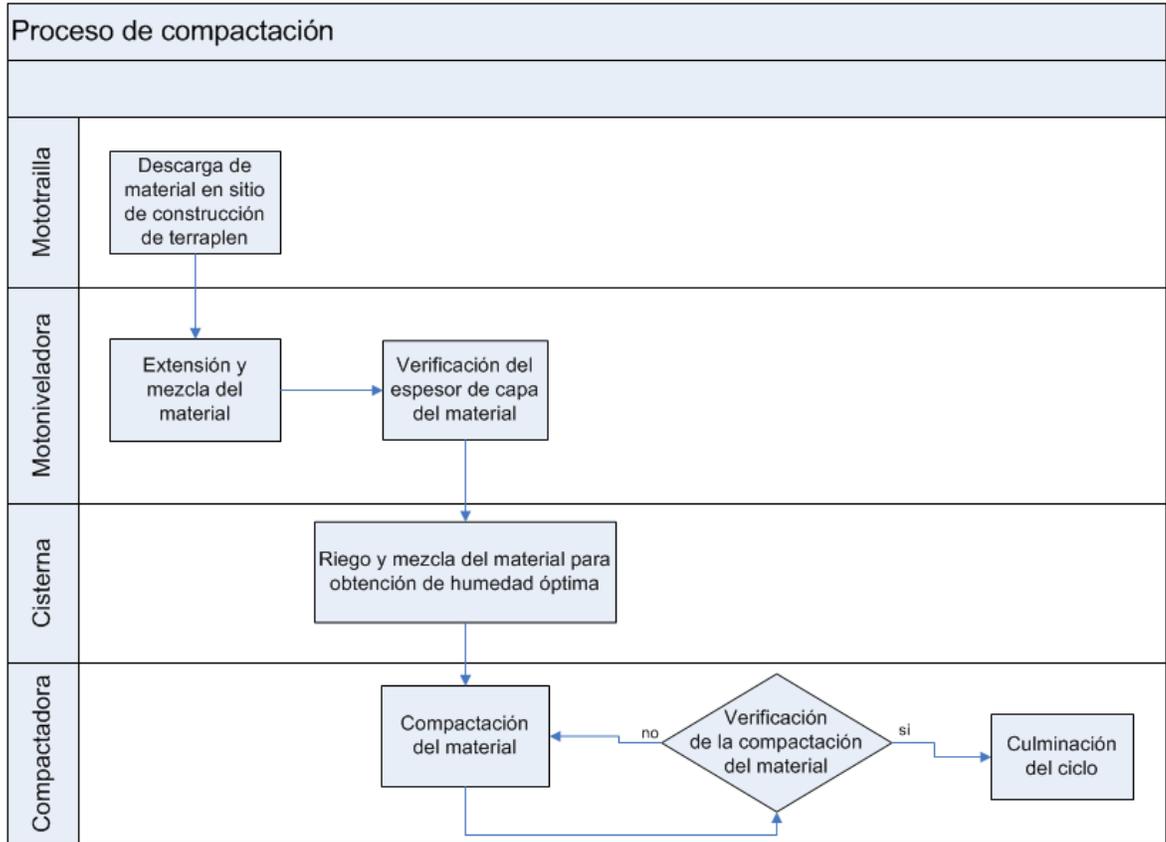
Finalmente el proceso de compactación cierra el ciclo de movimiento de tierra y para su ejecución se contempla la motoniveladora, compactadora y cisterna.

Tabla 65. Descripción del proceso de compactación

Actividad	Descripción
1	Material extendido y verificación de espesor de capa realizada
2	Riego y mezcla del material para obtención de humedad óptima
3	Compactación del material
4	Verificación de compactación

Fuente: Elaboración propia

Figura 18. Diagrama del proceso de compactación



Fuente: Elaboración propia

4.8.3.1 Compactación del material

Una vez extendido el material y verificado el espesor de las capas, se procede a realizar el proceso de compactación, realizado por la compactadora tipo pata de cabra, la cantidad de ciclos de compactación que serán aplicados al material, estarán determinado por los estudios previos por el ingeniero suelos y según vaya reaccionado el material se hacen los ajustes necesarios que determinan el tiempo de esta actividad.

Como opción alternativa para imprimir un extra energía y sellado del material, es decir para que la humedad se conserve, pueden utilizarse la acción del paso de las mototraíllas o el uso de un equipo de apoyo, como lo puede ser un vibro compactador de rodillo liso y caucho. Las piñas de la compactadora forman parte de los consumibles de este proceso y en mantenimiento representan el mayor peso para este equipo.

La verificación en la compactación es realizada por personal especializado que aprueba el porcentaje de compactación obtenido en dicha actividad, esto se realiza a través de un densímetro nuclear. De no ser óptimo el nivel de compactación en el material debe realizarse de nuevo la operación, debido a que esta etapa del ciclo constituye una de las fases más importantes porque garantiza la seguridad del terreno donde se instalaran las infraestructuras.

4.8.3.2 Riego y mezcla del material para obtención de humedad óptima

La cisterna se ocupa de regar agua encima de la superficie, este tipo de agua debe ser tratada previamente cumpliendo con las normas de salubridad y potabilización del agua. Esta actividad puede ser realizada también por vehículos de circulación fuera de calles, que pueden ser mototraíllas transformadas en ballenas.

Como fue mencionado anteriormente las cisternas se encuentran constantemente circulando por toda la obra para funciones tanto de eliminación de polvillo como para este proceso de compactación.

CAPITULO V

PROPUESTA

El presente capítulo tiene como propósito diseñar una estructura de costos para la gestión y las negociaciones de obras de movimiento de tierra dirigido a empresas en Venezuela. En este estudio se le presentara al lector toda una política de mantenimiento en la que se demostrara los costos en que se incurren para cumplirla. A continuación se presenta la estructura de costos para las empresas de este sector, especificando costos fijos y variables, y factores inherentes al proyecto.

5.1 Objetivo de la propuesta

El objetivo de esta propuesta buscar ser un marco de referencia y un modelo genérico para proyectos de movimiento de tierra, según los factores inherentes que lo determinan se especifican los costos fijos y variables de la estructura de costos.

5.2 Estructura de costos

La estructura de costos contempla los pagos que deben realizarse para un proyecto de movimiento de tierra, en términos de mantenimiento de maquinaria, sueldo de mano de obra directa e indirecta. La estructura de costos varía de acuerdo con la dimensión del proyecto, cantidad de tiempo, maquinaria y personal involucrado.

5.3 Factores inherentes al proyecto.

5.3.1 Dimensión del proyecto

Las dimensiones del proyecto vienen dadas por el volumen de tierra en m^3 y valores de sobre-acarreo, es decir distancias recorridas por la maquinaria. En base a estos dos criterios se considera un proyecto de pequeñas dimensiones, aquel en el que se desplace desde $65.000m^3$ hasta $120.000m^3$, evitando valores de sobre-acarreo, es decir hasta 200 metros tal y como lo estipula la norma COVENIN.

Un proyecto de medianas dimensiones abarca desde $120.000m^3$ hasta $300.000m^3$, evitando de igual forma valores de sobre-acarreo. Finalmente en un proyecto de grandes dimensiones es en el que se desplaza un volumen de $350.000m^3$ en adelante.

Es importante destacar, que clasificar las obras en pequeñas, medianas o grandes, dependerá directamente de los equipos con que cuenta la empresa para ejecutar los trabajos.

5.3.2 Duración del proyecto

La duración de un proyecto de movimiento de tierra, depende del estado del equipo, de los flujos de caja que pueda mantener el cliente, de la capacidad de respuesta para reparar fallas, del clima, del material y de la correcta estimación de cálculos métricos.

Para una empresa que cuente con un equipo de trabajo conformado por tres tractores, cinco mototraíllas y tres compactadoras, un proyecto de pequeñas dimensiones sería aquel que tenga una duración de cerca de 3 meses. Un proyecto de medianas dimensiones podría durar hasta 1 año y uno de grandes dimensiones superaría el año de ejecución y donde probablemente tendría que utilizar alianzas estratégicas con otras empresas o adquirir más equipo.

5.3.3 Maquinaria

Según los mismos criterios establecidos anteriormente un proyecto de pequeñas dimensiones utilizaría para mover desde 65.000m³ hasta 120.000m³, se utilizaría un tractor, dos mototraílla y compactadora.

Por su parte un proyecto de medianas dimensiones utilizaría entonces dos tractores, cuatro mototraíllas y compactadora. El proyecto de grande dimensiones requeriría de tres tractores, cinco mototraíllas y dos compactadoras. Estos criterios pueden variar dependiendo del proyecto, pero sirve como base de referencia.

5.3.4 Personal involucrado

Para una empresa que cuente con un equipo de trabajo conformado por tres tractores, cinco mototraíllas y tres compactadoras, la mano de obra directa para cada proyecto según su dimensión sería

Dimensión del proyecto	Personal mecánico	Operadores	Mínimo requerido por el sindicato	Total
Pequeño	6	4	1	11
Mediano	6	7	2	15
Grande	6	10	2	18

5.4 Costos fijos

Dentro de los costos fijos para una empresa de movimiento de tierra, están estipulados el alquiler de una oficina y los servicios como teléfono, internet, agua y electricidad. Los salarios de mano de obra directa e indirecta y beneficios laborales deben estar considerados en este apartado, el personal involucrado en una obra responde a las dimensiones del proyecto y del equipo asignado y fueron especificadas en la tabla anterior.

5.5 Costos Variables

Los costos variables dependen de los niveles de producción, en empresas de movimiento de tierra abarcan los excedentes en el salario por sobretiempos de mano de obra directa e indirecta, adquisición de repuestos, combustible, lubricante y mantenimiento. Se estima entonces que debe tenerse para el mantenimiento diario del conjunto de las tres máquinas (tractor, mototrailla y compactadora) alrededor de 950 BsF estándar por hora de operación, es por ello que representa uno de los costos más altos en el sector de la construcción.

Si el proyecto es de dimensiones superiores este monto será asociado y debe multiplicarse a la cantidad de máquinas que se necesiten en la ejecución del proyecto. Para un proyecto de pequeñas dimensiones que utilice únicamente las tres máquinas y trabaje 10 horas diarias, en el flujo de caja de la empresa deben contar con 9000 BsF destinados al mantenimiento de las máquinas.

5.6 Estructura de costos del mantenimiento de la maquinaria

La metodología para la realización de una estructura de costos para una empresa de movimientos de tierra debe comprender el análisis del mantenimiento de cada una de las máquinas necesarias para el proyecto destacando el valor en mantenimiento diario en BsF por hora de operación de la máquina de su tren de rodaje, caja, motor, convertidor, mandos finales, aceite del consumo diario, combustible, steering, consumibles, aceite de mantenimiento, hidráulicos, cámaras, filtros y bomba de inyección. En este sentido se sugiere estimar el total de BsF por hora que conlleva el mantenimiento de los equipos para así prevenir y garantizar que este monto se encuentre disponible en el flujo de caja de la empresa. Para esto se propone la utilización de una tabla como la que se muestra a continuación, especificando las cantidades del rubro de mantenimiento para cada una de las partes de la máquina, junto con su código, descripción, horas de operación, BsF por unidad necesaria total y finalmente el costo por hora que implica.

Tabla 66. Tabla propuesta para determinar el costo por hora de cada elemento de mantenimiento

CANTIDAD (UNIDADES)	CODIGO	DESCRIPCION	HORAS	P. U. (BsF/UNI.)	TOTAL (BsF)	COSTO (BsF/HORA)
TOTAL COSTO POR HORA						

Fuente: elaboración propia

La suma total de los costos por hora que conlleva el mantenimiento de cada una de las partes de la maquina como lo son su tren de rodaje, caja, motor, convertidor, mandos finales, aceite del consumo diario, combustible, steering, consumibles, aceite de mantenimiento, hidráulicos, cámaras, filtros y bomba de inyección conforman en su totalidad el costo total por hora de operación de la máquina.

La metodología propone sumar los mantenimientos de las máquinas para así estimar el peso en porcentaje que cada una conlleva, es decir, la realización de una tabla como la siguiente, donde se especifique las cantidades de tractores de oruga, mototrailla, compactadoras, maquinaria de apoyo que se requieran, el costo total por hora que implica su mantenimiento. La última columna resulta de realizar una relación entre el costo de cada equipo sobre el total

Tabla 67. Metodología propuesta para determinar el costo por hora de cada elemento de mantenimiento

Máquina	Cantidad	Costo x Hora del mantenimiento	Porcentaje
D9G con Escarificador			
Mototrailla 631D			
Compactadora 824B			
Maquinaria de apoyo			
Total			

Fuente: Elaboración propia

Al contar con una tabla como la anterior la empresa puede conocer que maquinaria conlleva mayor peso de costo en mantenimiento.

Conociendo el comportamiento de los costos en un proyecto según sus dimensiones y dependiendo del rendimiento esperado por la empresa, la estimación del ingreso por m³ que se requiera desplazar variará según los resultados que arrojen las tablas del costo por hora de cada elemento de mantenimiento, los costos estimados por recurso humano, alquiler y servicio.

La realización del cálculo para el precio unitario por metro cúbico es sugerida de la siguiente manera

$$\text{CostoUnitario} = \frac{\text{CostoTotalDeOperacion}}{\text{MetrosCubicos DiariosEstimados}}$$

Para el cálculo del rendimiento de la empresa se sugiere tomar cuenta una política estricta de monitoreo diario de lo que ocurre en la obra documentado a través de una tabla como se muestra a continuación

MAQUINA	HR TOTAL	SERVICIO (ACUM)	VIAJES	MTS. CUBICOS (BANCO)
---------	----------	-----------------	--------	----------------------

MAQUINA	MTS. CUBICOS (SUELTOS)	MTS. CUBICOS (PROM)	HR LABORALES	HR EXTRAS
---------	------------------------	---------------------	--------------	-----------

MAQUINA	HR TALLER	HR DISP	OPE (REAL)	TALLER (REAL)
---------	-----------	---------	------------	---------------

MAQUINA	EXTRAS (REAL)	DIAS TRABAJADOS	REND. DIARIO
---------	---------------	-----------------	--------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación acerca del análisis de costos de operación de la maquinaria pesada disponible en Venezuela y su incidencia en el precio del metro cúbico de tierra permite afirmar que la maquinaria pesada existente en el mercado venezolano posee más de 40 años de operación, las políticas de mantenimiento preventivo se realizan con una frecuencia cotidiana con adecuaciones asociadas al año de la máquina, lo cual hace necesario el diseño de una estructura de costos para orientar la toma de decisiones en la práctica en la gestión de los proyectos de movimiento de tierra. Es así como el análisis de una muestra conformada por seis empresas en este sector permite constatar que las variables clave que deben ser consideradas en la estructura de costos a ser diseñada son las dimensiones del proyecto, recurso humano involucrado, tipo de maquinaria, este conjunto de variables pudiese funcionar como una herramienta útil orientando la práctica del ingeniero civil.

De acuerdo a cada uno de los objetivos específicos planteados en esta investigación se presentan las siguientes conclusiones, en primer lugar se tiene que la antigüedad de las máquinas de las empresas de la muestra asciende a los 40 años y han recibido tratamientos de overhauling para el aumento de su durabilidad, sobrellevando los efectos del desgaste de sus elementos.

En lo referente al análisis de costos fijos y variables que inciden en la gestión de proyectos de obras de movimientos de tierra de la muestra de empresas, se tiene que el rubro con mayor peso sobre la producción es el mantenimiento y reparación de los equipos, seguido por los costos en nómina del personal y en un porcentaje menor se encuentran el alquiler de oficinas y servicios.

En lo que refiere a los rendimientos esperados de la maquinaria según las empresas de la muestra de estudio, se puede concluir que los rendimientos de cada máquina se han visto afectados con el paso de los años, pero al garantizar los recursos y un flujo de caja estándar de 950 BsF por hora de operación para el mantenimiento de cada conjunto conformado de un tractor, mototrailla y compactadora se pueden obtener buenos resultados haciendo que los equipos sigan siendo productivos.

Entre las recomendaciones para las empresas en el sector de movimiento de tierra se propone el uso de una metodología para el cálculo de los costos por hora del mantenimiento de cada máquina de acuerdo a las dimensiones del proyecto tal y como se especificó en el capítulo V, de manera tal de llevar un control para responder ante cualquier mantenimiento correctivo inesperado.

También se sugiere uso de una política estricta para monitorear de forma diaria y continua lo que ocurre en la obra documentando actividades de mantenimiento para cuidar los costos de la empresa y calcular el rendimiento que se obtiene diariamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvira, F. (2004). *La encuesta: una perspectiva general metodológica*. Madrid: CIS, Centro de Investigaciones Sociológicas.

Alonzo, L. y Rodríguez, G. (2005). *Carreteras*. México: Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Barber, P. (2009). *Maquinaria de obras públicas II: Máquinas y equipos*. Editorial Club universitario.

Céspedes, A. (1981). *Principios de administración de mantenimiento*. Costa Rica: UNED.

Costes, J. (1975). *Máquinas para movimiento de tierras*. Barcelona: editores técnicos

Dao, G. (2012). Perfil del Sector Construcción en Venezuela. [en línea] Documento recuperado en:
<http://www.cvc.com.ve/portal/MainView.php?tab=CVCPER> [2012, 25 de septiembre]

Dávila, R. (2004). *Administración y planificación de maquinaria agrícola*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

Das, B. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México: Cengage Learning Editores.

Gransberg, D., Popescu, C. y Ryan, R. (2006). *Construction Equipment Management for Engineers, Estimators, and Owners*. CRC Press

Madrigal, E. (2008). *Guía práctica para el ingeniero. Gerencia de obra de movimiento de tierra*. Caracas.

Misha, R. y Pthak, K. (2004). *Maintenance Engineering And Management*. Prentice Hall.

Vidaurri, H. (2008). *Matemáticas financieras*. México: Cengage Learning

Haddock, K. (1998). *GiantEarthmovers: AnIllustratedHistory*.MotorBooks International

Horngren, C. Sundem, G. y Stratton, W. (2007) *Contabilidad Administrativa*. Pearson Education.

Pepall, L., Richards, D. y Norman, G (2006). *Organización Industrial: teoría y prácticas contemporáneas*. Cengage Learning Editores.

ANEXO A

CUESTIONARIO MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA

A continuación, se presentan un conjunto de afirmaciones con respecto al mantenimiento de la maquinaria pesada en su empresa. Por favor, marque con una equis (x) la opción que corresponda con las prácticas de la compañía, teniendo en cuenta que interesa conocer su verdadera opinión.

1. ¿La empresa cuenta con una política de mantenimiento preventivo?

- No, no se cuenta con políticas definidas ni con prácticas de forma regular.
 No, no se cuenta una política definida, no obstante, se aplica un movimiento de forma regular
 Sí, la política no se encuentra definida formalmente, pero se aplica de forma regular
 Sí, la política se encuentra definida formalmente y se aplica de forma regular

2. Con qué frecuencia se le hace revista a los siguientes componentes de la maquinaria pesada con que cuenta la empresa:

Maquinaria	Componente	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
		Frecuencia / Horas	Frecuencia / Horas
D9G / D9H con Escarificador	Lubricantes		
	Filtros		
	Tren de rodaje		
	Cauchos		
	Mandos finales		
	Steering		
	Convertidor		
	Caja		
	Motor		
	Cámara		
	Bomba inyección		
	Consumibles		
	Combustible		
Hidráulicos			

Maquinaria	Componente	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
		Frecuencia / Horas	Frecuencia / Horas
D9G / D9H Pala Angulable (Sin	Lubricantes		
	Filtros		
	Tren de rodaje		
	Cauchos		

Escarificador)	Mandos finales		
	Steering		
	Convertidor		
	Caja		
	Motor		
	Cámara		
	Bomba inyección		
	Consumibles		
	Combustible		
	Hidráulicos		

Maquinaria	Componente	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
		Frecuencia / Horas	Frecuencia / Horas
Mototrailla 631C	Lubricantes		
	Filtros		
	Tren de rodaje		
	Cauchos		
	Mandos finales		
	Steering		
	Convertidor		
	Caja		
	Motor		
	Cámara		
	Bomba inyección		
	Consumibles		
	Combustible		
	Hidráulicos		

Maquinaria	Componente	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
		Frecuencia / Horas	Frecuencia / Horas
Mototrailla 631D	Lubricantes		
	Filtros		
	Tren de rodaje		
	Cauchos		
	Mandos finales		
	Steering		
	Convertidor		
	Caja		
	Motor		
	Cámara		
	Bomba inyección		
	Consumibles		
	Combustible		
	Hidráulicos		
Maquinaria	Componente	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
		Frecuencia / Horas	Frecuencia / Horas

Compactadora 824B (Pata de cabra)	Lubricantes		
	Filtros		
	Tren de rodaje		
	Cauchos		
	Mandos finales		
	Steering		
	Convertidor		
	Caja		
	Motor		
	Cámara		
	Bomba inyección		
	Consumibles		
	Combustible		
Hidráulicos			

3. Según las expectativas de los proyectos de su empresa, cuál es el rendimiento esperado para cada maquinaria?

Maquinaria	Metros cúbicos / día
D9G con Escarificador	
D9G Pala Angulable	
D9H Pala Angulable	
Mototrailla 631C	
Mototrailla 631D	
Compactadora 824B	