

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA D INGENIERÍA
LTDA**

**GEISON ALEXIS RINCÓN CABALLERO
JONATAN VILLARREAL GARCÍA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA D INGENIERÍA
LTDA**

**GEISON ALEXIS RINCÓN CABALLERO
JONATAN VILLARREAL GARCÍA**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
PEDRO JOSÉ DÍAZ GUERRERO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1. GENERALIDADES DE D INGENIERÍA	20
1.1 INFORMACIÓN SOBRE LA EMPRESA	20
1.2 MISIÓN	21
1.3 VISIÓN.....	21
1.4 PROPUESTA DE VALOR	22
1.5 IDENTIFICACIÓN.....	22
1.6 UBICACIÓN.....	22
1.7 ORGANIGRAMA	25
1.8 SERVICIOS QUE PRESTA D INGENIERÍA	26
1.9 OBJETIVOS ORGANIZACIONALES	26
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.2 JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	30
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4. MARCO CONCEPTUAL.....	31
4.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?	31
4.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	31
4.2.1 Mantenimiento correctivo.	31
4.2.2 Mantenimiento preventivo.	32
4.2.3 Mantenimiento predictivo.....	33

4.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	33
4.3.1 Modelos cualitativos.	34
4.3.2 Modelos semi-cuantitativos.	34
4.3.3 Modelos cuantitativos.	34
4.4 NIVELES DEL MANTENIMIENTO	34
4.4.1 Nivel instrumental.	35
4.4.2 Nivel operacional.	35
4.4.3 Nivel táctico.	35
4.5 CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD (CMD)	36
4.5.1 Mantenibilidad.....	37
4.5.2 Confiabilidad.	37
4.5.3 Disponibilidad.	37
4.6 DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL	38
4.6.1 Curva de la bañera o de Davies.	38
5. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN D INGENIERÍA	40
5.1 EVALUACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA AUDITORÍA	40
5.2 FORMATOS DE CONSULTA DE LA AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO.....	41
5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA AUDITORÍA	45
5.4 RESUMEN DE LA AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO	49
5.5 OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA	50
6. CLASIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA.....	53
6.1 INVENTARIO DE EQUIPOS	53
6.1.1 Codificación.	53
6.1.2 Línea de maquinaria amarilla.	54
6.1.3 Línea de maquinaria de transporte.	55
6.1.4 Línea de equipos menores.	58
6.2 FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS.....	58

6.3 HOJA DE VIDA DE LAS MÁQUINAS	62
7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	63
7.1 NIVEL DE CRITICIDAD	63
7.2 DETERMINACIÓN DE TASA DE FALLAS POR AÑO.....	64
7.3 PONDERACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN CRITERIOS TÉCNICOS	65
7.3.1 Frecuencia de falla (FF).	65
7.3.2 Flexibilidad operacional (FO).....	65
7.3.3 Impacto operacional (IO).	66
7.3.4 Costo de mantenimiento correctivo (CMC).	66
7.3.5 Impacto en seguridad y ambiente (ISP).	66
7.4 CÁLCULO Y DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS	67
7.5 MATRIZ DE CRITICIDAD.....	69
7.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	72
8. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS.....	74
8.1 DEFINICIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE INSPECCIÓN Y RUTINAS DE CHEQUEO.....	74
8.2 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS	74
8.2.1 Cálculo analítico de la confiabilidad a partir de datos históricos de falla.	75
8.2.2 Cálculo de comprobación con software cmd.	83
8.2.3 Resultados y observaciones del análisis de confiabilidad.	84
8.2.4 Conclusiones del análisis de confiabilidad.	86
9. DOCUMENTACIÓN DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y PERIODICIDAD DE REEMPLAZO DE COMPONENTES	88
9.1 PLANES DE MANTENIMIENTO	95
9.2 PLANES DE MANTENIMIENTO BAJO FRECUENCIAS CALCULADAS	103
9.3 LISTAS DE CHEQUEO PREOPERACIONALES	111
9.3.1 Lista de chequeo preoperacional vehículos de transporte	111

9.3.2 Lista de chequeo preoperacional maquinaria amarilla.....	112
9.3.3 Lista de chequeo preoperacional equipos menores	113
10. CONCLUSIONES	114
11. RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	117
ANEXOS.....	118

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Logo de la empresa D Ingeniería	21
Figura 2. Ubicación de la empresa en Floridablanca.....	23
Figura 3. Toma puerta principal D Ingeniería.....	23
Figura 4. Toma interna sede principal D Ingeniería.	24
Figura 5. Organigrama D Ingeniería.....	25
Figura 6. Niveles del mantenimiento	35
Figura 7. Curva de la bañera	39
Figura 8. Imagen vibrocompactador Caterpillar.	54
Figura 9. Imagen camión turbo Nissan.....	56
Figura 10. Ejemplo matriz de criticidad.	70
Figura 11. Cálculo de días para confiabilidad del 85%.	82
Figura 12. Interfaz gráfica variables de entrada calculo CMD.	83
Figura 13. Resultados análisis de confiabilidad.	84
Figura 14. Acciones más adecuadas en función del Beta.	85
Figura 15. Acceso directo MP Software.	89
Figura 16. Presentación MP Software.....	89
Figura 17. Generación base de datos MP Software.	89
Figura 18. Interfaz de usuario catálogo de planes MP Software.	90
Figura 19. Menú agregar equipos al MP Software.....	91
Figura 20. Menú de creación de partes MP Software.....	92
Figura 21. Ejemplo vista de partes MP Software.	92
Figura 22. Recuadro creación de actividades del mantenimiento MP Software. .	93
Figura 23. Vista de actividades de mantenimiento preventivo MP Software.	94
Figura 24. Cuadro de dialogo impresión de formatos MP Software.	94
Figura 25. Plan de mantenimiento camión grúa XUF375 y tracotocamión WCR654.	95
Figura 26. Orden de trabajo brazo hidráulico.....	98

Figura 27. Formato de mantenimiento buseta Hyundai TTV855.	99
Figura 28. Formato de mantenimiento camiones turbo TAQ600 – SOI315 – TAR182 – TAR190.	100
Figura 29. Formato de mantenimiento minicargador 236B3.01.	101
Figura 30. Formato de mantenimiento planta eléctrica DYH6000LE.	102
Figura 31. Formato de mantenimiento motosoldador 300D.	103
Figura 32. Mantenimiento preventivo de vehículos de transporte.	104
Figura 33. Orden de trabajo de vehículos de transporte.	105
Figura 34. Mantenimiento preventivo del minicargador.	106
Figura 35. Orden de trabajo del minicargador.	107
Figura 36. Mantenimiento preventivo de la planta eléctrica.	108
Figura 37. Orden de trabajo de la planta eléctrica.	108
Figura 38. Continuación orden de trabajo de la planta eléctrica.	109
Figura 39. Mantenimiento preventivo motosoldador.	109
Figura 40. Orden de trabajo del motosoldador.	110

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Datos de identificación	22
Tabla 2. Rangos de beta para las zonas de la curva de la bañera.....	39
Tabla 3. Escala de puntajes para calificación de la auditoría de mantenimiento ...	40
Tabla 4. Valores promedio de criticidad de rutas de inspección.....	46
Tabla 5. Valores promedio de manejo de la información sobre equipos.....	46
Tabla 6. Valores promedio sobre el mantenimiento actual.....	47
Tabla 7. Valores promedio sobre antecedentes de mantención.....	48
Tabla 8. Valores promedio sobre la efectividad de la mantención actual.....	48
Tabla 9. Resultados auditoría.....	49
Tabla 10. Observaciones de la auditoría del mantenimiento.....	52
Tabla 11. Listado de maquinaria amarilla.....	55
Tabla 12. Listado de maquinaria de transporte.....	57
Tabla 13. Listado de maquinaria de equipos menores.....	58
Tabla 14. Ficha técnica. Línea de Equipos Menores.....	59
Tabla 15. Ficha técnica. Línea Maquinaria Amarilla.....	60
Tabla 16. Ficha técnica. Línea de Transporte.....	61
Tabla 17. Formato de Hoja de Vida.....	62
Tabla 18. Tasa de fallas por año.....	64
Tabla 19. Ponderación de la frecuencia de fallas.....	65
Tabla 20. Ponderación de la flexibilidad operacional.....	66
Tabla 21. Ponderación del impacto operacional.....	66
Tabla 22. Ponderación del costo de mantenimiento correctivo.....	66
Tabla 23. Ponderación del impacto en seguridad y ambiente.....	66
Tabla 24. Resultados análisis de criticidad de la línea amarilla.....	67
Tabla 25. Resultados análisis de criticidad de la línea de transporte.....	68
Tabla 26. Resultados análisis de criticidad de la línea de equipos menores.....	69
Tabla 27. Matriz de criticidad de la línea amarilla.....	70

Tabla 28. Matriz de criticidad de la línea de transporte.	70
Tabla 29. Matriz de criticidad de la línea de equipos menores.	71
Tabla 30. Resultados análisis de criticidad.	71
Tabla 31. Registro histórico de fallas.	75
Tabla 32. Tiempos entre fallas en orden ascendente.	76
Tabla 33. Valores de la función de densidad de probabilidad de fallas.	76
Tabla 34. Valores X y Y de la distribución de Weibull.	77
Tabla 35. Parámetro Beta e intersección de la recta con el eje vertical.	79
Tabla 36. Parámetro de escala Eta.	79
Tabla 37. Confiabilidad.	80
Tabla 38. Función de confiabilidad camión grúa XUF375.	81
Tabla 39. Rangos de Beta para ubicación en la curva de Davies.	85
Tabla 40. Resultados análisis de confiabilidad.	86
Tabla 41. Lista de chequeo vehículos de transporte.	111
Tabla 42. Lista de chequeo maquinaria amarilla.	112
Tabla 43. Lista de chequeo de equipos menores.	113

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Detalle criticidad de rutas de inspección.	46
Gráfico 2. Detalle de manejo de la información sobre equipos.....	47
Gráfico 3. Detalle sobre el mantenimiento actual.....	47
Gráfico 4. Detalle de antecedentes de costos de mantención.....	48
Gráfico 5. Detalle efectividad de la mantención actual.	49
Gráfico 6. Representación general de los resultados de la auditoría.	50
Gráfico 7. Representación de los resultados de la auditoría.	51
Gráfico 8. Distribución de Weibull para el camión grúa XUF375.....	78
Gráfico 9. Curva de confiabilidad para el camión grúa XUF375.....	80
Gráfico 10. Confiabilidad vs tiempo entre fallas.	82

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Formula de criticidad de equipos.	67
Ecuación 2. Función de densidad de probabilidad de falla.	76
Ecuación 3. Función de transformación de distribución X.....	77
Ecuación 4. Función de transformación de distribución Y.....	77
Ecuación 5. Analogía de la ecuación de la recta con los parámetros de la distribución de Weibull.	78
Ecuación 6. Fórmula de cálculo del parámetro Eta.	79
Ecuación 7. Confiabilidad en función de los parámetros Beta e Eta.....	79

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. FICHAS TÉCNICAS.....	118
Anexo B. CÁLCULO ANALISIS DE CONFIABILIDAD.....	138
Anexo C. OT ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	148

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA D INGENIERÍA LTDA. *

AUTORES: GEISON ALEXIS RINCÓN CABALLERO
JONATAN VILLARREAL GARCÍA**

PALABRAS CLAVE: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, WEIBULL, CONFIABILIDAD, ANALISIS DE CRITICIDAD.

DESCRIPCIÓN:

En este proyecto se lleva a cabo el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo a los elementos principales de la infraestructura de la empresa D INGENIERIA LTDA. Primeramente se hace un reconocimiento organizacional de la empresa donde se distingue la problemática y cada uno de los departamentos que la conforman, identificando el tipo de activos que usan para los servicios que prestan. Posteriormente se procede a realizar un diagnostico de la gestión del mantenimiento en la compañía para detectar falencias, plantear observaciones e implementar mejoras, partiendo de esto se clasifica y se organiza toda la documentación pertinente al mantenimiento de infraestructura de la empresa, seguido del cálculo de la criticidad por el método de factores ponderados para establecer los activos que más influyen en su proceso productivo. Partiendo de este cálculo se continúa con el diseño del plan de mantenimiento obteniendo las frecuencias de intervención de cada uno de los equipos críticos utilizando un análisis de confiabilidad, finalmente se elaboran los planes de mantenimiento que incluyen actividad, frecuencia, tipo y tiempo estimado con las recomendaciones del fabricante y con las frecuencias obtenidas del análisis de confiabilidad, todo esto con la finalidad de entregar a la empresa un plan de mantenimiento que allí puedan implementar para que se obtimicen los recursos destinados al mantenimiento.

*Trabajo de grado.

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Pedro José Díaz Guerrero. Ingeniero Mecánico.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE CRITICAL EQUIPMENT OF THE COMPANY D INGENIERÍA LTDA.*

AUTHORS: GEISON ALEXIS RINCÓN CABALLERO
JONATAN VILLARREAL GARCÍA**

KEYWORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, WEIBULL, RELIABILITY, CRITICITY ANALYSIS.

DESCRIPTION:

In this project the development of a plan of preventive maintenance plan to the main elements of the infrastructure of the company D INGENIERIA LTDA is carried out. Firstly, an organizational recognition is made of the company where the problem is distinguished and each of the departments that comprise it, identifying the type of assets they use for the services they provide. Subsequently, a diagnosis of maintenance management in the company is made to detect shortcomings, propose observations and to implement improvements, based on this, all the documentation pertinent to the maintenance of the company's infrastructure is classified and organized, followed by the calculation of criticality by the company. Weighted factors method to establish the assets that most influence its production process. Based on this calculation, we continue with the design of the maintenance plan, obtaining the intervention frequencies of each of the critical equipment, using a reliability analysis. Finally, the maintenance plans that includes activity, frequency, type and estimated time are elaborated. Recommendations of the manufacturer and with the frequencies obtained from the reliability analysis, all with the purpose of delivering to the company a maintenance plan that can be implemented there so that the resources destined for maintenance are obtimized.

* Degree Project.

** Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Pedro José Díaz Guerrero. Mechanical Engineering.

INTRODUCCIÓN

La evolución del mantenimiento a través de la historia se puede describir en tres fases principales que inician en la segunda guerra mundial: en la primera etapa el mantenimiento era netamente correctivo y no se necesitaba gran aptitud, la segunda etapa requería la reducción de los costos y el aumento de la vida útil de los equipos para esto predominó el mantenimiento preventivo, luego surgió la confiabilidad y la disponibilidad con la cual se quiere aumentar los niveles de seguridad y alcanzar una mayor eficiencia.

La empresa D Ingeniería para el desarrollo de su proceso productivo cuenta con diferentes equipos para labores como la construcción, un parque automotor para servicios de transporte y personal competente que garantiza la calidad en la ejecución de los servicios acorde a las necesidades y expectativas de sus clientes.

La optimización del uso de los recursos y activos es una meta que se ha propuesto D Ingeniería, por este motivo se dedican esfuerzos en detectar falencias en la organización e implementar la búsqueda de soluciones con programas enfocados a prevenir y minimizar impactos negativos. Por esta razón la empresa ve en un plan de mantenimiento preventivo una oportunidad de mejora en su planeación estratégica y este es el principal objetivo en que se enfoca este proyecto.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, en este libro se desarrolla el diseño de un plan de mantenimiento de los equipos críticos de la compañía con el cual se mejore la gestión de los activos, se determinen las frecuencias y rutinas de intervención de los equipos con una mayor jerarquización, esto con el objetivo de generar una reducción en los costos a mediano y largo plazo, donde se pueda

aumentar la confiabilidad y maximizar la vida operacional de los equipos de la empresa.

1. GENERALIDADES DE D INGENIERÍA

1.1 INFORMACIÓN SOBRE LA EMPRESA

D INGENIERIA, fue fundada por el Ingeniero CESAR AUGUSTO DUARTE, registrada en la Cámara de Comercio de Bucaramanga el día 28 de junio de 1994 identificada con Nit 8002321197-1. La empresa desde sus inicios ha realizado proyectos de ingeniera de alto calibre, específicamente en el área de la ingeniería civil incluso trabajos de ingeniería mecánica e ingeniería ambiental.

D INGENIERIA con la adquisición de experiencia, y el progresivo aumento de la capacidad técnica y económica de la empresa, se ha logrado desarrollar una gran variedad de proyectos en las ramas de la ingenierías civil, ambiental y mecánica pero debido a los cambios en el mercado, la empresa oriento en los últimos años hacia la rama civil debido a que de este tipo de contratos se obtenían los ingresos de la empresa, además de la muy buena relación con los clientes de esta rama.

Hoy en día contribuye al desarrollo del país, generando empleo y obras de infraestructura en Barrancabermeja y el Magdalena Medio con la ambición de llegar a otras regiones o departamentos de la geografía nacional, con el fin de asegurar el éxito mantener la empresa en el mercado. Con el fin de lograr este objetivo, la empresa ha implementado un Sistema de Gestión Integral HSEQ, bajo las normas ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007 y RUC Registro Único de Contratistas, con el fin de estandarizar sus procesos mantener un alto margen de utilidad, garantizar la ejecución segura de sus obras, de tal forma que no se generen accidentes de trabajo e impactos ambientales que generen perdidas económicas graves para la empresa además de afectar en gran medida su imagen ante los clientes.

Figura 1. Logo de la empresa D Ingeniería



Fuente. D ingeniería Ltda.

1.2 MISIÓN

Brindar servicios de ingeniería, adquisición y construcción (EPC) en las especialidades civil, mecánica y eléctrica, comprometida con el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes y con el cuidado de nuestros colaboradores y del medio ambiente, para lo cual cuenta con un Sistema de Gestión Integral funcional, una estructura organizacional flexible, infraestructura moderna y personal especializado para desarrollar con éxito los diferentes proyectos en los que asume responsabilidades.

1.3 VISIÓN

En el año 2020 la empresa es reconocida como uno de los principales proveedores de servicios de ingeniería, adquisición y construcción en las especialidades civil, mecánica y eléctrica en el sector de hidrocarburos; desarrollando proyectos por montos superiores a los diez mil millones de pesos con un alto nivel de cumplimiento, calidad y seguridad.

1.4 PROPUESTA DE VALOR

- Evaluaciones de desempeño superiores a 96 puntos en todos los proyectos que se desarrollen.
- Estados financieros sólidos, con inversiones en infraestructura que apalanquen la confiabilidad proyectada por la empresa.
- Estricto cumplimiento de la ley.
- Cartera sana con todas las instituciones aliadas y partes interesadas
- Propuestas atractivas ofreciendo la mejor alternativa en calidad, tiempo y costo.
- Optimo mantenimiento de la maquinaria y equipo, reinversión en infraestructura.
- Utilización de tecnología de punta integrada al control de los procesos.

1.5 IDENTIFICACIÓN

Tabla 1. Datos de identificación

GERENTE GENERAL	LUZ BEATRIZ PINEDA RAMIREZ
DIRECCION	KM 4 VIA PIEDECUESTA-FLORIDABLANCA VEREDA MENSULY
TELEFONO	6914077
CIUDAD	FLORIDABLANCA
COORDINADOR HSEQ	CESAR AUGUSTO MANTILLA HIJUELOS
ARL	SURA
RIESGO	V

1.6 UBICACIÓN

La empresa D Ingeniería está ubicada en el municipio de Floridablanca en el departamento de Santander, su sede principal se encuentra en la dirección KM 4 VIA PIEDECUESTA-FLORIDABLANCA VEREDA MENSULY.

Figura 2. Ubicación de la empresa en Floridablanca.



Fuente: <https://www.google.com/maps/place/7%C2%B001'54.0%22N+73%C2%B004'06.4%22W/@73.0697959,17.15z/data=!4m14!1m7!3m6!1s0x0:0x0!2zN8KwMDEnNTQuMCJOIDczwrAwNCcwNi40llc!3b1!8m2!3d7.0316603!4d-73.0684347!3m5!1s0x8e68474bdd3c977f:0xee6ea9ff3092ce3d!7e2!8m2!3d7.0316603!4d-73.0684347?hl=es>

Figura 3. Toma puerta principal D Ingeniería.

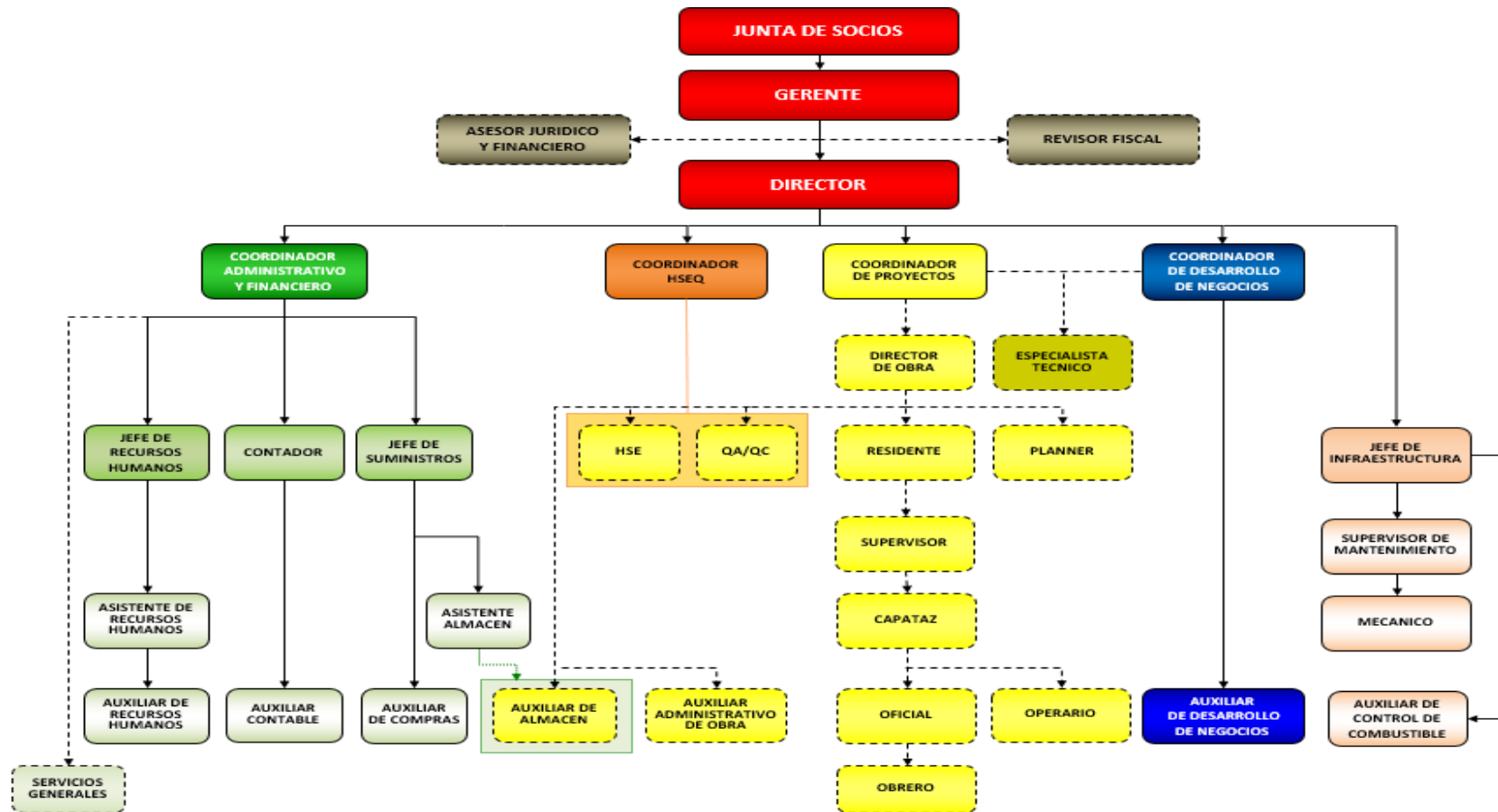


Figura 4. Toma interna sede principal D Ingeniería.



1.7 ORGANIGRAMA

Figura 5. Organigrama D Ingeniería



Fuente. D Ingeniería Ltda.

1.8 SERVICIOS QUE PRESTA D INGENIERÍA

La empresa D Ingeniería brinda servicios y ejecuta actividades de ingeniería entre los cuales se encuentra:

- Procura y construcción de obras civiles, ambientales, mecánicas, eléctricas.
- Actividades de ingeniería en la industria petrolera.
- Adquisición y construcción de engineering, procurement and construction (EPC).
- Operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales e industriales.

1.9 OBJETIVOS ORGANIZACIONALES

- Cumplir con los requisitos del cliente y partes interesadas en cada proyecto o servicio contratado.
- Satisfacer al cliente a través de la prestación de un servicio acorde con sus necesidades y expectativas.
- Contar con personal competente que garantice la calidad en la ejecución de los proyectos o servicios contratados.
- Proporcionar un ambiente laboral que proteja y conserve la salud de los trabajadores.
- Implementar programas enfocados a prevenir, minimizar y controlar riesgos, accidentes e incidentes.
- Proteger el medio ambiente mediante la optimización del uso de los recursos y la prevención de la contaminación.
- Mejorar continuamente los procesos del Sistemas de Gestión Integral de la Organización.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

D INGENIERIA LTDA es una empresa constituida en el año de 2001 con sede principal en el municipio de Piedecuesta Santander, dedicada a prestar servicios y operaciones de mantenimiento mecánico, transporte y construcción de obras civiles a entidades estatales y privadas. Para realizar estos procesos la compañía cuenta con maquinaria adecuada en la línea de transporte como camiones turbo, volquetas, camionetas, tractocamiones y en la línea de maquinaria amarilla tales como motoniveladoras, retroexcavadoras, rodillo compactador, entre otros, el costo total de estos activos que se encuentran en la empresa están avaluados en alrededor de 9 mil millones de pesos. Actualmente, está realizando operaciones en Campo Rubiales, con un contrato de mantenimiento y con un título minero en el municipio de Girón Santander. La compañía cuenta con más de 63 empleados en las áreas de recursos humanos, ingeniería, infraestructura, operarios, entre otros.

En esta empresa no existe un departamento de mantenimiento definido, el jefe de infraestructura es un ingeniero mecánico y está encargado de la gestión del mantenimiento de los activos, apoyado por un técnico en la sede principal y dos en Campo Rubiales, así mismo la empresa hace subcontrataciones a compañías externas para las labores de mantenimiento solo después que ocurre una falla inesperada en alguno de los equipos de las líneas de maquinaria mencionadas y es poco frecuente la prevención de fallas. En general la gestión del mantenimiento no es muy buena y se evidencia que las técnicas aplicadas en D INGENIERÍA en un 60% son de mantenimiento correctivo, esto conlleva a la generación de costos excesivos los cuales tienen un valor aproximado de 800 millones de pesos anuales para este rubro, que en consecuencia representa un valor alto del presupuesto general de la compañía.

Teniendo en mente los hechos planteados, la empresa tiene la necesidad de reducir estos costos excesivos de mantenimiento de activos por lo cual se plantea la realización de un plan de mantenimiento preventivo de los equipos críticos que permita, una reducción de dichos costos en el empleo de mano de obra, disminuir la subcontratación y del mismo modo que se pueda lograr un mayor control de los equipos.

2.2 JUSTIFICACIÓN PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En la industria, de forma habitual se presentan cambios, como lo son el crecimiento y la competencia constante, esto hace que las empresas se motiven a mejorar día a día, con el fin de prestar un servicio óptimo hacia sus clientes y disminuir los costos. Es aquí donde el plan de mantenimiento preventivo entra a cumplir un papel muy importante en una empresa, debido a que mejora la confiabilidad, y prolonga la vida útil de las máquinas, además de controlar de manera efectiva los costos e inventario.

Como se ha mencionado anteriormente, en la empresa D INGENIERIA principalmente se realizan acciones correctivas, y gran parte de estas labores de mantenimiento son subcontratadas, esto conlleva al aumento en los costos de operación que es un factor en contra de la planeación financiera de la compañía igualmente afecta las proyecciones de expansión y crecimiento ya que la demanda del mercado es creciente, bajo estas circunstancias la empresa D INGENIERIA requiere del aumento de la confiabilidad de sus activos para satisfacer los requerimientos de sus clientes y prestar servicios de calidad, para llevar a cabo esto es necesario analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos cantidades considerables de recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor, por tal motivo la implementación de un plan de mantenimiento a las máquinas críticas de la

empresa mejoraría su funcionalidad y disponibilidad, de esta manera poder reducir los sobrecostos y así garantizar el óptimo funcionamiento de la maquinaria.

La realización de un plan de mantenimiento es una necesidad productiva que conllevaría a la recopilación y registro de datos obtenidos de diferentes fuentes como los fabricantes de los equipos y provenientes de la experiencia de los operarios de la empresa, que nos suministran información clara de variables críticas en el funcionamiento exacto de una máquina, para controlar de manera eficaz el comportamiento de la misma, que no genere riesgos, sobrecostos y que nos permita realizar una mejor gestión de los activos de la empresa.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer bases de cooperación y perfeccionar las relaciones Industria-Universidad acorde al principio misional de la Universidad Industrial de Santander realizando un plan de mantenimiento preventivo a los elementos principales de la infraestructura de la empresa D INGENIERIA LTDA en modalidad de práctica empresarial, contribuyendo al desarrollo de la industria del transporte y obras civiles en Santander.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico de la gestión del mantenimiento para determinar el estado en el que se encuentra la empresa D INGENIERÍA LTDA.
- Clasificar y organizar la información técnica del proceso de mantenimiento de infraestructura de la empresa.
- Realizar un análisis de criticidad de los activos para determinar los equipos que producen más impacto en la compañía.
- Determinar la periodicidad de remplazo de equipos, subconjuntos, componentes o piezas y definir las frecuencias de inspección, rutinas de chequeo pre-operacionales y de recorrida de los equipos.
- Definir órdenes de trabajo en los cuales incluya, labores de limpieza, ajuste, lubricación de la maquinaria.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 ¿QUÉ ES EL MANTENIMIENTO?

Podemos definir el mantenimiento como un conjunto de técnicas para conservar equipos e instalaciones en servicio durante la mayor cantidad de tiempo y con el rendimiento máximo, es decir su principal función es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo.

4.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

4.2.1 Mantenimiento correctivo. Es el conjunto de operaciones destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos para restituirlo a condiciones operativas normales y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. Este mantenimiento consiste en la pronta reparación de la falla y se le considera de corto plazo. Las tareas de mantenimiento correctivo se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren.

Un mantenimiento correctivo puede contener las siguientes actividades.

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje
- Pruebas
- Verificación

4.2.2 Mantenimiento preventivo. Su función mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. En este se aplican instrumentos básicos y avanzados de mantenimiento para determinar las fallas y su causa raíz, lo cual permite planear en el tiempo cuando debe hacerse la reposición o reconstrucción del elemento antes de que entre en modo de falla por cuerpo o por función, es decir la premisa del mantenimiento preventivo es que nunca se debe alcanzar el estado de falla.

Lo normal es que el parámetro de medición para determinar el momento del cambio físico o reconstrucción se haga en términos tales como hora de servicio, cantidad de desgaste, unidades producidas, velocidades alcanzadas, consumo, valor de alguna variable de condición, etc. Una vez conocida la cifra previa del parámetro, se programa y se realiza la acción preventiva, antes de que alcance la condición fuera del estándar. En ese momento se interviene y se realiza la tarea proactiva de falla. El mantenimiento preventivo habitualmente debe contener una serie de actividades características:

- Limpieza y revisiones periódicas.
- Conservación de equipos y protección contra los agentes ambientales.
- Control de la lubricación.
- Reparación y recambios planificados de los puntos del sistema identificados como puntos débiles.

Ventajas del mantenimiento preventivo. La mayor ventaja del mantenimiento preventivo en comparación con el mantenimiento estrictamente correctivo es la importante reducción de las paradas eventuales, esto es debido a que se introduce una cierta periodicidad en la observación y reparación del sistema.

Inconvenientes del mantenimiento preventivo. Las desventajas de este tipo de mantenimiento derivan de la dificultad para estimar de forma correcta los tiempos

necesarios para realizar las intervenciones. Si se interrumpe el funcionamiento normal de un sistema y se altera su vida útil de forma innecesaria, su reserva de uso será totalmente desaprovechada, además de producir una acumulación inútil de actividades preventivas que aumentan el gasto y reducen la disponibilidad. Por otro lado, si la programación preventiva se retrasa con respecto a la avería, el mantenimiento correctivo sustituye al preventivo con lo que vuelven a aparecer los inconvenientes que tienen que ver con esta forma de mantenimiento.

4.2.3 Mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimiento busca conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas internas o externas, asociadas directa o indirectamente al proceso de operación de una máquina (vibración, temperatura, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que pueden estar apareciendo en el equipo, esto permite diagnosticar el comportamiento futuro en tiempo real de la posible aparición de falla o situaciones fuera de las condiciones estándar con el fin de evitarlas a toda costa y alargar los periodos de funcionalidad del equipo.

4.3 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Todos los activos en las empresas tienen un nivel de importancia distinto, es decir algunos equipos tienen mayor jerarquía que otros, por tal motivo mayor cantidad de recursos (humanos, económicos y tecnológicos) debe ir destinada a los activos con mayor influencia en los resultados de la compañía. Cuando intentamos diferenciar los equipos que tienen un mayor impacto en el negocio de los que no la tienen, estamos realizando un análisis de criticidad de los equipos de la empresa. Existen diversos modelos de jerarquización de activos en función de criterios técnicos y financieros, los cuales son: modelos cualitativos, semi-cuantitativos,

cuantitativos. Para esto es necesario definir una serie de niveles de importancia respecto a los diferentes criterios que dependen de cada empresa en el caso que el equipo falle, algunos de estos criterios pueden ser: producción, calidad, mantenimiento, seguridad y medio ambiente.

4.3.1 Modelos cualitativos. Son modelos basados en la opinión de especialistas en el cual se combinan criterios técnicos y financieros, no obstante, estos modelos poseen un alto nivel de subjetividad y son recomendados para análisis de baja complejidad.

4.3.2 Modelos semi-cuantitativos. También son métodos basados en opiniones de especialistas, cuantificando valores numéricos relativos, que facilita la medición del impacto global basado en criterios técnicos y financieros. Estos modelos permiten un nivel bajo de subjetividad y se pueden desarrollar para análisis de baja, media o alta complejidad.

4.3.3 Modelos cuantitativos. Son modelos más complejos y objetivos que los anteriormente mencionados, basados en métodos probabilísticos que permiten determinar de forma cuantitativa el impacto económico asociado a una falla, es decir los valores de riesgo asociados a un evento pueden tratarse como egresos probables. Estos métodos suelen incluirse en evaluaciones financieras y son tenidos en cuenta en procesos de toma de decisiones.

4.4 NIVELES DEL MANTENIMIENTO

Luis Alberto Mora Gutiérrez¹ plantea cuatro niveles o categorías para jerarquizar los diferentes grados que maneja el mantenimiento.

¹ Mora Gutierrez, Luis Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. 2009. p. 56

Figura 6. Niveles del mantenimiento



4.4.1 Nivel instrumental. En este nivel se requieren elementos físicos e intangibles para que exista el mantenimiento en la compañía; se gestiona el manejo de toda la información sobre personas, recursos productivos y maquinas. Entre los elementos que deben pertenecer a este nivel encontramos: documentos, registros históricos de fallas y reparaciones, información de equipos, codificación, entre otros. A este nivel también pertenecen instrumentos más avanzados como las 5s, el mejoramiento continuo, herramientas avanzadas y herramientas técnicas específicas, manejo de inventarios, pronósticos, etc.

El nivel instrumental abarca todos lo necesario para una buena gestión y operación del mantenimiento, también podemos encontrar los siguientes elementos: maquinas, herramientas, repuestos, utensilios, materias primas e insumos propios de mantenimiento, las técnicas, inversiones, refacciones, modificaciones, trabajadores, personas, entrenamiento y capacitación de funcionarios, entre otros.

4.4.2 Nivel operacional. El nivel operacional contiene las posibles acciones por realizar en el mantenimiento de equipos (acciones correctivas, preventivas, predictivas y modificativas) por parte del equipo encargado, a partir de las necesidades y requerimientos de la empresa.

4.4.3 Nivel táctico. En el nivel táctico se engloba un conjunto de acciones de mantenimiento que se aplican a un caso específico (un equipo o conjunto de equipos), técnicas avanzadas de mantenimiento como: Mantenimiento Productivo

Total (TPM), Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), el TPM y RCM combinados, Optimización de Mantenimiento Preventivo (PMO), reactiva, proactiva, clase mundial, RCM Scorecard, entre otros.

4.4.4 Nivel estratégico. Se integran metodologías diseñadas para la evaluación del grado de éxito alcanzado con las tácticas desarrolladas, para esto se requiere implantar índices, rendimientos e indicadores de gestión que permiten medir el caso particular con otros de diferentes industrias. En este nivel se puede medir el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos en los anteriores niveles. Otras metodologías que se pueden aplicar en el nivel estratégico son: el análisis de Costo de Ciclo de Vida (LCC) y análisis de Confiabilidad, Mantenibilidad y Disponibilidad (CMD), análisis de costos, etc.

4.5 CONFIABILIDAD, MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD (CMD)

La confiabilidad, la mantenibilidad, y la disponibilidad, son unas medidas técnicas y científicas basadas en cálculos matemáticos, estadísticos y probabilísticos que tiene el mantenimiento para su análisis y evaluación integral. A partir del CMD se puede planear, organizar, dirigir, ejecutar y controlar totalmente la gestión y la operación del mantenimiento.

La mayoría de las tácticas de mantenimiento conocidas como TPM, RCM, entre otras, basan su establecimiento a partir de los indicadores CMD, ya que estos suministran principios estadísticos y proyectivos de dos componentes fundamentales del mantenimiento, las cuales son las fallas y las reparaciones.

La metodología CMD nos sirve para predecir el comportamiento futuro de corto plazo de los equipos en cuanto a las fallas o las reparaciones (tiempos y fechas de ocurrencia), los tiempos útiles (duración y días en que ocurrirán), los mantenimientos planeados (para su programación en tiempos y frecuencias) y demás actividades que se relacionan con la planeación de las máquinas.

4.5.1 Mantenibilidad. La mantenibilidad es la probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva, mediante una reparación que implique realizar unas tareas de mantenimiento para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción. Como podemos notar, este concepto está relacionado con las reparaciones.

Se asocia a la facilidad con que un dispositivo se puede restaurar a sus condiciones de funcionalidad establecidas, lo cual implica tener en cuenta todos los factores y hechos previos ocurridos antes de alcanzar ese estado de normalidad, en la vida real es difícil tener en cuenta todos los factores que afectan la mantenibilidad por lo tanto la medición de esta se puede simplificar en términos de los tiempos empleados en las diferentes restauraciones, reparaciones o realización de las tareas de mantenimiento requeridas para llevar nuevamente el elemento o equipo a su estado de normalidad.

4.5.2 Confiabilidad. La confiabilidad es la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales se diseña, durante un periodo de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación, ambientales y del entorno, es una propiedad de las maquinas que solo leen o interpretan los seres humanos. La confiabilidad se mide a partir del número y duración de las fallas, deja saber el comportamiento de los equipos en operación con el propósito de separar componentes con problemas, trazar las políticas de mantenimiento, determinar instantes óptimos de sustitución económica de equipos y fijar frecuencias de realización del mantenimiento preventivo.

4.5.3 Disponibilidad. Según Alberto Mora Gutiérrez la disponibilidad es la probabilidad de que una maquina trabaje de forma satisfactoria en el momento en que sea requerida después del comienzo de su operación cuando se usa en condiciones estables. La disponibilidad se estima a partir de la confiabilidad y la

mantenibilidad ya que se tiene en cuenta el tiempo de operación, el tiempo de reparación, el tiempo de mantenimiento preventivo y el tiempo de inactividad dando como resultado un perfil de funcionalidad del equipo.² Es utilizada para el análisis de sistemas complejos donde no solo basta con obtener confiabilidades altas en los equipos para aseverar que el sistema esté disponible cuando se requiera.

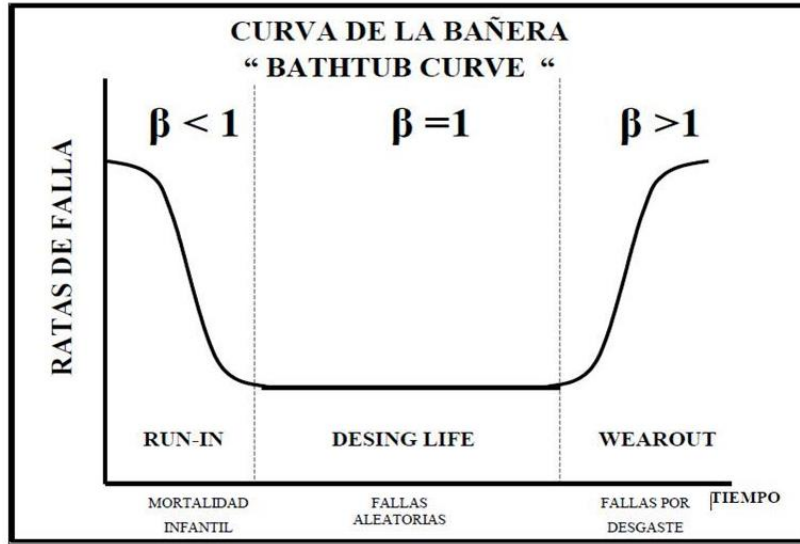
4.6 DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

La distribución de Weibull fue descrita detalladamente por el ingeniero y matemático sueco Ernst Weibull en 1951 con motivo de sus estudios acerca del efecto de la fatiga sobre la vida de los metales. Es una distribución de probabilidad continua y es una herramienta estadística utilizada para analizar datos de diferentes características. Tiene la ventaja que es muy manejable y se acomoda a las 3 zonas de la curva de la bañera o de Davies (infancia, madurez y envejecimiento), esta distribución posee dos parámetros que le dan gran tolerancia que le permiten obtener mejores resultados que con otras distribuciones.

4.6.1 Curva de la bañera o de Davies. La curva de la bañera o de Davies es un parámetro importante el cual nos muestra la evolución o el cambio en la tasa de fallas $\lambda(t)$ de un equipo, sistema o máquina conforme transcurre el tiempo. Esta curva a su vez está relacionada con el parámetro de forma Beta del equipo que se evalúa a partir de la distribución de Weibull, una vez se obtiene Beta, se puede ubicar en una de las tres fases que componen esta curva y a partir de esto se decide el tipo de acción a realizar por parte del área de mantenimiento, seleccionando entre tareas correctivas, modificativas, preventivas o predictivas dependiendo de la fase en que se encuentre el activo.

² Mora Gutierrez, Luis Alberto. Op. Cit, p. 67.

Figura 7. Curva de la bañera



Fuente. Confiabilidad y análisis estadístico para la predicción de fallas, seguridad, supervivencia riesgo, costo y garantías de los equipos.

Para ubicar el parámetro de forma en la curva se tienen en cuenta las siguientes proposiciones.

- Si Beta es menor que 1 el equipo está ubicado en la fase de mortalidad infantil (tasa de falla decreciente).
- Si Beta tiene valores aproximados a 1 el equipo se encuentra en la fase de vida útil (tasa de falla constante y aleatoria).
- Si Beta es mayor a 1 el equipo se ubica en la fase de envejecimiento o de desgaste (tasa de fallas creciente).

Tabla 2. Rangos de beta para las zonas de la curva de la bañera

Valor (Beta)	Característica
$0 < \beta < 1$	Tasa de fallas decreciente
$\beta = 1$	Distribución exponencial
$1 < \beta < 2$	Tasa de fallas creciente, cóncava

5. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN D INGENIERÍA

Para la fase de diagnóstico se realizó una auditoría de mantenimiento recomendada por el autor Fernando Espinosa Fuentes de la Universidad de Talca, con el fin de determinar el estado en el que se encontraba la empresa D ingeniería LTDA al momento de iniciar nuestra práctica empresarial, poder determinar si el mantenimiento de los activos de la compañía estaba bien implementado y detectar las áreas que fueron mejoradas para que los servicios ofrecidos por la empresa fuesen entregados con calidad a sus clientes.

5.1 EVALUACIÓN Y ESTRUCTURA DE LA AUDITORÍA

En la evaluación del cuestionario propuesto en la auditoría, se asignó un puntaje a cada pregunta dependiendo del estado en el que se encontraba cada situación, a continuación, se muestra la escala de valores de calificación.

Tabla 3. Escala de puntajes para calificación de la auditoría de mantenimiento

Puntaje	Situación
1	Mala o desfavorable
2	Regular o puede ser rescatable
3	Bien implementada o cumple con su objetivo

En el desarrollo de la auditoría se tuvieron en cuenta los siguientes ítems:

- Identificación y caracterización de la empresa.
- Criticidad de rutas de inspección.
- Manejo de la información sobre equipos.
- Estado del mantenimiento actual.
- Antecedentes de costos de mantención.
- Efectividad del mantenimiento actual.

5.2 FORMATOS DE CONSULTA DE LA AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO

A. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA

Es la información básica del tipo de mantenimiento que se practica en la empresa.

A1	Nombre de la empresa	D INGENIERIA LTDA			
A2	Fecha de la auditoría	20/10/2017			
A3	Nombre del auditor	Jonatan Villareal, Geison Rincón			
A4	Nombre encargado de mantenimiento	Pablo Antonio Pico Rojas			
A5	Clase de equipamiento y número de equipos involucrados en cada clase	Estándar	Diseño especial	específico	Total
		18		42	60
A6	Posee departamento de mantenimiento	SI -----A7			
		NO ----- A9			
A7	Número de turnos de la jornada.				
A8	Número de personal de mantenimiento en cada turno.	Primer turno	Segundo turno	Tercer turno	Total
A9	Dependencia del departamento de mantenimiento	Jerarq. propia	Depend. Produc.	Sin Organización	
				X	
A10	Realización del mantenimiento	Contratista	Operarios Equipo	Especialistas	No hay mant.
		X			
A11	Cómo clasifica el mantenimiento	Correctiva	Preventiva	Sintomática	Otro tipo
				X	
A12	Posee bodega de repuestos	SI ----- A13			
		NO----- A14			
A13	Dependencia de la bodega	Mantenimiento	Producción	Otra	
				X	
A14	Satisfacción del abastecimiento	Bueno	Regular	Malo	
			X		

B. CRITICIDAD DE RUTAS DE INSPECCIÓN

En este análisis se obtiene la sectorización que se ha hecho de la planta, la identificación de la criticidad de los equipos y la estimación de los tiempos de mantenimiento.

B1	¿Tiene las áreas de producción separadas por algún criterio?	ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas(5)
		X		
B2	¿Tiene identificados por algún código sus equipos?	ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas(5)
				X
B3	¿Tiene clasificado sus equipos según su criticidad ante una falla?	ninguna (1)	Parcialmente (3)	Todas(5)
			X	
B4	¿Puede cuantificar la incidencia de la falla de un	No (1)	algunos (3)	si (5)

	equipo sobre otro(s)?		X	
B5	¿Tiene un layout de planta que describa e identifique todos los equipos?	No (1)	Parcial (3)	si (5)
		X		
B6	¿Tiene líneas en paralelo en su sistema de producción?	No (1)		si (5)
		X		
B7	¿Tiene identificadas las líneas según su criticidad para el proceso?	No (1)	Es única (x)	si (5)
		X		
B8	¿Algún(os) equipo produce cuello de botella?	No (1)		si (5)
				X
B9	¿Tiene identificado para cada equipo los riesgos para el operario?	No (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
				X
B10	¿Sabe cuánto tiempo toma cada proceso de la línea de producción?	No (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		
B11	¿Tiene estipulado tiempos estándares para el mantenimiento de equipos?	No (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
B12	¿Tiene calculado el volumen de trabajos de mantenimiento que puede hacer?	No (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		

C. MANEJO DE LA INFORMACIÓN SOBRE EQUIPOS

En este paso se buscan antecedentes informativos sobre los equipos, como: catálogos, fichas de inventario y otros datos importantes como: tasas de fallas, tiempos de abastecimiento, identificación de personal, medios para el mantenimiento de proveedores, etc.

C1	¿Posee los catálogos e información técnica de todos los equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C2	¿Posee fichas de inventario para cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C3	¿Tiene procedimiento de trabajos de mantención establecidos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C4	¿Posee cada equipo un programa de trabajos de mantención?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C5	¿Posee registros de las mantenciones para cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C6	¿Tiene registros de tiempo de cada mantención realizada?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C7	¿Tiene un registro de la disponibilidad de repuestos en bodega?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C8	¿Tiene clasificado de stock de repuestos por algún criterio?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C9	¿Tiene un registro de los implementos usados para la mantención?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
C10	¿Sabe cuál es la tasa de fallas de cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		
C11	¿Puede determinar la confiabilidad de cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		
C12	¿Tiene clasificados a los proveedores de partes y piezas?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	

C13	¿Tiene registros de los operarios que trabajan en los equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
				X
C14	¿Tiene un programa de capacitación completo implementado?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		
C15	¿Tiene información precisa para llevar índices de control de eficiencia?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	

D. ESTADO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

En este ítem se evalúa la realización del mantenimiento actual tomando de base aspectos como: existencia de rutinas básicas de mantenimiento, recopilación de mantenimientos realizados, relación de tiempos de mantenimiento, entre otros.

D1.	¿Se revisan todos los equipos cada vez que comienza un turno?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
				X
D2.	¿Los operadores de los equipos realizan tareas simples de mantención?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
			X	
D3.	¿Se tiene una rutina preestablecida de intervenciones diaria?	Ninguno (1)	Parcialmente(3)	Todos (5)
			X	
D4.	¿Se mantiene una bitácora de mantención diaria?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Completa (5)
			X	
D5.	¿Se sabe cuánto tiempo se requiere para hacer el diagnóstico de una falla?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
			X	
D6.	¿Sabe cuánto es el tiempo de abastecimiento para cada grupo de repuestos?	No (1)	Aproximado (3)	Si(5)
		X		
D7.	¿Sabe exactamente el número de trabajos pendientes por periodo?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
		X		
D8.	¿Tiene control sobre las horas extras necesarias para terminar un trabajo?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Todos (5)
		X		
D9.	¿Tiene algún criterio para dar prioridad en la ejecución de trabajos?	No (1)	Aproximado (3)	Completo (5)
			X	
D10.	¿La información capturada en terreno es legible, útil y oportuna?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Completo (5)
				X
D11.	¿Tiene un registro de trabajos de emergencia y programados?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Completo (5)
			X	
D12.	¿Tiene cuantificado el tiempo de producción perdido por fallas?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Todos (5)
		X		
D13.	¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectiva la mantención?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
			X	
D14.	¿Mantiene un control sobre el tiempo empleado en reparaciones?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Todos (5)
			X	
D15.	¿Compara el tiempo real con el tiempo estipulado en las órdenes de trabajo?	No (1)	A veces (3)	Si (5)
		X		

E. ANTECEDENTES DE COSTOS DE MANTENCIÓN

En este módulo se analiza en detalle los antecedentes de costos de mantenimiento, como: costos de adquisición, tasa de depreciación, costos de mano de obra, costos alternativos, etc.

E1	¿Sabe en qué año adquirió cada uno de sus equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
				X
E2	¿Sabe el valor de adquisición de cada uno de sus equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
				X
E3	¿Tiene definida la tasa de depreciación de cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
		X		
E4	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de los repuestos en cada equipo?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
			X	
E5	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de la mano de obra de mantención?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
		X		
E6	¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción por falla?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
		X		
E7	¿Evalúa anualmente el reemplazo de los equipos a su cargo?	Ninguno (1)	Parcialmente(3)	Todos (5)
		X		
E8	¿Sabe la razón de costos entre mantenimiento y costo total del producto?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
		X		
E9	¿Tiene una relación de cantidad entre personal de mantención y producción?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
		X		
E10	¿Puede medir la desviación entre el costo real y el costo presupuestado?	No (1)	Parcialmente(3)	Si (5)
		X		
E11	¿Lleva un control de gastos de mantención por equipo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
E12	¿Lleva un control estadístico de los datos de mantención por equipo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
E13	¿Puede definir el tamaño del inventario para una disponibilidad del equipo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
E14	¿Sabe dónde es más rentable subcontratar que trabajar con recursos propios?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
E15	¿Puede definir las políticas de mantenimiento en base a los costos alternativos?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	

F. EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

En este bloque se puede medir el manejo de los índices de control. Este ítem es importante para tener un punto de referencia sobre el cual medir la evolución del manejo de los recursos que han sido asignados. En este módulo se tienen en cuenta temas como el cumplimiento de los programas, efectividad de los procedimientos, nivel de capacitación del personal, manejo de repuestos y herramientas, entre otros.

F1.	¿Sabe cuál es la relación entre paros programados y paros imprevistos?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
F2.	¿Se cumple el programa de trabajos programados de mantenimiento?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
F3.	¿Se lleva un control del estado de avance de ordenes de trabajo O.T.?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
F4.	¿Conoce el lapso de tiempo medio entre el aviso de la falla y la emisión de la O.T.?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
F5.	¿Conoce el tiempo medio de aprobación de una orden de trabajo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
F6.	¿Tiene definidos los procedimientos para realizar el mantenimiento preventivo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
F7.	¿Tiene definidos los procedimientos para enfrentar el mantenimiento correctivo?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
				X
F8.	¿Sabe cuál es la relación de trabajos pendientes y trabajos programados?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
			X	
F9.	¿Sabe cuál es la relación de tiempo extra y tiempo para trabajos programados?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
		X		
F10.	¿Cómo es la relación entre la gente de operación y la gente de mantención?	Mala (1)	Regular (3)	Buena (5)
				X
F11.	¿Cómo es la actitud de la administración superior hacia el mantenimiento?	Mala (1)	Regular (3)	Buena (5)
				X
F12.	¿Cómo es la colaboración de los departamentos relacionados con mantenimiento?	Mala (1)	Regular (3)	Buena (5)
			X	
F13.	¿Considera que el nivel de capacitación es acorde a la tecnología del equipamiento?	No (1)	Parcialmente (3)	Si (5)
				X
F14.	¿Cómo considera el nivel de rotación del personal de mantención?	Bajo (1)	Normal (3)	Alto (5)
			X	
F15.	¿Son suficientes las herramientas y equipos de trabajo para la mantención?	No (1)		Si (5)
		X		
F16.	¿Tiene definido el punto de equilibrio de la cantidad de repuestos en bodega?	No (1)		Si (5)
		X		

5.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LA AUDITORÍA

El puntaje promedio del conjunto de preguntas para cada aspecto individual considerado se presenta con su respectiva calificación teniendo en cuenta los siguientes criterios para la definición de la calidad del mantenimiento:

- $1,0 \leq \text{puntaje} \leq 1,6$: aspecto con deficiencias.
- $1,6 < \text{puntaje} \leq 3,3$: aspecto regular.
- $3,3 < \text{puntaje} \leq 5,0$: aspecto bien implementado.

A continuación, se presentan los resultados de la auditoría en forma tabular y gráfica para facilitar su posterior análisis.

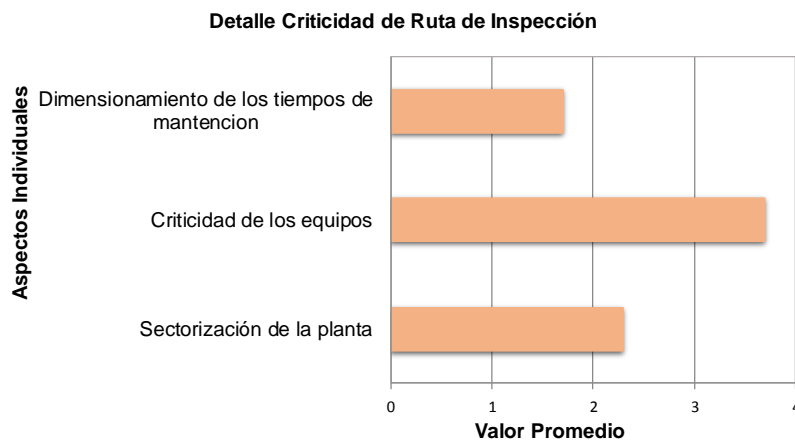
B. CRITICIDAD DE RUTAS DE INSPECCIÓN

Tabla 4. Valores promedio de criticidad de rutas de inspección.

Preguntas	Aspectos Individuales Considerados	Valor	Calificación
B1,B2,B5	Sectorización de la planta	2,3	Aspecto regular
B3,B4,B9	Criticidad de los equipos	3,7	Aspecto bien implementado
B10,B11,B12	Dimensionamiento de los tiempos de mantenimiento	1,7	Aspecto regular

Valor promedio global = 2,6

Gráfico 1. Detalle criticidad de rutas de inspección.



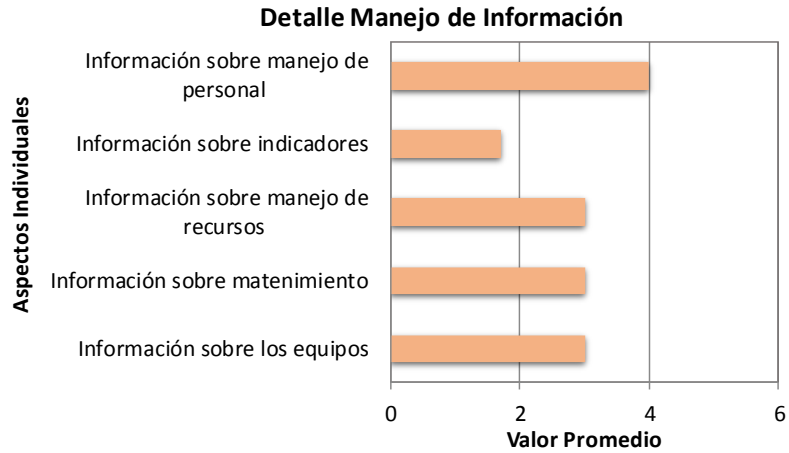
C. MANEJO DE LA INFORMACIÓN SOBRE EQUIPOS

Tabla 5. Valores promedio de manejo de la información sobre equipos.

Preguntas	Aspectos Individuales Considerados	Valor	Calificación
C1,C2,C4	Información sobre los equipos	3	Aspecto regular
C3,C5,C6	Información sobre mantenimiento	3	Aspecto regular
C7,C8,C9,C12	Información sobre manejo de recursos	3	Aspecto regular
C10,C11,C15	Información sobre indicadores	1,7	Aspecto regular
C13,C14	Información sobre manejo de personal	4	Aspecto bien implementado

Valor promedio global = 2,9

Gráfico 2. Detalle de manejo de la información sobre equipos.



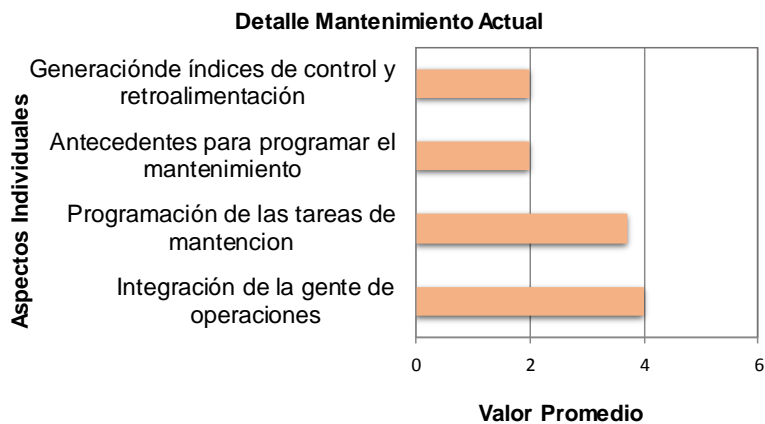
D. ESTADO DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

Tabla 6. Valores promedio sobre el mantenimiento actual.

Preguntas	Aspectos individuales considerados	Valor	Calificación
D1,D2	Integración de la gente de operaciones	4	Aspecto bien implementado
D3,D4,D10	Programación de las tareas de mantención	3,7	Aspecto bien implementado
D5,D6,D7,D9	Antecedentes para programar el mantenimiento	2	Aspecto regular
D8,D11,D12,D13,D14, D15	Generación de índices de control y retroalimentación	2	Aspecto regular

Valor promedio global = 2,9

Gráfico 3. Detalle sobre el mantenimiento actual.



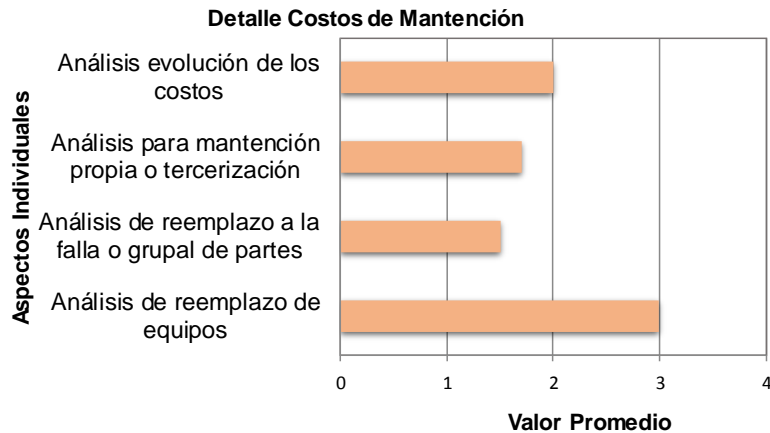
E. ANTECEDENTES DE COSTOS DE MANTENCIÓN

Tabla 7. Valores promedio sobre antecedentes de mantención.

Preguntas	Aspectos individuales considerados	Valor	Calificación
E1,E2,E3,E7	Análisis de reemplazo de equipos	3	Aspecto regular
E4,E5,E6,E8	Análisis de reemplazo a la falla o grupal de partes	1,5	Aspecto con deficiencias
E9,E14,E15	Análisis para mantención propia o tercerización	1,7	Aspecto regular
E10,E11,E12,E13	Análisis evolución de los costos	2	Aspecto regular

Valor promedio global = 2,1

Gráfico 4. Detalle de antecedentes de costos de mantención.



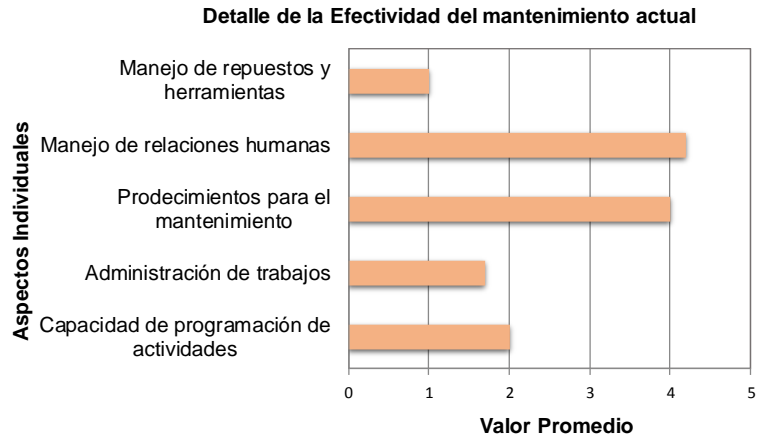
F. EFECTIVIDAD DEL MANTENIMIENTO ACTUAL

Tabla 8. Valores promedio sobre la efectividad de la mantención actual.

Preguntas	Aspectos individuales considerados	Valor	Calificación
F1,F2,F8,F9	Capacidad de programación de actividades	2	Aspecto regular
F3,F4,F5	Administración de trabajos	1,7	Aspecto regular
F6,F7	Procedimientos para el mantenimiento	4	Aspecto bien implementado
F10,F11,F12,F13, F14	Manejo de relaciones humanas	4,2	Aspecto bien implementado
F15,F16	Manejo de repuestos y herramientas	1	Aspecto con deficiencias

Valor promedio global = 2,6

Gráfico 5. Detalle efectividad de la mantención actual.



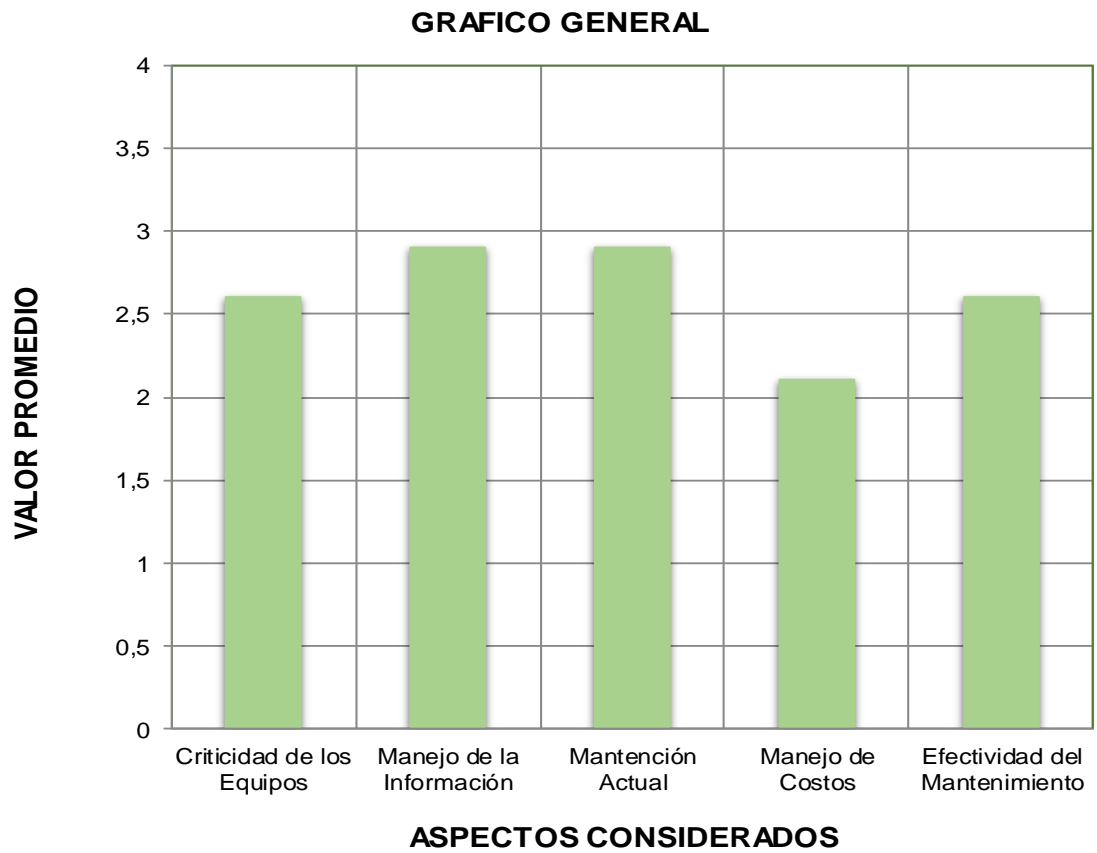
5.4 RESUMEN DE LA AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO

Del mismo modo se presenta el valor promedio para cada aspecto global.

Tabla 9. Resultados auditoría.

Aspectos Considerados		Valor	Calificación
B	Criticidad de los Equipos	2,6	Aspecto regular
C	Manejo de la Información	2,9	Aspecto regular
D	Mantención Actual	2,9	Aspecto regular
E	Manejo de Costos	2,1	Aspecto regular
F	Efectividad del Mantenimiento	2,6	Aspecto regular

Gráfico 6. Representación general de los resultados de la auditoría.



5.5 OBSERVACIONES DE LA AUDITORÍA

Después de graficar la información recopilada en forma de encuesta se realizó un análisis de resultados por medio de un diagrama radial que facilita su comprensión, del cual se infieren algunas observaciones, falencias y aspectos en los que se debe mejorar la gestión del mantenimiento en D Ingeniería.

Gráfico 7. Representación de los resultados de la auditoría.

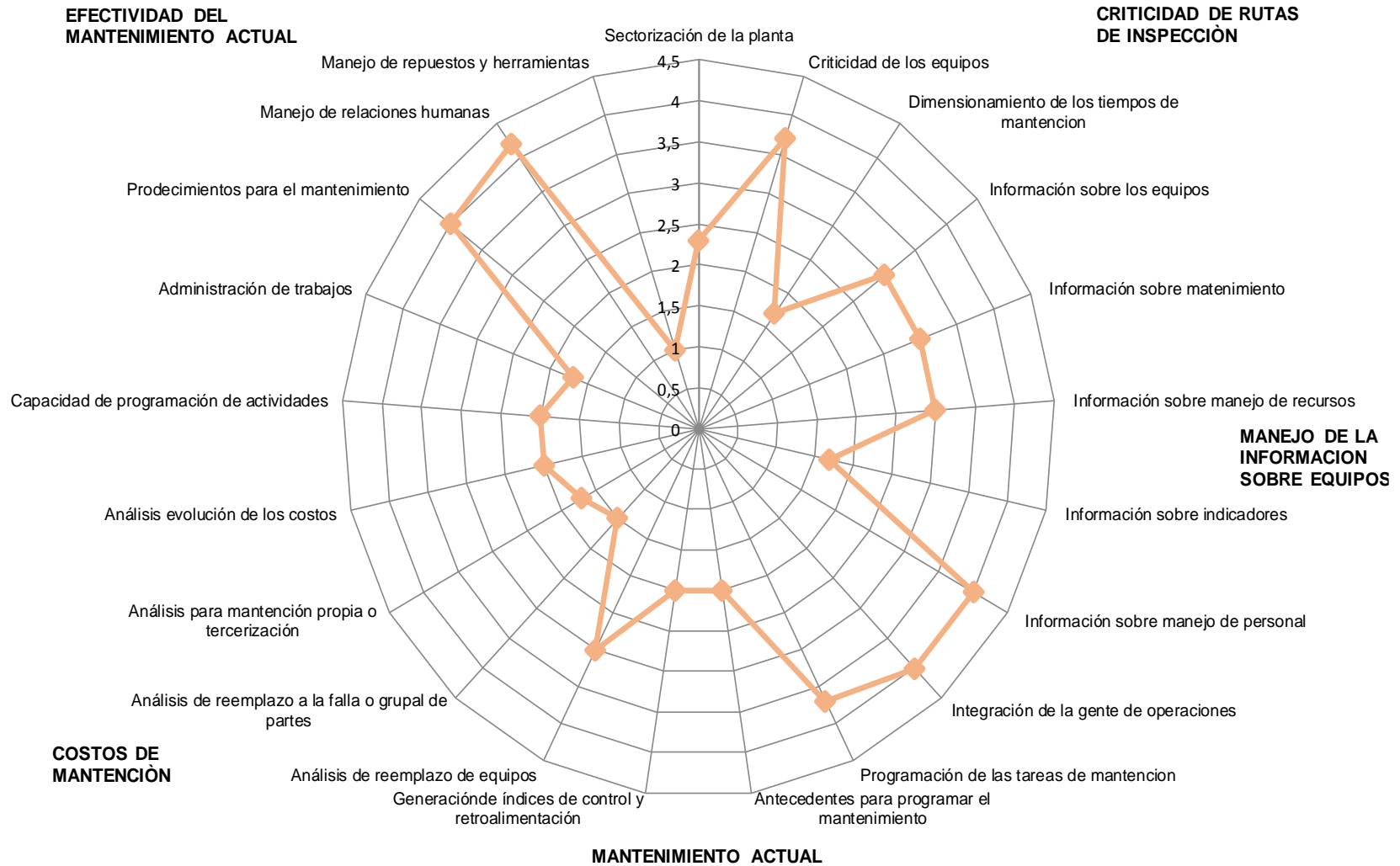


Tabla 10. Observaciones de la auditoría del mantenimiento.

	OBSERVACIONES
Identificación y caracterización de la empresa.	<p>La compañía no tiene un estimado del total de equipos que posee y no tiene clasificada la maquinaria dependiendo de los campos de acción en que presta sus servicios.</p> <p>La empresa no tiene un departamento de mantenimiento. Hay una persona encargada de cotizar las actividades de mantenimientos correctivos y repuestos en caso de fallas en los equipos.</p>
Criticidad de los equipos	<p>La ubicación de los equipos no es exacta debido a que el inventario se encuentra desactualizado, igualmente existen unos equipos en stand-by.</p>
Manejo de información sobre los equipos	<p>Existen algunos registros históricos de reparaciones, facturas de compra de los repuestos instalados en las máquinas y mantenimientos provisionales no programados efectuados a los equipos, pero estos no están organizados de forma cronológica. Esto dificulta la recolección de información para la elaboración de las hojas de vida.</p> <p>Según el encargado de mantenimiento, la empresa tiene información técnica y fichas de inventario de todas las máquinas, sin embargo, al inspeccionar la información de infraestructura se notó que la documentación técnica de los equipos se encuentra dispersa y no se encuentra completa.</p> <p>No se tiene un adecuado manejo de la información técnica, lo cual genera deterioro en el funcionamiento de los equipos.</p>
Mantenimiento actual	<p>Se puede concluir que el mantenimiento actual se realiza de forma sintomática debido a que no se llevan a cabo actividades preventivas y solo se realizan diagnósticos de los equipos cuando estos presentan un funcionamiento erróneo.</p> <p>Los operarios de la maquinaria se responsabilizan por el buen estado de los equipos a su cargo, ya que estos realizan rutinas de inspección y limpieza de las máquinas antes y después de su operación.</p>
Manejo de costos	<p>El encargado de mantenimiento poco se ha involucrado con el control de costos. No se sabe con exactitud el costo de pérdida de producción por fallas de los equipos, esto es algo que se debe mejorar debido a que en la industria en la que participa esta empresa, se manejan grandes cantidades de dinero por día.</p>
Efectividad del mantenimiento actual	<p>Al ser una empresa con un inventario de activos considerable se posee poco personal y equipos de trabajo para las labores de mantenimiento.</p> <p>Existe un despacho de inventario mal organizado y no se tienen clasificados los repuestos por línea de maquinaria, de manera que son poco efectivos los procesos de reemplazo de componentes.</p>

6. CLASIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA

En esta fase se hizo una recopilación de la información sobre cada uno de los equipos tales como, fechas de adquisición, disponibilidad, condiciones de operación, registros históricos de mantenimientos realizados, manuales de operación y mantenimiento, etc. La cual se organizó teniendo en cuenta documentación importante basada en tres aspectos que son:

- Inventario de equipos.
- Fichas técnicas.
- Hojas de vida de equipos.

A continuación, se muestra la respectiva información en forma organizada.

6.1 INVENTARIO DE EQUIPOS

La finalidad de este inventario es reconocer claramente cada uno de los activos que intervienen en el proceso productivo de la empresa y hacer una buena implementación del plan de mantenimiento.

Al realizar la práctica la compañía tenía un inventario de equipos desactualizado, es decir había equipos que no estaban incluidos. Por lo tanto, se realizó un inventario completo clasificando los activos en tres líneas principales, las cuales son: línea de maquinaria amarilla, línea de maquinaria de transporte y línea de equipos menores.

6.1.1 Codificación. La codificación mejora la identificación y localización en casos en que la empresa posea gran cantidad de equipos, de la misma forma máquinas

de igual modelo y referencia, para que el personal pueda realizar procedimientos de mantenimiento y control de vida de las existencias de manera eficiente.

La empresa tiene implementado un sistema de codificación de equipos basado en las referencias dadas por el fabricante y las placas del vehículo en el caso de la línea de transporte. Por este motivo la empresa nos sugirió no realizar codificación alguna de los equipos, para no generar confusiones en el personal y los registros contables de la compañía.

6.1.2 Línea de maquinaria amarilla. En este listado se incluyen un grupo de máquinas utilizadas en actividades de construcción como: motoniveladora, retroexcavadora, vibrocompactador, entre otras. Este tipo de maquinaria se desempeña en diferentes trabajos como.

- Extraer parte de la capa del suelo para poder modificar el perfil de la tierra dependiendo de los requerimientos del proyecto que se quiere desarrollar.
- Conformar el terreno, en la realización de caminos o carreteras.
- Trabajos de minería como excavación de túneles.
- Trabajos de construcción como excavación del terreno donde se construirán los cimientos, bases de edificios y otras estructuras.

Figura 8. Imagen vibrocompactador Caterpillar.



Tabla 11. Listado de maquinaria amarilla.

 LISTADO DE MAQUINARIA			
LINEA AMARILLA			
N°	Codigo	Equipo	Marca
1	120M.01	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR
2	120M.02	MOTONIVELADORA	CATERPILLAR
3	236B3.01	MINICARGADOR	CATERPILLAR
4	320D.01	RETROEXCAVADORA	CATERPILLAR
5	416D.01	EXCAVADORA	CATERPILLAR
6	420E.01	RETROEXCAVADORA	CATERPILLAR
7	BH30W.01	BRAZO EXCAVADOR	CATERPILLAR
8	CS533E.01	VBROCOMPACTADOR	CATERPILLAR
9	CS54B.01	VBROCOMPACTADOR	CATERPILLAR
10	CV16B.01	RODILLO COMPACTADOR	CATERPILLAR
11	H65E.01	MARTILLO HIDRAULICO	CATERPILLAR
12	PC200.7.01	RETROEXCAVADORA	KOMATSU
13	PC200.8.01	RETROEXCAVADORA	KOMATSU

6.1.3 Línea de maquinaria de transporte. En esta línea introducimos un amplio grupo de vehículos de transporte de personas como: busetas y camionetas 4x4, camiones turbo. Otros con capacidad de acarrear varias toneladas de materiales. Algunos de ellos tales como: volquetas, carrotanques, tracto camiones.

- Transportar materiales como: arena, escombros, agua, además de hormigón y elementos a incorporar en las obras civiles.
- Cargar y descargar materiales de construcción.
- Los vehículos 4x4 son empleados generalmente para el transporte de mercancía, cuadrillas y equipos menores.

Figura 9. Imagen camión turbo Nissan.



Tabla 12. Listado de maquinaria de transporte.

			
LISTADO DE MAQUINARIA			
LINEA DE TRANSPORTE			
N°	Codigo	Marca	Equipo
14	R60356	BISON TRUCK	CAMA BAJA
15	BXN779	CHEVROLET	CAMIONETA
16	BXN780	CHEVROLET	CAMIONETA
17	BXO831	CHEVROLET	CAMIONETA
18	BXO846	CHEVROLET	CAMIONETA
19	TTR152	CHEVROLET	VOLQUETA
20	TTR153	CHEVROLET	VOLQUETA
21	TTR154	CHEVROLET	VOLQUETA
22	TTR155	CHEVROLET	VOLQUETA
23	WCR654	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN
24	WCR665	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN
25	TTV855	HYUNDAI	BUSETA
26	S55317	INDUSTRIAS MORENO	VOLCO
27	S51617	ITALMAQ	VOLCO
28	SMT576	JMC	CAMIÓN TURBO
29	SOI315	JMC	CAMIÓN TURBO
30	SOI372	JMC	CAMIÓN TURBO
31	SOI551	JMC	CAMIÓN TURBO
32	SOI598	JMC	CAMIÓN TURBO
33	XUF357	MACK	CAMIÓN GRUA (MACK-PALFINGER)
34	R10890	MACKOS	CAMA ALTA
35	TAQ371	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE
36	TAQ916	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE
37	TAQ600	NISSAN	CAMIÓN TURBO
38	TAR182	NISSAN	CAMIÓN TURBO
39	TAR190	NISSAN	CAMIÓN TURBO
40	S47388	RANDON	VOLCO
41	S47389	RANDON	VOLCO
42	R43333	ROMARCO	VOLCO

6.1.4 Línea de equipos menores. En esta línea incluimos maquinaria de menor tamaño y valor, entre los cuales se encuentran: motosoldadores, torres de iluminación y planta eléctrica, además de aditamentos para la maquinaria amarilla.

- Este tipo de maquinaria se utiliza para realizar operaciones en campo ya que cada equipo tiene su propio generador a partir de combustible.
- Los Motosoldadores se utilizan para operaciones de soldadura de tubería.

Tabla 13. Listado de maquinaria de equipos menores.

			
LISTADO DE MAQUINARIA			
LINEA DE EQUIPOS MENORES			
N°	Codigo	Marca	Equipo
43	305D.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR
44	305D.02	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR
45	300D	PERKINS LINCOLN	MOTOSOLDADOR
46	650.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR
47	A19B	CATERPILLAR	AHOYADOR
48	SULLAIR 260	CATERPILLAR	COMPRESOR
49	754	FLUKE	MULTICALIBRADOR DE PROCESOS
50	64781240S	FORCE	TORQUÍMETRO
51	X70	GRACO	PULVERIZADORA PINTURA
52	DHY6000LE	HIUNDAY	PLANTA ELECTRICA
53	J6025	PROTO	TORQUÍMETRO
54	RL4000.1	TEREX	TORRE ILUMINACION
55	RL4000.2	TEREX	TORRE ILUMINACION
56	RL4000.3	TEREX	TORRE ILUMINACION
57	RL4000.4	TEREX	TORRE ILUMINACION
58	ES-105	TOPCON	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA

6.2 FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

La ficha técnica contiene las especificaciones más importantes como: potencia, capacidades, combustible, revoluciones por minuto y características detalladas de

los equipos como: dimensiones, marca, peso, código, etc. Esta información ayuda a operadores y encargados de mantenimiento.

Tabla 14. Ficha técnica. Línea de Equipos Menores.

		FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA														
Nombre del Equipo:	MOTOSOLDADOR	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA													
Marca:	PERKINS LINCOLN	Modelo:	2011													
Serial:	CLASSIC 300D	Código:	300D													
Descripción:	MOTOSOLDADOR CLASIC															
DIMENSIONES																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">DIMENSIONES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANCHO</td> <td>PROFUNDIDAD</td> </tr> <tr> <td>25.30 in 643 mm</td> <td>60.00 in. 1524 mm</td> </tr> <tr> <td>ALTURA</td> <td>PESO</td> </tr> <tr> <td>35.94** in. 913 mm</td> <td>1150 lbs. (522kg.)</td> </tr> </tbody> </table>		DIMENSIONES FÍSICAS		ANCHO	PROFUNDIDAD	25.30 in 643 mm	60.00 in. 1524 mm	ALTURA	PESO	35.94** in. 913 mm	1150 lbs. (522kg.)					
DIMENSIONES FÍSICAS																
ANCHO	PROFUNDIDAD															
25.30 in 643 mm	60.00 in. 1524 mm															
ALTURA	PESO															
35.94** in. 913 mm	1150 lbs. (522kg.)															
DATOS TÉCNICOS																
Peso de Operación:	469 Kgs	Maxima velocidad:	1800 rpm	Potencia:	12,5 Kw	Capacidad:	11 Kw									
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Motor:CUMMINS, Serial: B3.3T • Capacidad de Combustible 94,6 litros 															
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Generador Eléctrico • Remolque • Anaquel de cable • Enganche de bola/luneta • Juego de defensa y luz 															
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de filtro de aire 															
Sistema compresión de aire/Generador de	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire de tornillo giratorio VMAC • Modo de alta velocidad 18.3 Litros/seg. • Salida nominal a 40°C, 600 A, 44Volt. • Potencia aux. 11 Kw, 60Hz, trifasica • Potencia aux. 11,5 Kw, 60Hz, monofasica 															
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de Aceite de Motor, compresor • Filtro de Aire de Motor, Compresor • Filtro de Combustible 		Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite sintético VMAC 												
Otro:																

Tabla 15. Ficha técnica. Línea Maquinaria Amarilla.


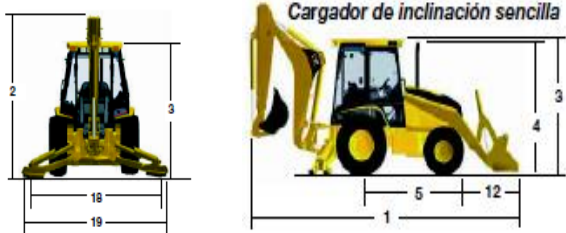
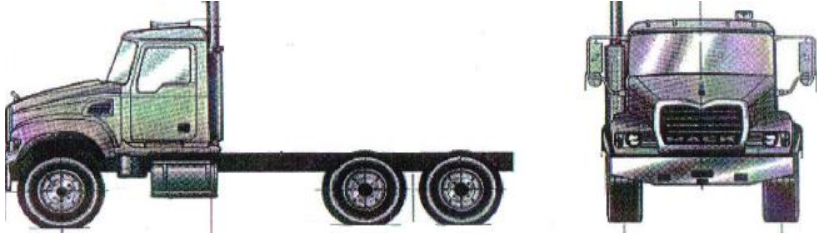
		FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA					
Nombre del Equipo:	RETROEXCAVADORA	Tipo de Maquinaria:	PESADA				
Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	2003				
Serial:	CAT0416B8XG01770	Código:	416D				
Descripción:	RETROEXCAVADORA UTILIZADA PARA CARGAR Y RETIRAR TERRENO (MOVIMIENTO DE TIERRAS).						
DIMENSIONES							
(1) Longitud total de transporte	6.949 mm/22 pies 10 pulg						
Longitud total (cargador en el suelo)	6.929 mm/22 pies 9 pulg						
(2) Altura total de transporte (brazo estándar)	3.585 mm/11 pies 9 pulg						
Altura total de transporte (brazo extensible)	3.590 mm/11 pies 9 pulg						
Ancho total	2.352 mm/7 pies 9 pulg						
(3) Altura hasta la parte superior de la cabina/techo	2.770 mm/9 pies 1 pulg						
(4) Altura hasta la parte superior del tubo de escape	2.670 mm/8 pies 9 pulg						
Altura hasta el pasador de bisagra del cargador (transporte)	510 mm/1 pie 8 pulg						
Espacio libre sobre el suelo (mínimo)	297 mm/1 pie 0 pulg						
(5) Línea central del eje trasero hasta la parrilla delantera	2.660 mm/8 pies 9 pulg						
(12) Parrilla a cuchilla del cucharón, posición de acarreo	1.474 mm/4 pies 10 pulg						
(18) Separación de los estabilizadores, posición de operación (centro de los tacos)	3.219 mm/10 pies 7 pulg						
(19) Separación de los estabilizadores, posición de operación (borde exterior de los tacos)	3.689 mm/12 pies 1 pulg						
DATOS TÉCNICOS							
Peso de Operación:	6900 Kgs	Maxima velocidad:	60 Km/h	Potencia:	58 Kw	Capacidad:	0,96m3
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Modelo Motor diesel 3054B Cat Reserva de par Neta a 1400 rpm: 20,6% 		<ul style="list-style-type: none"> Potencia Bruta (Estándar): 58 kW, 77 hp Par máximo Neto a 1400 rpm: 286 N*m 388 pie-lb 		<ul style="list-style-type: none"> Cilindrada: 4,2 L 258 pulg3 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Cabina Cucharones (Trasero, Delantero) Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión Brazos Hidráulicos Motor Ruedas Neumáticas Contrapeso 						
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> Herramientas de la retroexcavadora Cucharón de servicio estándar y pesado, para roca de servicio pesado, de alta capacidad, para coral, para limpieza de zanjas Martillo hidráulico Compactador de plancha vibratoria Herramientas del cargador Cucharón de uso general, multiple, de descarga lateral, para material liviano, de penetración Horquillas cargadoras Cepillo 						
Sistema Hidráulico/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Circuito: Detección de carga, centro cerrado Presión del Sistema: 20.685 kPa 3.000 lb-pulg2 Tipo de Dirección Rueda delantera Sistema de Frenos Interno/sumergidos en aceite 			<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de la Bomba: (@ 2200 rpm) 139 L/min 37 gal/min Tipo de Bomba Flujo variable, pistón axial Servodirección Hidrostática 			
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtros de Aire (Primario, Secundario) Filtro de Combustible (ACPM) 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							


Tabla 16. Ficha técnica. Línea de Transporte.

		FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA					
Nombre del Equipo:	TRACTOCAMIÓN	Tipo de Maquinaria:	PESADA				
Marca:	MACK	Modelo:	2005				
Serial:	1M2AG11YX5M030290	Código:	XUF375				
Descripción:	VEHICULO REMOLCADOR (CABEZOTE) PARA TRANSPORTE DE CARGA PESADA						
DIMENSIONES							
							
CHASIS							
Especificaciones		11.81 x 3.84 x .37					
Largo de plataforma		164 (4.177 mm)					
Tanque de combustible		Acero					
Capacidad Tanque derecho (Gl)		125 GL					
Capacidad Tanque izquierdo (Gl)		125 GL					
Resistencia		2.470.000 in lb					
Distancia entre ejes		174" (4.420 mm)					
P.B.V.C.		52.000 kg					
Peso chasis		7545 Kg					
DATOS TÉCNICOS							
Peso de Operación:	52000 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	324,4 kw	Capacidad:	35 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor: Mack MP8 Euro 4 sin urea • Tubo de Escape: Vertical con puntera curva 		<ul style="list-style-type: none"> • Potencia @ RPM: 400/435 HP @1500/1950 RPM • Torque (Lbf) @ RPM: 1460 Lbs/ff @1200 RPM 		<ul style="list-style-type: none"> • Cilindrada: 14900 CC • Número de cilindros y disposición: 6 en Línea 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Cabina • Chasis • Ruedas Neumáticas • Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión • Motor 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de caja Mack TMD12AD de 12 cambios • Frenos 100% Neumático (Aire) • Relación de Transmisión: 14.40/ .73 • Freno Auxiliar Mack Power Leash a las válvulas y freno de ahogo. 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtros de Combustible (Primario, Secundario) 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

6.3 HOJA DE VIDA DE LAS MÁQUINAS

El formato de hoja de vida de equipos sirve para registrar un historial de los mantenimientos realizados a la máquina, ya sean preventivos o correctivos, la información se debe introducir en este formato para llevar un orden cronológico de las intervenciones que se han llevado a cabo en el equipo. Implementar estos formatos es muy importante ya que nos permite obtener información valiosa acerca de las fallas y frecuencia de fallas de cada máquina, de esta manera realizar estudios estadísticos que nos facilite la prevención de averías. Para diligenciar las hojas de vida se necesita consultar facturas, ya sea de prestación de servicios de mantenimiento o compra de repuestos instalados en las máquinas.

Tabla 17. Formato de Hoja de Vida

		HOJA DE VIDA DE EQUIPOS					HOJA No:
		EQUIPO	MOTONIVELADORA		MARCA	CATERPILLAR	CODIGO
DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO							
FECHA	ODOMETRO/HOROMETRO	TIPO DE MTO.		TAREA DE MANTENIMIENTO	REPUESTOS INSTALADOS	CODIGO	COSTOS (pesos)
		CORREC.	PREVEN.				
2/07/2016			X	Cambios (aceite de motor, filtros) - Limpieza - engrase	Filtros		450.750
11/11/2016		X		Cambio de antena product link	Antena Product Link		

7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Se realiza un análisis de criticidad de los activos de la empresa utilizando un modelo semi-cuantitativo realizando un análisis por factores ponderados basado en riesgos. Este análisis se hace continuo a la recopilación y organización de la información de los procesos de mantenimiento de infraestructura de la empresa, obteniendo datos acerca de frecuencia de fallas, costos de mantenimiento y tiempos de parada, de igual manera con la ayuda de los técnicos de mantenimiento, operarios de los equipos y supervisión del jefe de infraestructura, teniendo en cuenta sus criterios técnicos propuestos.

7.1 NIVEL DE CRITICIDAD

La totalidad de los activos de la compañía fueron jerarquizados en tres niveles principales de criticidad: no críticos (NC), media criticidad (MC) y críticos (C).

- No críticos (NC): son los equipos que al momento que fallen no repercuten ni generan impactos importantes en el proceso productivo de la compañía. Estos equipos serán excluidos del plan de mantenimiento preventivo y solamente serán sometidos a acciones correctivas.
- Media criticidad (MC): son equipos que en caso de fallar afectan sutilmente el sistema productivo, ya sea en la calidad del servicio prestado o en la eficiencia del proceso, pero permiten grandes intervalos de tiempo para reparar la avería, estos equipos serán excluidos del plan de mantenimiento preventivo.
- Críticos (C): son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por ende su reparación es de carácter urgente, estos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo.

7.2 DETERMINACIÓN DE TASA DE FALLAS POR AÑO

Para obtener la tasa de falla, se realizó una inspección minuciosa de las hojas de vida y los registros contables de cada uno de los equipos, estableciendo la razón del número total de fallas en la cantidad de años de funcionamiento del equipo.

Tabla 18. Tasa de fallas por año.

LÍNEA AMARILLA			
Código	Marca	Equipo	Fallas por año
120M.01	CATERPILLAR	MOTONIVELADORA	1
120M.02	CATERPILLAR	MOTONIVELADORA	3,5
236B3.01	CATERPILLAR	MINICARGADOR	1
320D.01	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	0,5
416D.01	CATERPILLAR	EXCAVADORA	1
420E.01	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	2,75
BH3OW.01	CATERPILLAR	BRAZO EXCAVADOR	0,7
CS533E.01	CATERPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	0,6
CS54B.01	CATERPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	0,6
CV16B.01	CATERPILLAR	RODILLO COMPACTADOR	0,5
H65E.01	CATERPILLAR	MARTILLO HIDRAULICO	0,7
PC200.7.01	KOMATSU	RETROEXCAVADORA	1
PC200.8.01	KOMATSU	RETROEXCAVADORA	0,5
LÍNEA DE TRANSPORTE			
Código	Marca	Equipo	Fallas por año
R60356	BISON TRUCK	CAMA BAJA	0,8
BXN779	CHEVROLET	CAMIONETA	1
BXN780	CHEVROLET	CAMIONETA	1
BXO831	CHEVROLET	CAMIONETA	1
BXO846	CHEVROLET	CAMIONETA	1
TTR152	CHEVROLET	VOLQUETA	0,2
TTR153	CHEVROLET	VOLQUETA	0,2
TTR154	CHEVROLET	VOLQUETA	0,6
TTR155	CHEVROLET	VOLQUETA	0,5
WCR654	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	2,5
WCR665	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	2
TTV855	HYUNDAI	BUSETA	1,3
S55317	INDUSTRIAS MORENO	VOLCO	0
S51617	ITALMAQ	VOLCO	0
SMT576	JMC	CAMIÓN TURBO	2,7
SOI315	JMC	CAMIÓN TURBO	4
SOI372	JMC	CAMIÓN TURBO	0,6
SOI551	JMC	CAMIÓN TURBO	0,5
SOI598	JMC	CAMIÓN TURBO	0,5
XUF357	(MACK-PALFINGER)	CAMIÓN GRUA	5
R10890	MACKOS	CAMA ALTA	2
TAQ371	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	1,5
TAQ916	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	1
TAQ600	NISSAN	CAMIÓN TURBO	5
TAR182	NISSAN	CAMIÓN TURBO	1
TAR190	NISSAN	CAMIÓN TURBO	2

S47388	RANDON	VOLCO	0,4
S47389	RANDON	VOLCO	1
R43333	ROMARCO	VOLCO	2
LÍNEA DE EQUIPOS MENORES			
Código	Marca	Equipo	Fallas por año
305D.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	1
305D.02	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	1,3
300D	PERKINS LINCOLN	MOTOSOLDADOR	2,2
650.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	1
A19B	CATERPILLAR	AHOYADOR	0,3
SULLAIR 260	CATERPILLAR	COMPRESOR	0,6
754	FLUKE	MULTICALIBRADOR DE PROCESOS	0
64781240S	FORCE	TORQUÍMETRO	0
X70	GRACO	PULVERIZADORA PINTURA	0
DHY6000LE	HIUNDAY	PLANTA ELECTRICA	1,3
J6025	PROTO	TORQUÍMETRO	0
RL4000.1	TEREX	TORRE ILUMINACION	0
RL4000.2	TEREX	TORRE ILUMINACION	0
RL4000.3	TEREX	TORRE ILUMINACION	0
RL4000.4	TEREX	TORRE ILUMINACION	1,5
ES-105	TOPCON	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA	0

7.3 PONDERACIÓN DE EQUIPOS SEGÚN CRITERIOS TÉCNICOS

A continuación se describen los criterios técnicos con su respectiva ponderación.

7.3.1 Frecuencia de falla (FF). Este ítem representa la cantidad de veces que falla cualquier componente del equipo implicando la pérdida total de su operatividad en un determinado tiempo, ponderando de 1 a 4 según la tasa de fallas por año de cada activo.

Tabla 19. Ponderación de la frecuencia de fallas.

FRECUECIA DE FALLA (todo tipo de falla)	Puntaje
Cero fallas por año	1
Entre 1 y 2 fallas por año	2
Más de 2 y menos de 4 fallas por año	3
4 o más fallas por año	4

7.3.2 Flexibilidad operacional (FO). Representa la existencia de equipos de reemplazo para cubrir actividades de mantenimiento y mitigar el impacto en el proceso productivo.

Tabla 20. Ponderación de la flexibilidad operacional.

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	Puntaje
Se cuenta con unidades de reserva para cubrir las actividades de mantenimiento	2
No cuenta con unidades de reserva	5

7.3.3 Impacto operacional (IO). Simboliza la consecuencia causada en la producción o en la prestación de servicios en caso de que el equipo falle. Esta consecuencia puede representar un paro total o parcial del proceso productivo.

Tabla 21. Ponderación del impacto operacional.

IMPACTO OPERACIONAL	Puntaje
No genera ningún efecto significativo sobre las operaciones y producción	1
Repercute en costos operacionales adicionales a la disponibilidad del equipo	4
Parada inmediata en un sector de la producción	7
Parada inmediata de toda la producción	10

7.3.4 Costo de mantenimiento correctivo (CMC). Pondera el costo promedio por falla requerido para restituir el equipo a condiciones óptimas de funcionamiento incluyendo servicio prestado y repuestos.

Tabla 22. Ponderación del costo de mantenimiento correctivo.

COSTOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Puntaje
Costos de Mantenimiento menos de: \$200.000	2
Costos de Mantenimiento entre: \$200.000 y \$500.000	4
Costos de Mantenimiento entre: \$500.000 y \$1.000.000	6
Costos de Mantenimiento superior a: \$1.000.000	10

7.3.5 Impacto en seguridad y ambiente (ISP). Representa las consecuencias que puede ocasionar daños a equipos e instalaciones, además ocasionar daños en la seguridad o salud de las personas u operarios y el medio ambiente.

Tabla 23. Ponderación del impacto en seguridad y ambiente.

IMPACTO EN SEGURIDAD Y AMBIENTE	Puntaje
No afecta ni provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes	1
Provoca daños menores en el ambiente y seguridad de la empresa.	3
Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Afecta el ambiente de las instalaciones	7

Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización (ministerios de salud, ambiente, riesgos, aseguradoras, etc)	8
--	---

7.4 CÁLCULO Y DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS

Para este procedimiento tomamos cada activo y lo analizamos obteniendo una ponderación por cada criterio estudiado diligenciando la tabla, con todos los datos obtenidos procedemos con la aplicación de la fórmula matemática de criticidad para cada máquina y finalmente obtener el valor de criticidad.

$$\text{CRITICIDAD} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{FO} * \text{IO}) + \text{CMC} + \text{ISP}$$

- FO = Flexibilidad Operacional
- IO = Impacto Operacional
- CMC = Costos de Mantenimiento Correctivo
- ISP = Impacto en Seguridad y ambiente

Ecuación 1. Fórmula de criticidad de equipos.

Con los valores de consecuencia y criticidad completamos el diligenciamiento de las tablas de resultados que se muestran a continuación para las tres líneas de maquinaria de la compañía.

Tabla 24. Resultados análisis de criticidad de la línea amarilla.


			ANÁLISIS DE CRITICIDAD					Consecuencia	Críticidad
			EQUIPOS Y MAQUINARIA						
LINEA AMARILLA									
Codigo	Marca	Equipo	FACTOR DE PONDERACIÓN					Consecuencia	Críticidad
			FF	FO	IO	CMC	ISP		
120M.01	CATE RPILLAR	MOTONIVELADORA	2	2	4	4	1	13	26
120M.02	CATE RPILLAR	MOTONIVELADORA	3	2	4	4	1	13	39
236B3.01	CATE RPILLAR	MINICARGADOR	2	5	7	6	1	42	84
320D.01	CATE RPILLAR	RETR.OEXCAVADORA	1	2	4	6	1	15	15
416D.01	CATE RPILLAR	EXCAVADORA	2	2	7	6	8	28	56
420E.01	CATE RPILLAR	RETR.OEXCAVADORA	3	2	4	6	1	15	45
BH30W.01	CATE RPILLAR	BRAZO EXCAVADOR	1	2	4	2	1	11	11
CS533E.01	CATE RPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	1	2	1	10	3	15	15
CS54B.01	CATE RPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	1	2	1	10	3	15	15
CV16B.01	CATE RPILLAR	RODILLO COMPACTADOR	1	2	7	6	1	21	21
H65E.01	CATE RPILLAR	MARTILLO HIDRAULICO	1	2	7	6	1	21	21
PC200.7.01	KOMATSU	RETR.OEXCAVADORA	2	2	4	6	1	15	30

Tabla 25. Resultados análisis de criticidad de la línea de transporte.

			ANALISIS DE CRITICIDAD					VERSION: 1	
			EQUIPOS Y MAQUINARIA						
LINEA DE TRANSPORTE									
Codigo	Marca	Equipo	FACTOR DE PONDERACIÓN					Consecuencia	Criticidad
			FF	FO	IO	CMC	ISP		
R60356	BISON TRUCK	CAMA BAJA	1	5	4	6	1	27	27
BXN779	CHEVROLET	CAMIONETA	2	2	10	6	8	34	68
BXN780	CHEVROLET	CAMIONETA	2	2	10	6	8	34	68
BXO831	CHEVROLET	CAMIONETA	2	2	10	6	8	34	68
BXO846	CHEVROLET	CAMIONETA	2	2	10	6	8	34	68
TTR152	CHEVROLET	VOLQUETA	1	2	4	4	1	13	13
TTR153	CHEVROLET	VOLQUETA	1	2	4	4	1	13	13
TTR154	CHEVROLET	VOLQUETA	1	2	4	4	1	13	13
TTR155	CHEVROLET	VOLQUETA	1	2	4	4	1	13	13
WCR654	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	3	2	4	10	8	26	78
WCR665	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	2	2	7	10	8	32	64
TTV855	HYUNDAI	BUSETA	2	5	7	4	8	47	94
S55317	INDUSTRIAS MORENO	VOLCO	1	2	1	4	1	7	7
S51617	ITALMAQ	VOLCO	1	2	1	4	1	7	7
SMT576	JMC	CAMIÓN TURBO	3	2	4	6	3	17	51
SOI315	JMC	CAMIÓN TURBO	4	2	10	6	8	34	136
SOI372	JMC	CAMIÓN TURBO	1	2	4	6	3	17	17
SOI551	JMC	CAMIÓN TURBO	1	2	4	6	3	17	17
SOI598	JMC	CAMIÓN TURBO	1	2	4	6	3	17	17
XUF357	(MACK-PALFINGER)	CAMIÓN GRUA	4	5	7	6	8	49	196
R10890	MACKOS	CAMA ALTA	2	5	1	10	3	18	36
TAQ371	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	2	2	4	4	3	15	30
TAQ916	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	2	2	4	4	3	15	30
TAQ600	NISSAN	CAMIÓN TURBO	4	5	7	4	8	47	188
TAR182	NISSAN	CAMIÓN TURBO	2	5	7	4	8	47	94
TAR190	NISSAN	CAMIÓN TURBO	2	5	7	4	8	47	94
S47388	RANDON	VOLCO	1	2	1	4	1	7	7
S47389	RANDON	VOLCO	2	2	1	4	1	7	14
R43333	ROMARCO	VOLCO	2	2	1	4	1	7	14

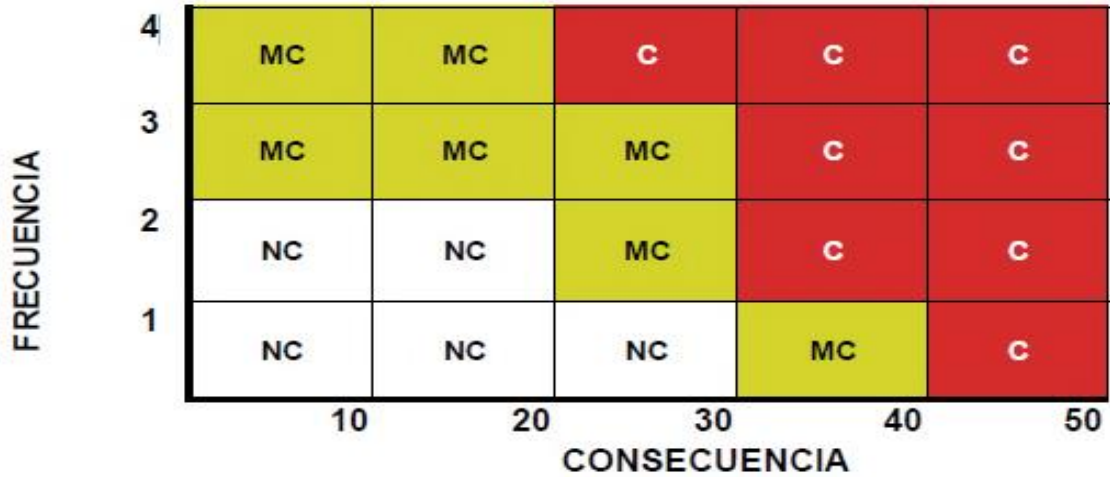
Tabla 26. Resultados análisis de criticidad de la línea de equipos menores.

			ANALISIS DE CRITICIDAD					VERSIÓN: 1	
			EQUIPOS Y MAQUINARIA						
LINEA DE EQUIPOS MENORES									
Codigo	Marca	Equipo	FACTOR DE PONDERACIÓN					Consecuencia	Criticidad
			FF	FO	IO	CMC	ISP		
305D.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	2	2	7	6	7	27	54
305D.02	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	2	2	7	6	7	27	54
300D	PERKINS LINCOLN	MOTOSOLDADOR	3	2	7	10	1	25	75
650.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	2	2	7	6	7	27	54
A19B	CATERPILLAR	AHOYADOR	1	5	1	4	1	10	10
SULLAIR 260	CATERPILLAR	COMPRESOR	1	5	4	4	5	29	29
754	FLUKE	MULTICALIBRADOR DE PROCESOS	1	5	1	4	1	10	10
64781240S	FORCE	TORQUÍMETRO	1	2	4	4	1	13	13
X70	GRACO	PULVERIZADORA PINTURA	1	2	4	2	1	11	11
DHY6000LE	HIUNDAY	PLANTA ELECTRICA	2	5	7	6	1	42	84
J6025	PROTO	TORQUÍMETRO	1	2	4	4	1	13	13
RL4000.1	TEREX	TORRE ILUMINACION	1	2	7	4	3	21	21
RL4000.2	TEREX	TORRE ILUMINACION	1	2	7	4	3	21	21
RL4000.3	TEREX	TORRE ILUMINACION	1	2	7	4	3	21	21
RL4000.4	TEREX	TORRE ILUMINACION	2	2	7	10	3	27	54
ES-105	TOPCON	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA	1	5	4	4	1	25	25


7.5 MATRIZ DE CRITICIDAD

Posteriormente graficamos los resultados de forma organizada en una matriz de criticidad que se compone de tres secciones que se diferencian en distintos colores, clasificando los equipos de mayor criticidad desde la parte superior derecha hasta los equipos de menor criticidad ubicados en la parte inferior izquierda, en el eje vertical de la matriz de criticidad se encuentran la frecuencia de fallas y en el eje horizontal se encuentran las consecuencias de dichas fallas.

Figura 10. Ejemplo matriz de criticidad.



Fuente: Parra, Carlos. "Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos"

 Sección roja: equipos críticos (C).

 Sección Amarilla: equipos con media criticidad (MC).


 Sección blanca: equipos no críticos (NC).

Tabla 27. Matriz de criticidad de la línea amarilla.

4						
3		120M.02	420E.01			
2		120M.01	PC200.7.01	416D.01		236B3.01
1		320D.01	BH30W.01 CS533E.01 CS54B.01	CV16B.01		
			PC200.8.01	H65E.01		
		10	20	30	40	50

Tabla 28. Matriz de criticidad de la línea de transporte.

4				SOI315	XUF457 TAQ600
3		SMT576	WCR654		
2	S47389	R43333	R10890 TAQ371 TAQ916	BXN779 BXN780 BXO831 BXO846 WCR665	TTV855 TAR182 TAR190
1	S55317 SOI372 SOI598	S51617 SOI551 S47388	TTR152 TTR153 TTR154 TTR155	R60356	
		10	20	30	40
					50

Tabla 29. Matriz de criticidad de la línea de equipos menores.

4					
3			300D		
2			305D.01	305D.02	650.01
			RL4000.4		DHY6000LE
1	A19B 754	64781240S J6025	X70	SULLAIR260 RL4000.3	RL4000.2 ES-105
	10	20	30	40	50

Se determinan los rangos de puntuación para clasificar los equipos según su ponderación.

- $70 \leq \text{criticidad} \leq 200$: equipos críticos (C).
- $37 \leq \text{criticidad} < 70$: equipos con media criticidad (MC).
- $5 < \text{criticidad} < 37$: equipos no críticos (NC).

Finalmente se organizan los equipos de las tres líneas según su criticidad en orden descendente en la siguiente tabla.

Tabla 30. Resultados análisis de criticidad.

Codigo	Marca	Equipo	Criticidad	Nivel
XUF357	(MACK-PALFINGER)	CAMIÓN GRUA	196	C
TAQ600	NISSAN	CAMIÓN TURBO	188	C
SOI315	JMC	CAMIÓN TURBO	136	C
TTV855	HYUNDAI	BUSETA	94	C
TAR182	NISSAN	CAMIÓN TURBO	94	C
TAR190	NISSAN	CAMIÓN TURBO	94	C
236B3.01	CATERPILLAR	MINICARGADOR	84	C
DHY6000LE	HIUNDAY	PLANTA ELECTRICA	84	C
WCR654	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	78	C
300D	PERKINS LINCOLN	MOTOSOLDADOR	75	C
BXN779	CHEVROLET	CAMIONETA	68	MC
BXN780	CHEVROLET	CAMIONETA	68	MC
BXO831	CHEVROLET	CAMIONETA	68	MC
BXO846	CHEVROLET	CAMIONETA	68	MC
WCR665	FREIGHTLINER	TRACTOCAMIÓN	64	MC
416D.01	CATERPILLAR	EXCAVADORA	56	MC
305D.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	54	MC
305D.02	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	54	MC
650.01	LINCOLN ELECTRIC	MOTOSOLDADOR	54	MC
RL4000.4	TEREX	TORRE ILUMINACION	54	MC
SMT576	JMC	CAMIÓN TURBO	51	MC
420E.01	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	45	MC

120M.02	CATERPILLAR	MOTONIVELADORA	39	MC
R10890	MACKOS	CAMA ALTA	36	NC
TAQ371	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	30	NC
TAQ916	NAVITRANS INTERNATIONAL	CARROTANQUE	30	NC
PC200.7.01	KOMATSU	RETROEXCAVADORA	30	NC
SULLAIR 260	CATERPILLAR	COMPRESOR	29	NC
R60356	BISON TRUCK	CAMA BAJA	27	NC
120M.01	CATERPILLAR	MOTONIVELADORA	26	NC
ES-105	TOPCON	ESTACIÓN TOPOGRÁFICA	25	NC
CV16B.01	CATERPILLAR	RODILLO COMPACTADOR	21	NC
H65E.01	CATERPILLAR	MARTILLO HIDRAULICO	21	NC
RL4000.1	TEREX	TORRE ILUMINACION	21	NC
RL4000.2	TEREX	TORRE ILUMINACION	21	NC
RL4000.3	TEREX	TORRE ILUMINACION	21	NC
SOI372	JMC	CAMIÓN TURBO	17	NC
SOI551	JMC	CAMIÓN TURBO	17	NC
SOI598	JMC	CAMIÓN TURBO	17	NC
320D.01	CATERPILLAR	RETROEXCAVADORA	15	NC
CS533E.01	CATERPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	15	NC
CS54B.01	CATERPILLAR	VIBROCOMPACTADOR	15	NC
PC200.8.01	KOMATSU	RETROEXCAVADORA	15	NC
S47389	RANDON	VOLCO	14	NC
R43333	ROMARCO	VOLCO	14	NC
TTR152	CHEVROLET	VOLQUETA	13	NC
TTR153	CHEVROLET	VOLQUETA	13	NC
TTR154	CHEVROLET	VOLQUETA	13	NC
TTR155	CHEVROLET	VOLQUETA	13	NC
64781240S	FORCE	TORQUÍMETRO	13	NC
J6025	PROTO	TORQUÍMETRO	13	NC
BH30W.01	CATERPILLAR	BRAZO EXCAVADOR	11	NC
X70	GRACO	PULVERIZADORA PINTURA	11	NC
A19B	CATERPILLAR	AHOYADOR	10	NC
754	FLUKE	MULTICALIBRADOR DE PROCESOS	10	NC
S55317	INDUSTRIAS MORENO	VOLCO	7	NC
S51617	ITALMAQ	VOLCO	7	NC
S47388	RANDON	VOLCO	7	NC

7.6 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

- Aproximadamente el 17% del total de la maquinaria están en condición crítica y es a estos equipos que se le realizará plan de mantenimiento preventivo, el resto de equipos se les aplicará un mantenimiento correctivo.

- Analizando las tres matrices de criticidad podemos inferir que solo el equipo **minicargador caterpillar 236B3.01** de la línea amarilla, los equipos **planta electrica hiunday DHY6000LE** y **motosoldador perkins lincoln 300D** de la línea de equipos menores son críticos. Por otra parte, el mayor porcentaje de los equipos críticos está conformado por la línea de transporte con **cuatro camiones turbo, una buseta y dos tractocamiones** para un total de 7 vehículos.
- Este análisis de criticidad debe actualizarse de forma periódica ya que las ponderaciones de los criterios técnicos pueden variar para cada activo a través del tiempo, esto puede suceder si la empresa decide incursionar en nuevos proyectos en diferentes áreas de la ingeniería con propósitos de expansión, los cuales requieran la utilización de equipos que antes no se usaban con mayor frecuencia, o la obtención de nuevos activos, que influirían en el inventario y su nivel de criticidad correspondiente.

8. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

La empresa no cuenta con un sistema de mantenimiento preventivo claramente definido, esto genera algunos traumatismos en las labores operativas y prestación de los servicios, debido a que las decisiones que tienen que ver con las actividades de mantenimiento son producto de diversos criterios que no se encuentran establecidos en gran parte y coordinados entre sí.

8.1 DEFINICIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE INSPECCIÓN Y RUTINAS DE CHEQUEO

Para definir las frecuencias de intervención de los equipos críticos nos remitimos a un modelo de predicción utilizando un análisis de confiabilidad de cada uno de los equipos. Este análisis se hace con datos operativos de fallas, con el objetivo de pronosticar el comportamiento futuro de operación de las máquinas de tal forma que se pueda establecer las mejores estrategias y tácticas de mantenimiento, calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos y establecer frecuencias de inspección y rutinas de chequeo.

8.2 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS

Como se mencionó en el marco conceptual, la confiabilidad se interesa por cuanto tiempo el equipo continúa en funcionamiento después de entrar en operación, a continuación, se describe el proceso de obtención de la confiabilidad de los equipos críticos y sus correspondientes frecuencias de mantenimiento preventivo por medio de distribución de Weibull, utilizando una metodología propuesta en el libro mantenimiento, planeación, ejecución y control.³

³ Mora Gutierrez, Luis Alberto. Op. Cit, p. 95

Se utiliza el equipo **CAMIÓN GRÚA** con código: **XUF357** a modo de ejemplo, el resto de los equipos críticos se adjuntan en anexos.

8.2.1 Cálculo analítico de la confiabilidad a partir de datos históricos de falla.

Estos datos se obtuvieron en la fase de clasificación y organización de la información de mantenimiento de infraestructura en la cual se hizo revisión de las hojas de vida y tabulando las fechas de falla de los equipos críticos, posteriormente se calcularon los tiempos entre fallas (TBF), que son los intervalos útiles de funcionamiento correcto sin fallas de las máquinas, estos tiempos pueden medirse en horas, millas, ciclos o cualquier otra medida, en este caso en días hábiles.

Tabla 31. Registro histórico de fallas.

CAMIÓN GRÚA		
Código: XUF357		TBF
FECHAS DE FALLO		
8/09/2014	1/12/2014	61
2/12/2014	17/05/2015	119
18/05/2015	3/10/2015	100
4/10/2015	12/03/2016	115
13/03/2015	18/04/2016	287
19/04/2016	3/05/2016	11
4/05/2016	14/06/2016	30
15/06/2016	3/09/2016	58
4/09/2016	23/09/2016	15
24/09/2016	26/10/2016	23
27/10/2016	2/02/2017	71
3/02/2017	9/04/2017	46
10/04/2017	17/06/2017	50
18/06/2017	29/09/2017	75
30/09/2017	11/11/2017	30

Posteriormente se toman los tiempos de operación sin fallas, se organizan de menor a mayor en forma ascendente y se tabulan de la siguiente manera:

Tabla 32. Tiempos entre fallas en orden ascendente.

Ítem	TBF
	tiempo falla
1	11
2	15
3	23
4	30
5	30
6	46
7	50
8	58
9	61
10	71
11	75
12	100
13	115
14	119
15	287

Se calcula la función de densidad de probabilidad de fallas o media Rank por el método de rango de medianas con la aproximación de Benard, el cual es el mejor criterio para el caso de una población de datos, por medio de la siguiente fórmula.

$$F(t) = \frac{j - 0,3}{N + 0,4}$$

Ecuación 2. Función de densidad de probabilidad de falla.

Donde N es el numero total de datos y j es la posición del dato ordenado de menor a mayor.

Tabla 33. Valores de la función de densidad de probabilidad de fallas.

Ítem	TBF	F(t)
	tiempo falla	mediana
1	11	4,55%
2	15	11,04%
3	23	17,53%
4	30	24,03%
5	30	30,52%
6	46	37,01%
7	50	43,51%
8	58	50,00%
9	61	56,49%

10	71	62,99%
11	75	69,48%
12	100	75,97%
13	115	82,47%
14	119	88,96%
15	287	95,45%

Después se hace la alineación de la distribución de Weibull mediante las siguientes transformaciones de los valores de los datos de falla del eje X y los valores de la no confiabilidad, en el eje Y.

$$X_j = Ln(t_j)$$

Ecuación 3. Función de transformación de distribución X.

$$Y_j = Ln \left[Ln \left(\frac{1}{1 - F(t_j)} \right) \right]$$

Ecuación 4. Función de transformación de distribución Y.

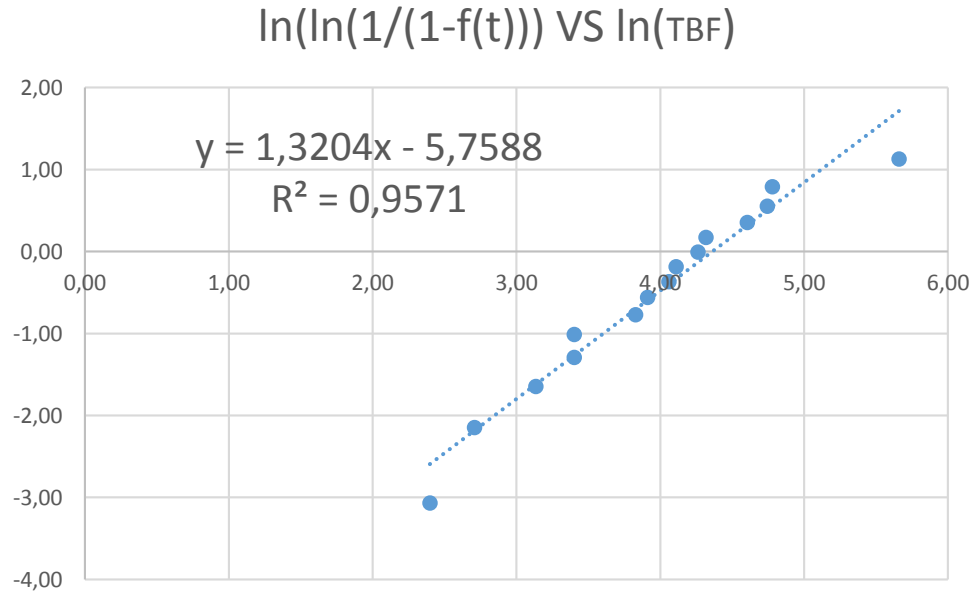
Donde t_j es el tiempo entre fallas (TBF) y $F(t_j)$ es la función de densidad de probabilidad de fallas.

Tabla 34. Valores X y Y de la distribución de Weibull.

Ítem	TBF tiempo falla	F(t) mediana	x ln(TBF)	y ln(ln(1/(1-f(t))))
1	11	4,55%	2,40	-3,07
2	15	11,04%	2,71	-2,15
3	23	17,53%	3,14	-1,65
4	30	24,03%	3,40	-1,29
5	30	30,52%	3,40	-1,01
6	46	37,01%	3,83	-0,77
7	50	43,51%	3,91	-0,56
8	58	50,00%	4,06	-0,37
9	61	56,49%	4,11	-0,18
10	71	62,99%	4,26	-0,01
11	75	69,48%	4,32	0,17
12	100	75,97%	4,61	0,35
13	115	82,47%	4,74	0,55
14	119	88,96%	4,78	0,79
15	287	95,45%	5,66	1,13

Se procede a graficar la distribución de Weibull con los puntos X y Y para poder realizar la linealización con ayuda de la herramienta informática Excel.

Gráfico 8. Distribución de Weibull para el camión grúa XUF375.



El valor del coeficiente de determinación muestral (R^2) es mayor a 0,8 lo cual indica que la línea de tendencia es aceptable, a continuación, se presenta la ecuación del modelo linealizado.

$Y=1,3204x-5,7588$. Este modelo cumple la ecuación explícita de una línea recta que viene dada por la conocida expresión $Y = A \cdot X + B$ donde A es la pendiente y B es la ordenada en el origen, con esta notación podremos encontrar los parámetros de la distribución.

$A = \beta, X = \ln(t)$ $B = \beta * \ln(\eta)$

Ecuación 5. Analogía de la ecuación de la recta con los parámetros de la distribución de Weibull.

Por consiguiente, tenemos el valor del parámetro de forma (Beta), que refleja la dispersión de los datos y determina la forma que toma la distribución; igualmente obtenemos el punto de intersección de la recta con el eje vertical.

Tabla 35. Parámetro Beta e intersección de la recta con el eje vertical.

Pendiente (β)	1,3204
Intersección con el eje Y (B)	-5,7588

Con el valor de la intersección en el eje Y podemos calcular el parámetro de escala o característica de vida útil (Eta) ya que su valor es determinante para fijar la vida útil del equipo.

$$\eta = e^{\left[\frac{\text{Intersección}}{\text{Pendiente}} \right]}$$

Ecuación 6. Fórmula de cálculo del parámetro Eta.

Tabla 36. Parámetro de escala Eta.

η	78,3672
--------------------------	----------------

Una vez hallados los parámetros de la distribución de Weibull se procede a obtener los valores puntuales de confiabilidad para cada tiempo entre fallas, ya que esta depende de dichos parámetros con la siguiente ecuación. Donde (t) es el tiempo entre fallas (TBF).

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

Ecuación 7. Confiabilidad en función de los parámetros Beta e Eta.

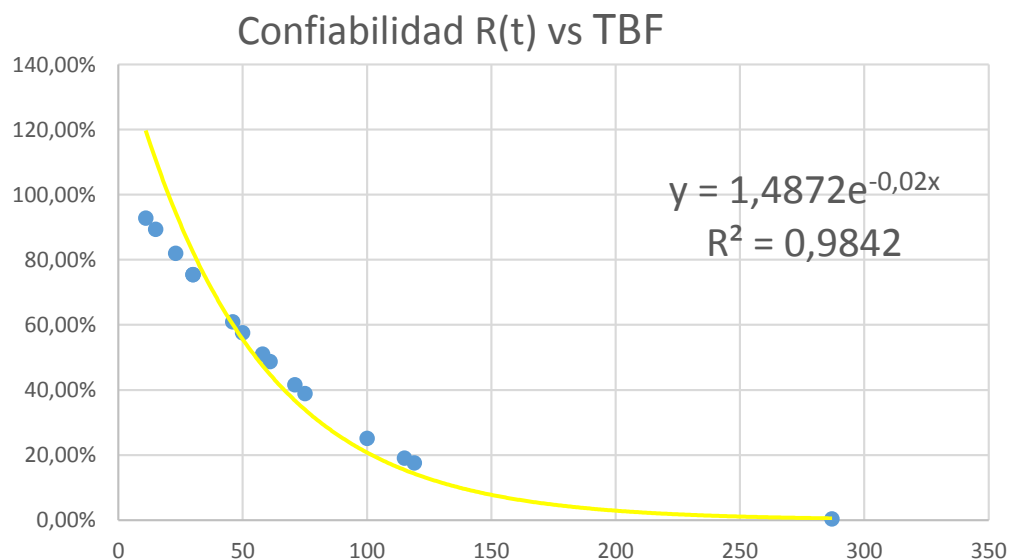
Del proceso anterior obtenemos la siguiente tabla.

Tabla 37. Confiabilidad.

Ítem	TBF	F(t)	x	y	Confiabilidad R(t)
	Tiempo entre falla	mediana	ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))	
1	11	4,55%	2,40	-3,07	92,79%
2	15	11,04%	2,71	-2,15	89,34%
3	23	17,53%	3,14	-1,65	82,02%
4	30	24,03%	3,40	-1,29	75,47%
5	30	30,52%	3,40	-1,01	75,47%
6	46	37,01%	3,83	-0,77	60,97%
7	50	43,51%	3,91	-0,56	57,55%
8	58	50,00%	4,06	-0,37	51,06%
9	61	56,49%	4,11	-0,18	48,76%
10	71	62,99%	4,26	-0,01	41,57%
11	75	69,48%	4,32	0,17	38,92%
12	100	75,97%	4,61	0,35	25,17%
13	115	82,47%	4,74	0,55	19,03%
14	119	88,96%	4,78	0,79	17,62%
15	287	95,45%	5,66	1,13	0,39%

Finalmente, con los valores puntuales graficamos la curva de confiabilidad que es la representación gráfica del funcionamiento después de que transcurre un tiempo t en un periodo T total. Es decir, simboliza la probabilidad de supervivencia que tiene la maquina en este caso el camión grúa **XUF357** después que transcurre un determinado tiempo t .

Gráfico 9. Curva de confiabilidad para el camión grúa XUF375.



Notamos que la curva decrece en la medida que se incrementa el tiempo, es decir que el equipo entrará en estado de falla al transcurrir un tiempo muy grande, del mismo modo es lógico afirmar que para el tiempo cero la confiabilidad es de 100% esto significa que siempre la probabilidad de confiabilidad del equipo antes de iniciar su funcionamiento después de una intervención de mantenimiento es máxima.

A partir de los puntos graficados se modela la representación matemática de la función de confiabilidad del equipo con la ayuda de la herramienta de generación de línea de tendencia de Excel, obteniendo la siguiente ecuación.

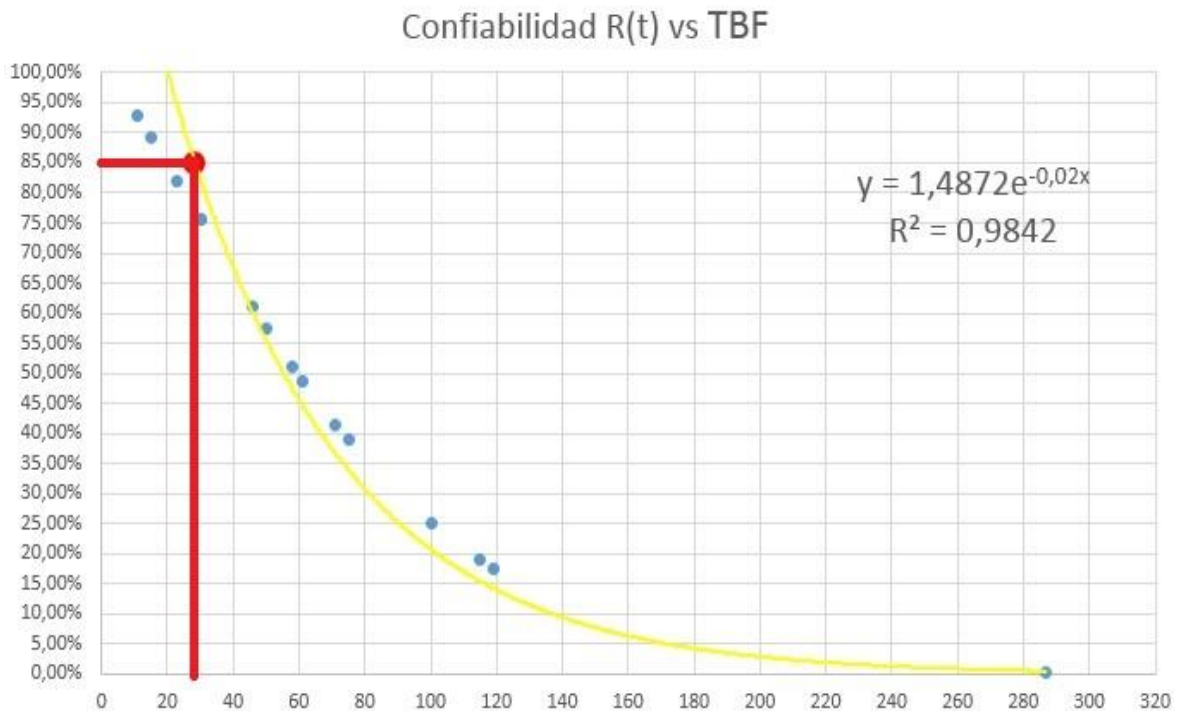
Tabla 38. Función de confiabilidad camión grúa XUF375.

Confiabilidad del Camión grúa XUF357 a través del tiempo.	$R(t)=1,4872e^{-0,02t}$
--	-------------------------

Con la ecuación de confiabilidad, los encargados de mantenimiento de la empresa pueden resolver el interrogante de la probabilidad que el equipo dure más de t días sin falla.

Con esta función matemática podemos predecir el comportamiento del equipo en el tiempo y la utilizaremos para estimar la frecuencia de intervención del equipo con ayuda del personal de mantenimiento y operarios de equipos de la compañía, partimos de la premisa que en la medida que aumenta el tiempo t, menor es la probabilidad de supervivencia del equipo, por lo tanto se llegó a un mutuo acuerdo con el personal de la empresa en el cual se obtendrían las frecuencias de mantenimiento preventivo basados en una **confiabilidad y el factor de forma** para cada equipo, en este caso se determinó una confiabilidad del 85% pues el factor de forma nos indica que este equipo se encuentra en la fase de vida útil y además se presenta un porcentaje de error o desviación en modelo calculado.

Gráfico 10. Confiabilidad vs tiempo entre fallas.



Se hace la aproximación de forma gráfica obteniendo que para el 85% de confiabilidad la frecuencia de intervención del camión grúa XUF357 estimando una frecuencia de intervención cada 29 días.

Realizando el cálculo de forma analítica en el software EES. Con la función matemática de confiabilidad reemplazando $R(t) = 85\%$ de la siguiente manera.

Figura 11. Cálculo de días para confiabilidad del 85%.

$$R = 0,85$$

$$R = 1,4872 \cdot \exp(-0,02 \cdot t)$$

Unit Settings: [kJ]/[C]/[kPa]/[kg]/[degrees]

$$R = 0,85$$

$$t = 27,97 \text{ [Dias]}$$

Obtenemos un valor más exacto similar al estimado por el método gráfico, en el cual se infiere que la **frecuencia de mantenimiento preventivo para el camión grúa XUF357 es cada 28 días.**

8.2.2 Cálculo de comprobación con software cmd. Finalmente se realiza la verificación del procedimiento realizado para la obtención de la frecuencia de mantenimiento por medio del software cálculo de CMD, parámetros, curvas y bondad de ajuste, diseñado por el autor Alberto Mora Gutiérrez, en el cual los valores de entrada son los tiempos útiles de funcionamiento sin fallas, arrojando como variables de salida los parámetros de la distribución de Weibull (Beta, Eta), curvas típicas de confiabilidad, mantenibilidad y cálculo de la disponibilidad. En este caso solo se hizo el análisis de confiabilidad como se muestra en las siguientes ilustraciones.

Figura 12. Interfaz gráfica variables de entrada calculo CMD.

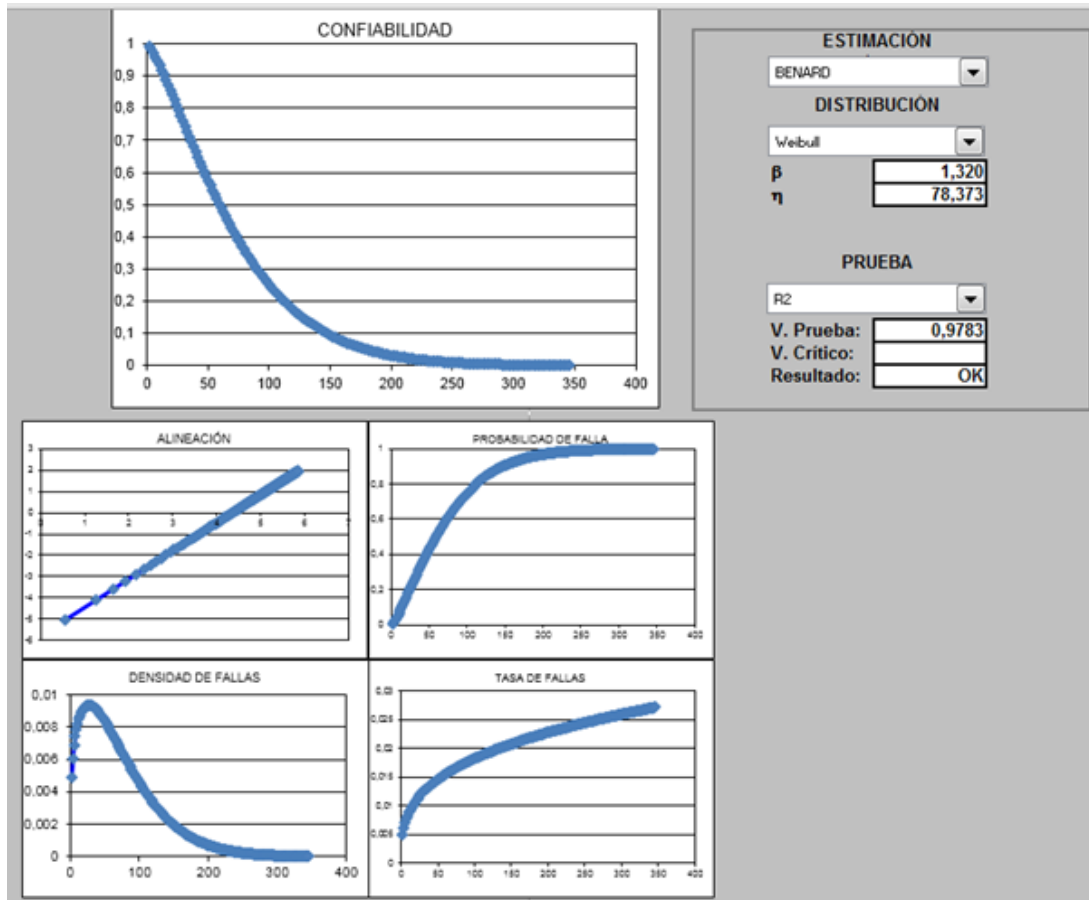
	Tiempos de Operación entre fallas	Tiempos de Mantenimiento	
Número de datos	11		MÉTODO DE ESTIMACIÓN
2	15		<input checked="" type="checkbox"/> BENARD
Número de censurados	23		<input type="checkbox"/> KAPLAN MEYER
0	30		<input type="checkbox"/> I/(N+1)
Pvalue	30		<input type="checkbox"/> MLE
0,1	46		DISTRIBUCIONES A USAR
	50		<input checked="" type="checkbox"/> WEIBULL
Número de datos confiabilidad	58		<input type="checkbox"/> EXPONENCIAL
15	61		<input type="checkbox"/> EXPONENCIAL 2
Número de censurados	71		<input type="checkbox"/> NORMAL
0	75		<input type="checkbox"/> LOGNORMAL
Número de datos mantenibilidad	100		PRUEBAS
0	115		<input checked="" type="checkbox"/> Kolmogorov - Smirnov
Número de censurados	119		<input type="checkbox"/> Kolmogorov - Smirnov 2
0	287		<input type="checkbox"/> Anderson-Darling
			<input type="checkbox"/> Anderson - Darling mod.
			<input type="checkbox"/> Chi cuadrado

C
M

D

Fuente. Software cálculo de CMD, parámetros, curvas y bondad de ajuste

Figura 13. Resultados análisis de confiabilidad.



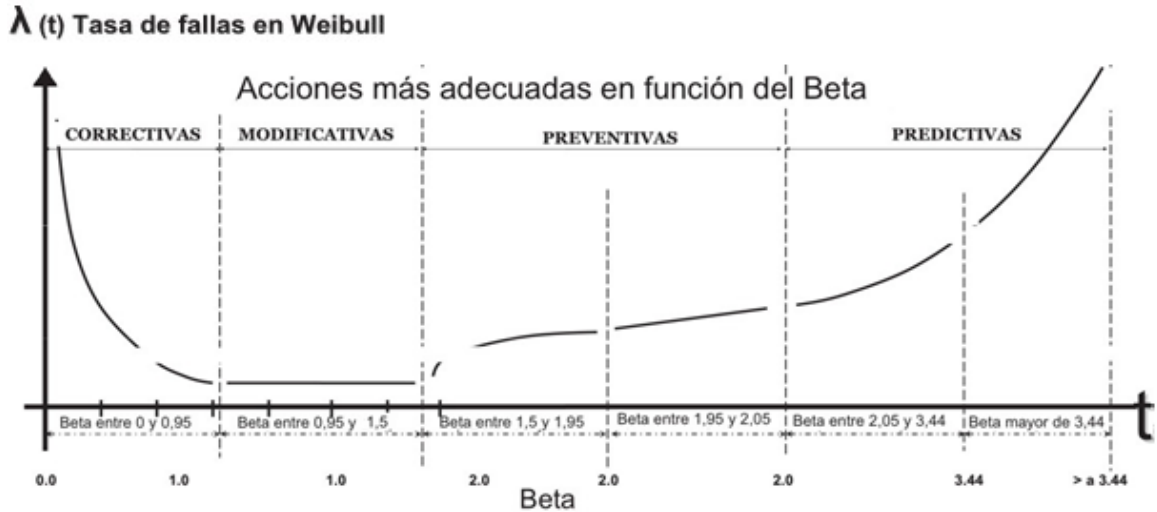
Fuente. Software cálculo de CMD, parámetros, curvas y bondad de ajuste.

Al hacer la comparación de los valores obtenidos de forma analítica y con ayuda del software, se puede evidenciar que los valores del parámetro de forma (Beta), el parámetro de escala (Eta) son semejantes, esto quiere decir que la metodología aplicada para el cálculo de confiabilidad fue acertada.

8.2.3 Resultados y observaciones del análisis de confiabilidad. Se realiza el correspondiente análisis de resultados obtenidos del procedimiento anterior, empezando por el parámetro de forma Beta el cual es muy importante para tomar las decisiones pertinentes al tipo de mantenimiento. A continuación se presenta la

gráfica de la curva de la bañera que sirve para encontrar la ubicación correcta del equipo según el factor de forma que se obtenga.

Figura 14. Acciones más adecuadas en función del Beta.



Fuente. Mantenimiento planeación, ejecución y control.

Teniendo en cuenta la gráfica mostrada, propuesta por el autor Luis Alberto Mora Gutiérrez se construyó la siguiente tabla con el objetivo de facilitar la ubicación de cada uno de los equipos críticos en las diferentes zonas de la curva de Davies.

Tabla 39. Rangos de Beta para ubicación en la curva de Davies.

Valor (Beta)	Fase	Característica
$0 < \beta \leq 0,95$	Mortalidad infantil	Tasa de fallas decreciente
$0,95 < \beta < 1,5$	Vida útil	Tasa de falla constante o aleatoria
$1,5 \leq \beta \leq 2$	Envejecimiento o desgaste	Tasa de fallas creciente, cóncava

Para el análisis de ejemplo con el camión grúa código XUF357, se obtuvo un parámetro de forma de 1,3204 que como se mencionó anteriormente está en fase de vida útil con una tasa de fallas constante, como este valor se acerca a la fase de envejecimiento o desgaste, la recomendación fue realizar mantenimiento preventivo cada 28 días que es la frecuencia de intervención obtenida de acuerdo a la confiabilidad del 85% preestablecida con el departamento de mantenimiento

de la empresa. Este análisis se repitió con cada uno de los equipos críticos, cuyos resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 40. Resultados análisis de confiabilidad.

EQUIPO	λ	η	ρ	Confiabilidad	OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	OBSERVACIONES
XUF357	1,3204	78,3672	0,9571	85%	28 DÍAS	Equipo en la zona de vida útil con tasa de fallas constantes, se recomienda aplicar acciones modificativas y preventivas de acuerdo a una confiabilidad alta .
TAQ600	1,2927	73,4034	0,8647	85%	21 DÍAS	
236B3.01	1,2573	142,1287	0,8939	90%	32 DÍAS	Equipo en la zona de vida útil con tasa de fallas constantes, se recomienda aplicar acciones modificativas y preventivas de acuerdo a una confiabilidad media .
TAR182	1,0186	210,6683	0,8989	80%	47 DÍAS	
SOI315	1,0326	33,4021	0,9739	78%	9 DÍAS	Equipo en la zona de vida útil con tasa de fallas constantes, se recomienda aplicar acciones modificativas y preventivas de acuerdo a una confiabilidad media .
TTV855	1,028	119,0765	0,8104	80%	29 DÍAS	
TAR190	0,9347	55,5824	0,8833	75%	15 DÍAS	Equipo en la zona de mortalidad infantil con tasa de fallas decreciente, se recomienda aplicar acciones correctivas y preventivas de acuerdo a una confiabilidad baja .
DHY6000LE	0,774	106,0408	0,9128	71%	30 DÍAS	
WCR654	0,8927	60,9811	0,863	65%	25 DÍAS	
300D	0,8515	45,3942	1	65%	17 DÍAS	

8.2.4 Conclusiones del análisis de confiabilidad.

- Estas frecuencias calculadas se aplicarán de forma combinada con las frecuencias recomendadas por el fabricante para las tareas de limpieza, inspección, ajuste y lubricación de cada equipo, es decir cada cierta cantidad de kilómetros o número de días, lo que suceda primero. No obstante para labores de reemplazo de elementos o piezas como filtros, mangueras, tapas, etc. Se seguirán las periodicidades propuestas por el fabricante del equipo.

- Los equipos TAQ600, TAR182, TAR190 son camiones turbo de cabina doble para transporte de carga semipesada, de la misma marca (Nissan) y de la misma referencia comercial (CABSTAR). Por lo tanto el plan de mantenimiento es el mismo para los tres vehículos, no obstante la tabla de resultados del análisis de confiabilidad, arroja valores de frecuencias diferentes. Se llegó a un acuerdo con el personal de la empresa que las tareas serán realizadas con la frecuencia del equipo que obtuvo un mayor parámetro de forma Beta (TAQ600), en otras palabras el equipo con mayor tiempo de uso, esto trae como consecuencia un aumento de la confiabilidad de los dos vehículos restantes (TAR182 y TAR190).

9. DOCUMENTACIÓN DE ACTIVIDADES PREVENTIVAS Y PERIODICIDAD DE REEMPLAZO DE COMPONENTES

La elaboración de la listas de tareas de los Planes de Mantenimiento se construyeron basados en las sugerencias de los operarios de las máquinas y las recomendaciones del libro ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO de la autoría de Santiago García Garrido, el cual explica como determinar las tareas de mantenimiento a aplicar y su frecuencia. La periodicidad de reemplazo de componentes se realizó consultando el manual elaborado por el fabricante del equipo, para tener mayor precisión en la determinación y no olvidar puntos importantes.

Los planes se hicieron con la ayuda de **MP software** en su versión gratuita, que es un software de gestión de mantenimiento asistido por computadora, el cual sistematiza, mejora el control y la administración del mantenimiento. En este software los equipos se pueden dividir en sistemas integrados por elementos que cumplen determinada función, esta división es muy útil para determinar las tareas de mantenimiento del equipo.

A continuación, se hará una breve descripción de la obtención de los planes de mantenimiento preventivo en el software.

Empezamos por abrir el software, se crea una nueva base de datos y llegamos al menú de interfaz de usuario.

Figura 15. Acceso directo MP Software.



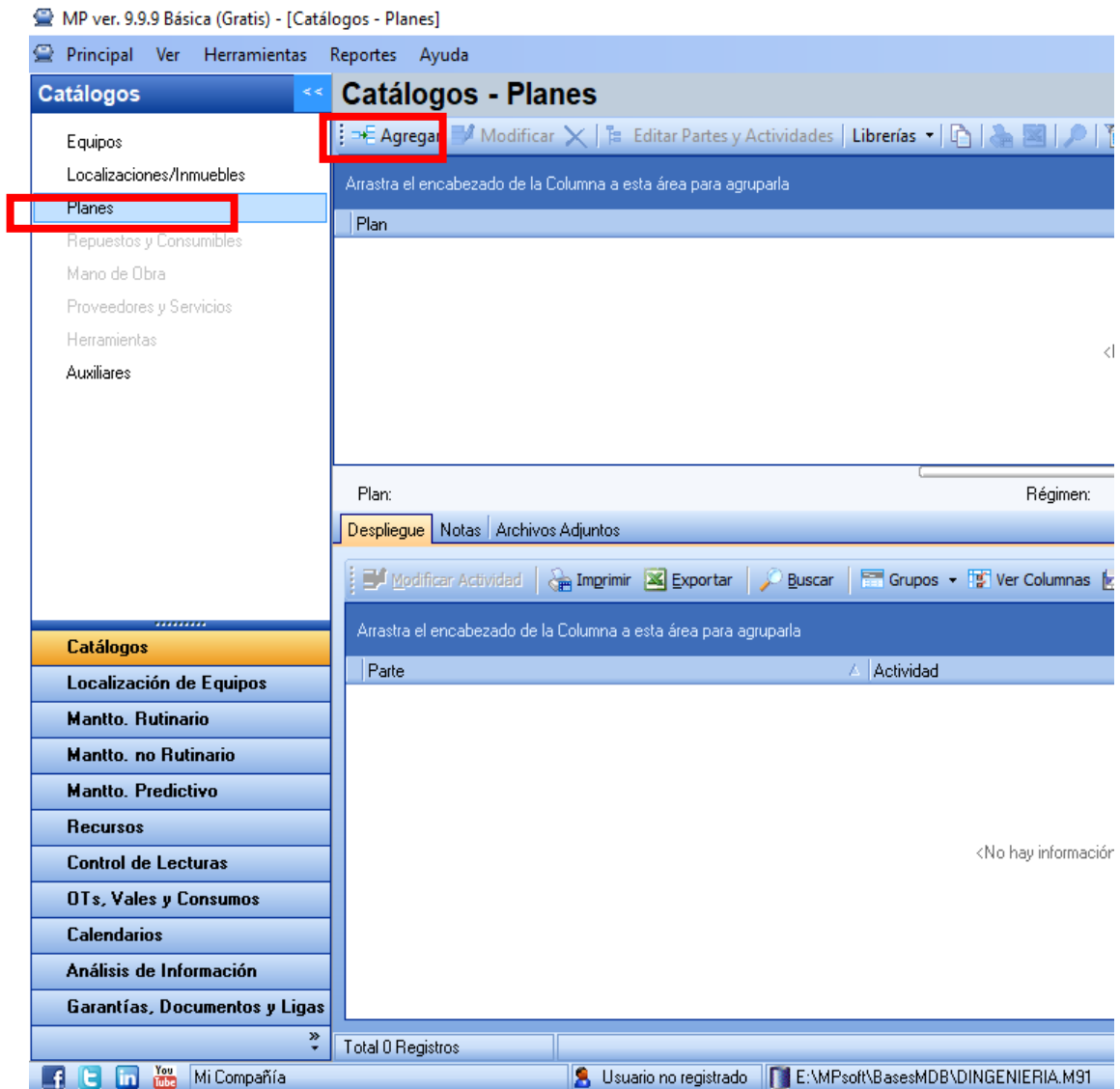
Figura 16. Presentación MP Software.



Figura 17. Generación base de datos MP Software.

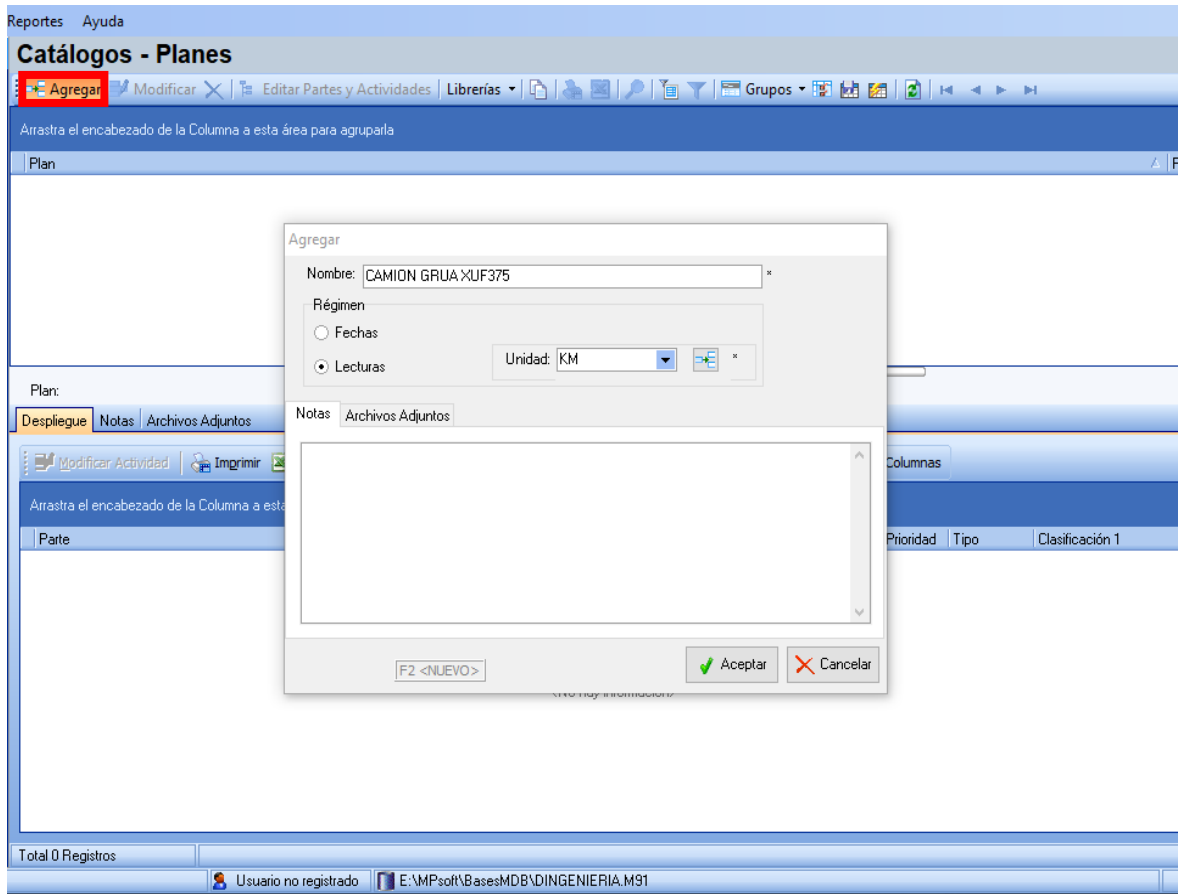


Figura 18. Interfaz de usuario catálogo de planes MP Software.



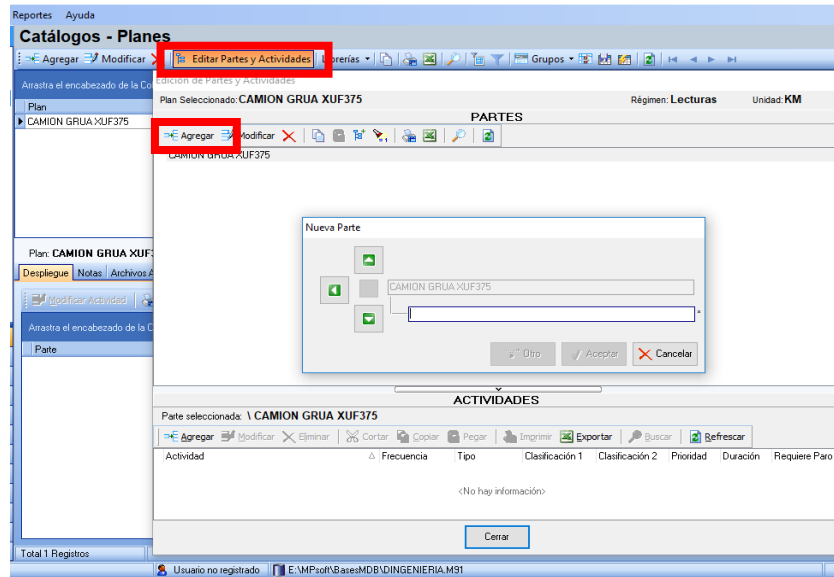
En catálogo de planes seleccionamos la opción **agregar** como se muestra en la *figura 18* para insertar una máquina en la nueva base de datos, este procedimiento se repite para el total de equipos críticos. A continuación, se diligencia el recuadro con los datos de cada equipo.

Figura 19. Menú agregar equipos al MP Software.



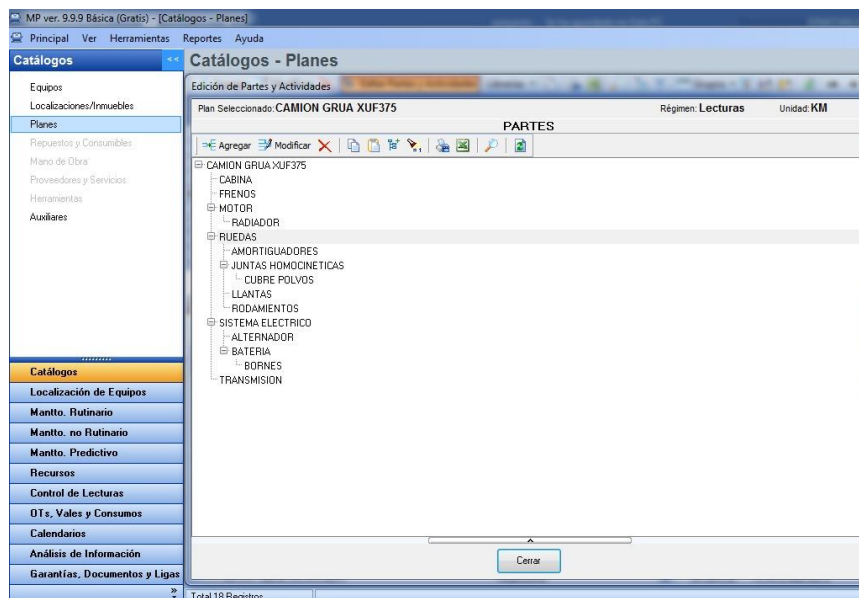
Una vez creado el equipo, se procede a crear cada una de las partes y subsistemas que lo conforman, para esto se selecciona la máquina y se da clic en el vínculo **editar partes y actividades**, al abrir el menú de edición se selecciona la opción de **agregar**, se digita el nombre del elemento en el recuadro de **nueva parte**.

Figura 20. Menú de creación de partes MP Software.



Este procedimiento se hace hasta completar todos los componentes de la máquina como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Ejemplo vista de partes MP Software.



Después se seleccionan las partes y se agregan las actividades de mantenimiento preventivo pertinentes para cada una.

Figura 22. Recuadro creación de actividades del mantenimiento MP Software.

Modificar

Parte: \ MOTOR

Actividad: Revisar sistema de admision

Frecuencia: 2.000 Km *

Establecer algún límite

máximo cada 21 Día(s) * Lo que suceda primero

No desfasar. Forzar a múltiplos de 2000, 4000, 6000, ... Km

Clasificación 1: Inspección

Clasificación 2:

Prioridad: Baja Duración: 0 horas 15 minutos Requiere 0 días de paro

Mantenimiento Predictivo

No requiere Medición

Controlar solo límite mínimo

Controlar solo límite máximo

Controlar límites mínimo y máximo

Mantenimiento Predictivo no disponible en esta versión

Para usar esta opción actualice su MP a una versión Empresarial o Profesional.

[Ver tabla comparativa entre versiones](#)

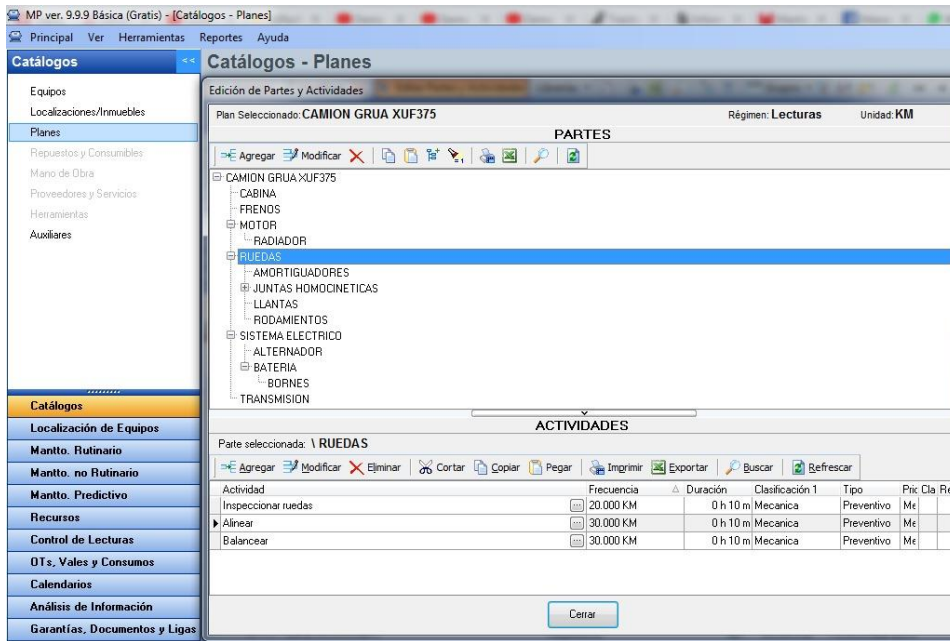
Procedimiento Notas Imágenes Archivos Adjuntos

- Hermeticidad
- Abrazaderas
- Fijacion
- Mangueras
- Estado de turbo
- Intercooler

← → F2 <NUEVO> Aceptar Cancelar

Como podemos ver en la *figura 23* se muestran las actividades de mantenimiento preventivo para las ruedas del Camión Grúa XUF375.

Figura 23. Vista de actividades de mantenimiento preventivo MP Software.



Por último se genera el archivo con el plan de mantenimiento de cada uno de los equipos críticos.

Figura 24. Cuadro de dialogo impresión de formatos MP Software.



A continuación se muestra un ejemplo de un plan de mantenimiento generado en el software con su respectiva orden de trabajo.

9.1 PLANES DE MANTENIMIENTO

Figura 25. Plan de mantenimiento camión grúa XUF375 y tractorcamión WCR654.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

CAMIÓN GRÚA XUF375 - TRACTOCAMIÓN WCR654

Parte	Actividad	Clasificación	Duración
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 1.000 KM			
\ CABINA	Lavar	Limpieza	0 h 55 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 10.000 KM			
\ FRENOS	Revisar	Mecanica	0 h 30 m
\ MOTOR	Cambio de aceite SAE 15W40	Lubricacion	1 h 00 m
	Cambio de filtros (Aceite de motor, By pass, Comb)	Mecanica	2 h 00 m
\ RUEDAS\ AMORTIGUADORES	Inspeccionar muelles	Mecanica	0 h 10 m
\ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS	Engrasar	Lubricacion	0 h 30 m
\ RUEDAS\ RODAMIENTOS	Engrasar	Lubricacion	0 h 30 m
\ SISTEMA ELECTRICO	Verificar dispositivos electricos	Electricidad	0 h 15 m
\ SISTEMA ELECTRICO\ BATERIA\ BORNES	Apretar, limpiar y engrasar	Mecanica	1 h 00 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 15.000 KM			
\ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS\ CUBRE POLVOS	Revisar roturas	Lubricacion	0 h 15 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 20.000 KM			
\ FRENOS	Rectificar y reemplazar	Mecanica	2 h 00 m
\ RUEDAS	Inspeccionar ruedas	Mecanica	0 h 05 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 3.000 KM			
\ RUEDAS\ LLANTAS	Medir espesor del labrado	Mecanica	0 h 15 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 30.000 KM			
\ RUEDAS	Alinear	Mecanica	0 h 10 m
	Balancear	Mecanica	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 40.000 KM			
\ CABINA	Inspeccionar soportes de cabina	Mecanica	0 h 10 m
\ MOTOR\ RADIADOR	Limpieza y cambio liquido refrigerante	Mecanica	0 h 40 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 45.000 KM			
\ RUEDAS\ AMORTIGUADORES	Reemplazar	Mecanica	2 h 00 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 50.000 KM			
\ FRENOS	Cambiar liquido de frenos	Mecanica	1 h 00 m
\ TRANSMISION	Cambiar aceite	Lubricacion	1 h 00 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 60.000 KM			
\ RUEDAS\ LLANTAS	Cambiar	Mecanica	0 h 30 m
\ SISTEMA ELECTRICO\ ALTERNADOR	Reacondicionar	Electricidad	1 h 00 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 7.500 KM			
	Servicio lavado y engrasado	Lubricacion	0 h 35 m
\ CABINA	Encerar	Limpieza	2 h 00 m

Figura 26. Orden de trabajo camión grúa XUF375 y tractocamión WCR654.



OT MANTENIMIENTO CAMIÓN GRÚA Y TRACTOCAMIÓN
XUF375 - WCR654
Catálogo de Planes

CAMIÓN GRÚA XUF375 Y TRACTOCAMIÓN WCR654 Régimen: **Lecturas** Unidad: **KM**

Partes y actividades:

Parte: \

Actividad: **Servicio lavado y engrasado**

Parte: \ **CABINA**

Actividad: **Encerar**

Actividad: **Inspeccionar soportes de cabina**

Actividad: **Lavar**

Parte: \ **FRENOS**

Actividad: **Cambiar liquido de frenos**

Actividad: **Rectificar y reemplazar**

Actividad: **Revisar**

Notas:

Verificar desgaste, recorrido libre del pedal y fugas neumaticas.

Desgaste de bandas, disco y campana.

Parte: \ **MOTOR**

Actividad: **Cambio de aceite SAE 15W40**

Procedimiento:

Si el aceite se encuentra muy sucio, vaciar el aceite y rellenar con un aceite de baja calidad. Dejar funcionando el motor por unos 15 minutos y volver a vaciar el aceite. Rellenar finalmente con aceite multigrado de buena calidad.

Notas:

SAE 15W40 (40 cuartos) Referencia: 4LG0909-C2

Actividad: **Cambio de filtros (Aceite de motor, By pass, Comb)**

Notas:

Cambio de filtros.

- Filtro aceite de motor CL120 CASCADIA S60 - Ref: RDN23530573

- Filtro de aire del motoor CASCADIA - Ref: RDN P610260DS

- Filtro de bombustible principal CL120 S60 - Ref: RDN P556916

Cambio de trampa de agua CASCADIA - Ref: RABP N122R50550

Limpieza de válvulas

Parte: \ **MOTOR\ RADIADOR**

Actividad: **Limpieza y cambio liquido refrigerante**

Parte: \ **RUEDAS**

Actividad: **Alinear**

Actividad: **Balancear**

Actividad: **Inspeccionar ruedas**

Procedimiento:

Pernos, rines, presion de aire en las llantas.

Parte: \ RUEDAS\ AMORTIGUADORES

Actividad: **Inspeccionar muelles**
Notas:
Estado de hojas y grapas

Actividad: **Reemplazar**

Parte: \ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS

Actividad: **Engrasar**
Notas:
Lubricar cardan delantero, trasero y union de cardanes

Parte: \ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS\ CUBRE POLVOS

Actividad: **Revisar roturas**

Parte: \ RUEDAS\ LLANTAS

Actividad: **Cambiar**
Actividad: **Medir espesor del labrado**

Parte: \ RUEDAS\ RODAMIENTOS

Actividad: **Engrasar**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO

Actividad: **Verificar dispositivos electricos**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO\ ALTERNADOR

Actividad: **Reacondicionar**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO\ BATERIA\ BORNES

Actividad: **Apretar, limpiar y engrasar**

Parte: \ TRANSMISION

Actividad: **Cambiar aceite**

Figura 27. Formato de mantenimiento brazo hidráulico.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

BRAZO HIDRÁULICO: CAMIÓN GRÚA XUF375

Parte	Actividad	Clasificación 1	Duración
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 50 HR			
\ ESTRUCTURA	Engrasar el aparato	Lubricacion	0 h 55 m
	Inspeccion visual	Limpieza	0 h 10 m
	Limpiar el aparato a fondo	Lubricacion	0 h 40 m
	Reparar daños en la pintura	Limpieza	0 h 10 m
\ SISTEMA HIDRAULICO	Cambio de filtros hidráulicos	Lubricacion	1 h 00 m
<input type="checkbox"/> Frecuencia : 1.000 HR			
\ SISTEMA HIDRAULICO	Cambio de aceite hidraulico	Lubricacion	0 h 10 m

Figura 26. Orden de trabajo brazo hidráulico.



OT MANTENIMIENTO BRAZO HIDRÁULICO
CAMIÓN GRÚA XUF375
Catálogo de Planes

BRAZO HIDRÁULICO: CAMIÓN GRÚA XUF375 Régimen: **Lecturas** Unidad: **HR**

Partes y actividades:

Parte: \ **ESTRUCTURA**

Actividad: Engrasar el aparato

Notas:

- Desconectar la grua antes del procedimiento.
- Inyectar grasa lubricante en todas las boquillas de engrase y sustituir las boquillas sucias o rotas
- Introducir grasa lubricante a presión en los cojinetes.
- Inyectar lubricante en la cremallera.
- Aplicar grasa para cables con un paño en toda la longitud del cable.

Actividad: Inspeccion visual

Notas:

- Elementos de fijación.
- Elementos estructurales de acero.
- Sistema hidráulico
- Sistema eléctrico
- Cubiertas
- Componentes sistema de poleas
- Control visual del cable
- Señales placas y etiquetas
- Dispositivos de elevación de carga

Actividad: Limpiar el aparato a fondo

Notas:

Utilizar producto limpiador compatibles con el medio ambiente de PH neutro y no agresivos para la piel.

Actividad: Reparar daños en la pintura

Parte: \ **SISTEMA HIDRAULICO**

Actividad: Cambio de aceite hidráulico

Notas:

Debe tener lugar cada 1000 horas de funcionamiento, pero al menos una vez al año.

Actividad: Cambio de filtros hidráulicos

Notas:

Sustituir el juego de filtros tras las primeras 50 horas o 28 días de funcionamiento, después de ello cada 1000 horas de funcionamiento o por al menos una vez al año.

- Filtro de alta presión
- Filtro de retorno
- Filtro de ventilación (en el depósito)

A continuación se muestran los planes de mantenimiento de la maquinaria crítica y las órdenes de trabajos restantes se adjuntan en anexo.

Figura 27. Formato de mantenimiento buseta Hyundai TTV855.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

BUSETA HYUNDAI TTV855

Actividad	Frecuencia	Clasificación 1	Duración
<input type="checkbox"/> Parte : \ CABINA			
Encerar	7.500 Km	Limpieza	0 h 10 m
Revisar soportes de la cabina	40.000 Km	Inspección	0 h 05 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ DIRECCIÓN			
Revisar líquido y manguitos de la dirección	15.000 Km	Inspección	0 h 20 m
Re caja de la cremallera, Varillaje y guardapolvos	15.000 Km	Limpieza	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ FRENOS			
Revisar freno de estacionamiento	30.000 Km	Inspección	0 h 10 m
Revisar pedal del freno	30.000 Km	Inspección	0 h 10 m
Revisar frenos de disco y pastillas	15.000 Km	Inspección	0 h 45 m
Revisar conexiones del freno	15.000 Km	Inspección	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ MOTOR			
Sustituir correa de la distribución	75.000 Km	Ajuste	0 h 10 m
Cambiar cartucho del filtro de combustible	60.000 Km	Ajuste	0 h 35 m
Cambiar filtro de aceite	5.000 Km	Ajuste	0 h 15 m
Cambiar aceite del motor	5.000 Km	Lubricación	0 h 40 m
Revisar y limpiar correa de distribución	45.000 Km	Inspección	0 h 15 m
Cambiar filtro de aire	45.000 Km	Ajuste	0 h 30 m
Cambio de bujías	40.000 Km	Ajuste	0 h 35 m
Sustituir refrigerante del motor	40.000 Km	Ajuste	0 h 50 m
Revisar cartucho del filtro de combustible	30.000 Km	Limpieza	0 h 20 m
Revisar mangueras de combustible	30.000 Km	Inspección	0 h 15 m
Revisar y limpiar juego de válvulas	15.000 Km	Ajuste	0 h 20 m
Revisar filtro de aire	15.000 Km	Inspección	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ RUEDAS			
Revisar y engrasar crucetas cardan y bujes	3.000 Km	Lubricación	0 h 10 m
Revisar rotulas delanteras	15.000 Km	Inspección	0 h 10 m
Engrasar juntas homocinéticas	15.000 Km	Lubricación	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ SISTEMA ELECTRICO			
Revisar sistemas electricos	30.000 Km	Inspección	0 h 40 m
Revisar estado de la batería	15.000 Km	Inspección	0 h 15 m
Revisar manguito de aceite del alternador	15.000 Km	Inspección	0 h 20 m
Revisar bomba de vacío del alternador	15.000 Km	Limpieza	0 h 10 m
Apretar limpiar y engrasar bornes de batería	10.000 Km	Limpieza	0 h 35 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ TRANSMISION			
Cambiar aceite	50.000 Km	Lubricación	0 h 55 m
Revisar eje de la transmisión	30.000 Km	Inspección	0 h 25 m
Revisar correa de transmisión	20.000 Km	Inspección	0 h 10 m

Figura 28. Formato de mantenimiento camiones turbo TAQ600 – SOI315 – TAR182 – TAR190.



**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
CAMIONES TURBO
TAQ600 - SOI315 - TAR182 -TAR190**

Actividad	Frecuencia	Duración	Clasificación 1
Parte :			
Ajustar	10.000 Km	0 h 30 m	Ajuste
Revisar nivel de fluido	1.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 30 m	Inspección
Parte : \ CABINA			
Inspeccionar soportes de cabina	40.000 Km	0 h 10 m	Inspección
Reemplazar filtro del aire acondicionado	15.000 Km	0 h 20 m	Ajuste
Parte : \ MOTOR			
Cambiar aceite de motor	5.000 Km	0 h 30 m	Limpieza
Cambiar filtro de aceite del motor	5.000 Km	0 h 10 m	Lubricación
Cambiar filtro de aire	5.000 Km	0 h 15 m	Limpieza
Cambiar filtro de combustible	5.000 Km	0 h 10 m	Limpieza
Cambiar filtro Sedimentador	5.000 Km	0 h 15 m	Limpieza
Revisar sistema de admision	2.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 15 m	Inspección
Revisar sistema de combustible	1.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 10 m	Inspección
Revisar sistema de refrigeracion	1.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 05 m	Inspección
Parte : \ RUEDAS			
Alineacion de ruedas	10.000 Km	0 h 45 m	Ajuste
Parte : \ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS			
Revisar y engrasar crucetas, cardan y bujes	3.000 Km	1 h 00 m	Lubricación
Parte : \ RUEDAS\ LLANTAS			
Medir espesor del labrado	3.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 10 m	Inspección
Rotar llantas	15.000 Km	0 h 10 m	Ajuste
Verificar presion de llantas	1.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 15 m	Inspección
Parte : \ SISTEMA ELECTRICO			
Realizar mantenimiento de bateria	10.000 Km	0 h 30 m	Ajuste
Parte : \ TRANSMISION			
Revisar estado y tension de correas	1.000 Km ó 21 Día(s)	0 h 05 m	Inspección

Figura 29. Formato de mantenimiento minicargador 236B3.01.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MINICARGADOR 236B3.01

Actividad	▲ Frecuencia	Clasificación 1	Duración
<input type="checkbox"/> Parte : \ CABINA			
Comprobar el funcionamiento del asiento	500 Horas	Inspección	0 h 10 m
Limpieza general	10 Horas	Limpieza	0 h 20 m
Revisar controles de enganche	10 Horas	Inspección	0 h 05 m
Revisar pedales	10 Horas	Inspección	0 h 05 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ MOTOR			
Cambiar aceite	250 Horas	Lubricación	0 h 40 m
Cambiar el filtro de combustible secundario	250 Horas	Ajuste	0 h 10 m
Cambiar refrigerante del sistema de enfriamiento	12.000 Horas	Ajuste	0 h 40 m
drenar trampa de agua del sistema de combustible	10 Horas	Limpieza	0 h 05 m
Remplace elemento secundario del filtro de aire	750 Horas	Ajuste	0 h 15 m
Reemplazar empaque de válvulas	1.000 Horas	Ajuste	0 h 25 m
Reemplazar filtro de aire del motor	250 Horas	Ajuste	0 h 20 m
Reemplazar filtro de aire primario	250 Horas	Ajuste	0 h 15 m
Reemplazar filtro de aire secundario	1.000 Horas	Ajuste	0 h 10 m
Reemplazar filtro de combustible separador de agua	250 Horas	Ajuste	0 h 15 m
Reemplazar sello del filtro separador de agua	250 Horas	Ajuste	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ SISTEMA ELECTRICO			
Comprobar nivel de electrolito en batería	500 Horas	Inspección	0 h 50 m
Revisar funciones de antena product link	500 Horas	Inspección	0 h 30 m
Revisar luces y tablero	500 Horas	Inspección	0 h 10 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ SISTEMA HIDRÁULICO			
Cambiar aceite del sistema Hidráulico	2.000 Horas	Lubricación	0 h 40 m
Reemplazar filtro de aceite hidraulico	500 Horas	Ajuste	0 h 15 m
revisar preciones en diferentes puntos del sistema	10 Horas	Ajuste	0 h 40 m
<input type="checkbox"/> Parte : \ TRANSMISIÓN			
Cambiar aceite de la caja de la cadena	1.000 Horas	Lubricación	0 h 20 m
Reemplazar cadenas	3.000 Horas	Ajuste	1 h 30 m
Revisar pernos y tuercas	250 Horas	Inspección	0 h 20 m

Figura 30. Formato de mantenimiento planta eléctrica DYH6000LE.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PLANTA ELÉCTRICA DYH6000LE

Actividad	Frecuencia	Duración	Clasificación 1
<input type="checkbox"/> Parte : \ MARCO			
Revisar y apretar pernos	200 Horas	0 h 10 m	Ajuste
Verificar ausencia de fugas	500 Horas	0 h 05 m	Inspección
<input type="checkbox"/> Parte : \ MOTOR			
Cambiar aceite lubricante	100 Horas	0 h 30 m	Lubricación
Revisar la bomba de inyeccion de combustible.	400 Horas	0 h 20 m	Inspección
Revisar sincronizacion de inyeccion de combustible	400 Horas	0 h 35 m	Inspección
Reemplazar filtro de combustible	500 Horas	0 h 10 m	Ajuste
Cambiar el filtro de aire	500 Horas	0 h 20 m	Ajuste
Reemplazar el filtro de aceite	500 Horas	0 h 25 m	Ajuste
<input type="checkbox"/> Parte : \ SISTEMA ELECTRICO			
Verificar estado general del alternador	100 Horas	0 h 15 m	Inspección
Revisar protecciones y fusibles	200 Horas	0 h 15 m	Inspección
Limpiar contactores	500 Horas	0 h 05 m	Limpieza
Verificar conexiones de equipos electricos	500 Horas	0 h 10 m	Inspección
Cambiar la bujía	80 Horas	0 h 10 m	Ajuste

Figura 31. Formato de mantenimiento motosoldador 300D.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MOTOSOLDADOR 300D

Actividad	Frecuencia	Duración	Clasificación 1
☐ Parte : \ ESTRUCTURA			
Revisar tuercas y pernos	1.000 Horas	0 h 15 m	Inspección
☐ Parte : \ MOTOR			
Revisar nivel de aceite del motor	8 Horas	0 h 05 m	Inspección
Limpiar trampa de agua	8 Horas	0 h 15 m	Limpieza
Limpiar filtro de aire	8 Horas	0 h 10 m	Limpieza
Inspeccionar fugas o daños en el motor	8 Horas	0 h 05 m	Inspección
Reemplazar aceite del motor	500 Horas	0 h 40 m	Lubricación
Cambiar filtro de aceite del motor	500 Horas	0 h 10 m	Ajuste
Cambiar canister	500 Horas	0 h 10 m	Ajuste
Inspeccionar funcionamiento del inyector	500 Horas	0 h 10 m	Inspección
Cambiar filtro de aire	500 Horas	0 h 15 m	Ajuste
Apretar las cabezas de los cilindros	1.000 Horas	0 h 10 m	Ajuste
Cambiar respiradero del motor	1.000 Horas	0 h 15 m	Ajuste
Revisar holguras de válvulas	1.000 Horas	0 h 05 m	Inspección
☐ Parte : \ SISTEMA DE ENFRIAMIENTO			
Revisar nivel del refrigerante	8 Horas	0 h 05 m	Inspección
Revisar concentración de anticongelante	250 Horas	0 h 10 m	Inspección
Reemplazar enfriador	1.000 Horas	0 h 15 m	Ajuste
☐ Parte : \ SISTEMA ELÉCTRICO			
Inspeccionar batería	500 Horas	0 h 05 m	Inspección
Revisión de sistema eléctrico	1.000 Horas	0 h 20 m	Inspección
☐ Parte : \ TRANSMISIÓN			
Revisar tensión de la banda del alternador	250 Horas	0 h 15 m	Ajuste
Revisar el desgaste de la banda impulsora	250 Horas	0 h 05 m	Inspección
Reemplazar banda impulsora del alternador	1.000 Horas	0 h 50 m	Ajuste

9.2 PLANES DE MANTENIMIENTO BAJO FRECUENCIAS CALCULADAS

Estas acciones se proponen con el régimen de frecuencias obtenidas del análisis de confiabilidad de cada equipo, como son de baja complejidad, pueden ser realizadas por los operarios.

Figura 32. Mantenimiento preventivo de vehículos de transporte.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

VEHICULOS DE TRANSPORTE
 XUF357 - TAQ600 - SOI315 - TTV855
 TAR182 - TAR 190 - WCR654

Parte	Actividad	Clasificación 1
\ CABINA	LAVADO	LIMPIEZA
	LUBRICAR BISAGRAS Y TAPAS DE PUERTAS	LUBRICACION
	POLICHADO	LIMPIEZA
	REVISAR LIMPIABRISAS	INSPECCION
	REVISAR TESTIGOS TABLERO	INSPECCION
\ CARROCERIA	AJUSTAR CARROCERIA	AJUSTE
	LAVADO	LIMPIEZA
	VERIFICAR ESTADO DE CARPA	INSPECCION
	VERIFICAR LATONERIA Y PINTURA	INSPECCION
	VERIFICAR ESTADO DE ASIENTOS	INSPECCION
\ LLANTAS	VERIFICAR ESPESOR DEL LABRADO	INSPECCION
	VERIFICAR PRESION DE LLANTAS	AJUSTE
\ LUCES	VERIFICAR DIRECCIONALES	INSPECCION
	VERIFICAR ENCENDIDO Y CAMBIOS	INSPECCION
\ MOTOR	VERIFICAR RUIDOS DESPUES DE ENCENDIDO	INSPECCION
	VERIFICAR TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	INSPECCION
\ NIVELES DE	ACEITE DE MOTOR.	INSPECCION
	LIMPIA VIDRIOS	INSPECCION
	LIQUIDO DE FRENOS	INSPECCION
	LIQUIDO HIDRAULICO	INSPECCION
	LIQUIDO REFRIGERANTE	INSPECCION
\ SISTEMA ELECTRICO	VERIFICAR BOCINAS	INSPECCION

Figura 33. Orden de trabajo de vehículos de transporte.



OT PREVENTIVO DE VEHICULOS DE TRANSPORTE

XUF357 - TAQ600 - SOI315 - TTV855 - TAR182 - TAR 190 - WCR654

Catálogo de Planes

VEHICULOS DE TRANSPORTE	Régimen: Fechas	Unidad:
<i>Partes y actividades:</i>		
Parte: \ CABINA		
Actividad: LAVADO		
Actividad: LUBRICAR BISAGRAS Y TAPAS DE PUERTAS		
Actividad: POLICHADO		
Actividad: REVISAR LIMPIABRISAS		
Actividad: REVISAR TESTIGOS TABLERO		
Parte: \ CARROCERIA		
Actividad: AJUSTAR CARROCERIA		
Actividad: LAVADO		
Actividad: VERIFICAR ESTADO DE CARPA		
Actividad: VERIFICAR LATONERIA Y PINTURA		
Actividad: VERIFICAR ESTADO DE ASIENTOS		
Parte: \ LUCES		
Actividad: VERIFICAR DIRECCIONALES		
Actividad: VERIFICAR ENCENDIDO Y CAMBIOS		
Parte: \ LLANTAS		
Actividad: VERIFICAR ESPESOR DEL LABRADO		
Actividad: VERIFICAR PRESION DE LLANTAS		
Parte: \ MOTOR		
Actividad: VERIFICAR RUIDOS DESPUES DE ENCENDIDO		
Actividad: VERIFICAR TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO		
Parte: \ NIVELES DE		
Actividad: ACEITE DE MOTOR		
Actividad: LIMPIA VIDRIOS		
Actividad: LIQUIDO DE FRENOS		
Actividad: LIQUIDO HIDRAULICO		
Actividad: LIQUIDO REFRIGERANTE		
Parte: \ SISTEMA ELECTRICO		
Actividad: VERIFICAR BOCINAS		

Figura 34. Mantenimiento preventivo del minicargador.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MINICARGADOR 236B3.01

Parte	Actividad	Clasificación 1
\ CARROCERÍA Y CABINA	COMPROBAR ESTADO DE PINTURA	INSPECCIÓN
	REVISAR, LIMPIAR Y ENGRASAR PASADORES Y BUJES	LIMPIEZA
\ LLANTAS	VERIFICAR ESPESOR DEL LABRADO	INSPECCIÓN
	VERIFICAR PRESIÓN DE LAS LLANTAS	AJUSTE
\ MOTOR	COMPROBAR NIVEL DE REFRIGERANTE: DEPOSITO	INSPECCIÓN
	COMPRUEBE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR	INSPECCIÓN
	LIMPIAR ELEMENTO PRIMARIO DEL FILTRO DE AIRE	LIMPIEZA
\ MOTOR \ RADIADOR	COMPROBAR NIVEL DE REFRIGERANTE: RADIADOR	INSPECCIÓN
\ SISTEMA ELECTRICO	LIMPIAR BORNES DE LA BATERÍA	LIMPIEZA
	REVISAR BATERÍA	INSPECCIÓN
	REVISAR CABLEADO	INSPECCIÓN
\ SISTEMA HIDRÁULICO	COMPROBAR NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO	INSPECCIÓN
	LIMPIAR ENFRIADOR DEL ACEITE HIDRÁULICO	LIMPIEZA
	REVISAR MANGUERAS	INSPECCIÓN
	REVISAR Y LIMPIAR CILINDROS HIDRÁULICOS	LIMPIEZA
\ TRANSMISIÓN	ENGRASAR EJE DE DIRECCIÓN	LUBRICACIÓN
	REVISAR NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE LA CADENA	INSPECCIÓN
	VERIFICAR CADENAS DE IMPULSIÓN	INSPECCIÓN

Figura 35. Orden de trabajo del minicargador.



OT PREVENTIVO MINICARGADOR

MINICARGADOR CAT 236B3-01

Catálogo de Planes

MINICARGADOR 236B3.01	Régimen: Fechas	Unidad:
<i>Partes y actividades:</i>		
Parte: \ CARROCERÍA Y CABINA		
Actividad: COMPROBAR ESTADO DE PINTURA		
Actividad: REVISAR, LIMPIAR Y ENGRASAR PASADORES Y BUJES		
Parte: \ LLANTAS		
Actividad: VERIFICAR ESPESOR DEL LABRADO		
Actividad: VERIFICAR PRESIÓN DE LAS LLANTAS		
Parte: \ MOTOR		
Actividad: COMPROBAR NIVEL DE REFRIGERANTE: DEPOSITO		
Actividad: COMPRUEBE EL NIVEL DE ACEITE DEL MOTOR		
Actividad: LIMPIAR ELEMENTO PRIMARIO DEL FILTRO DE AIRE		
Parte: \ MOTOR\ RADIADOR		
Actividad: COMPROBAR NIVEL DE REFRIGERANTE: RADIADOR		
Parte: \ SISTEMA ELECTRICO		
Actividad: LIMPIAR BORNES DE LA BATERÍA		
Actividad: REVISAR BATERÍA		
Actividad: REVISAR CABLEADO		
Parte: \ SISTEMA HIDRÁULICO		
Actividad: COMPROBAR NIVEL DE ACEITE HIDRÁULICO		
Actividad: LIMPIAR ENFRIADOR DEL ACEITE HIDRÁULICO		
Actividad: REVISAR MANGUERAS		
Actividad: REVISAR Y LIMPIAR CILINDROS HIDRÁULICOS		
Parte: \ TRASMISIÓN		
Actividad: ENGRASAR EJE DE DIRECCIÓN		
Actividad: REVISAR NIVEL DE ACEITE DE LA CAJA DE LA CADENA		
Actividad: VERIFICAR CADENAS DE IMPULSIÓN		

Figura 36. Mantenimiento preventivo de la planta eléctrica.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

PLANTA ELÉCTRICA GYH6000LE

Parte	Actividad	Clasificación 1
\ BATERÍA	LIMPIAR BORNES	LIMPIEZA
	VERIFICAR VOLTAJE	
\ MARCO	REVISIÓN GENERAL	INSPECCIÓN
\ MOTOR	CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR	LUBRICACIÓN
	LIMPIAR FILTRO DE ACEITE	LIMPIEZA
	LIMPIAR FILTRO DE AIRE	LIMPIEZA
	LIMPIAR FILTRO DE CONBUSTIBLE	LIMPIEZA
	VERIFICAR ACEITE DEL MOTOR	INSPECCIÓN

Figura 37. Orden de trabajo de la planta eléctrica.



OT PREVENTIVO PLANTA ELECTRICA

PLANTA ELECTRICA DHY6000LE

Catálogo de Planes

PLANTA ELECTRICA DYH6000LE

Régimen: **Fechas**

Unidad:

Partes y actividades:

Parte: \ **MOTOR**

Actividad: **CAMBIO DE ACEITE DE MOTOR**

Notas:

- PRIMERA VEZ 30 HORAS
- SIGUIENTES TRES VECES 50 HORAS
- DE AHÍ EN ADELANTE CADA 30 DÍAS

Actividad: **LIMPIAR FILTRO DE ACEITE**

Notas:

- DRENAR ACEITE DEL MOTOR COMPLETAMENTE
- RETIRAR FILTRO DE ACEITE PRINCIPAR
- LIMPIAR CON UN CEPILLO Y DIESEL

Actividad: **LIMPIAR FILTRO DE AIRE**

Notas:

- PRIMERA VEZ 30 HORAS
- SIGUIENTES TRES VECES 50 HORAS
- DE AHÍ EN ADELANTE CADA 30 DÍAS

LIMPIE CON MAYOR FRECUENCIA SI EL GENERADOR REDUCE LA SALIDA DE POTENCIA O MUESTRA HUMO NEGRO

Actividad: **LIMPIAR FILTRO DE CONBUSTIBLE**

Notas:

- LIMPIAR CON DIESEL, NUNCA CON AGUA

Actividad: **VERIFICAR ACEITE DEL MOTOR**

Notas:

- CHEQUEAR EL NIVEL EN LA VARILLA DE MEDICIÓN DE ACEITE


Figura 38. Continuación orden de trabajo de la planta eléctrica.



OT PREVENTIVO PLANTA ELECTRICA
PLANTA ELECTRICA DHY6000LE
Catálogo de Planes

PLANTA ELECTRICA DYH6000LE	Régimen: Fechas	Unidad:
<i>Partes y actividades:</i>		
Parte: \ BATERÍA		
Actividad: LIMPIAR BORNES		
Actividad: VERIFICAR VOLTAJE		
<i>Notas:</i>		
-EL VOLTAJE DEBE SER MAYOR A 13 VOLTIOS. -SI EL VOLTAJE ES INFERIOR A 12 VOLTIOS PROCEDA DA RECARGAR LA BATERÍA CON UN CARGADOR DE BATERÍA EXTERNO.		
Parte: \ MARCO		
Actividad: REVISIÓN GENERAL		
<i>Notas:</i>		
HACER CONTROL VISUAL DE TODAS LAS PARTES Y TORNILLOS		

Figura 39. Mantenimiento preventivo motosoldador.



PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MOTOSOLDADOR 300D

Parte	Actividad	Clasificación 1
\ CONMUTADOR Y ESCOBILLAS	REEMPLAZAR ESCOBILLAS	AJUSTE
	REVISAR EL CONMUTADOR, ANILLOS Y ESCOBILLAS	INSPECCIÓN
\ MOTOR	INSPECCIONAR MOTOR DE FORMA AUDITIVA	INSPECCIÓN
\ PANEL DE CONTROL	APLICAR ACEITE EN EL SELECTOR DE CORRIENTE	LUBRICACIÓN
	LIMPIAR CONTACTOS DEL SELECTOR DE CORRIENTE	LIMPIEZA
	LIMPIAR PANEL CON AIRE COMPRIMIDO	LIMPIEZA
	REVISAR PLACAS Y ETIQUEDAS DE IDENTIFICACIÓN	INSPECCIÓN
\ RODAMIENTOS	LIMPIAR ACCESORIOS DEL ÁREA DE RODAMIENTOS	LIMPIEZA
\ SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	APRETAR LA TAPA DEL RADIADOR	AJUSTE
	LIMPIAR Y PURGAR EL SISTEMA	LIMPIEZA

Figura 40. Orden de trabajo del motosoldador.



OT PREVENTIVO MOTOSOLDADOR
MOTOSOLDADOR 300D
Catálogo de Planes

MOTOSOLDADOR 300D	Régimen: Fechas	Unidad:
--------------------------	------------------------	----------------

Partes y actividades:

Parte: \ CONMUTADOR Y ESCOBILLAS

Actividad: REEMPLAZAR ESCOBILLAS

Notas:

SI ESTÁN DESGASTADAS

Actividad: REVISAR EL CONMUTADOR, ANILLOS Y ESCOBILLAS

Notas:

- RETIRANDO LAS TAPAS
- RECOMENDACIÓN APAGAR EL EQUIPO
- LA SUPERFICIE DE LOS ANILLOS DE DESLIZAMIENTO Y LOS CONMITADORES NO DEBEN SER DE COLOR NEGRO

Parte: \ MOTOR

Actividad: INSPECCIONAR MOTOR DE FORMA AUDITIVA

Parte: \ PANEL DE CONTROL

Actividad: APLICAR ACEITE EN EL SELECTOR DE CORRIENTE

Notas:

APLIQUE UNA GOTTA DE ACEITE EN EL EJE DEL SELECTOR

Actividad: LIMPIAR CONTACTOS DEL SELECTOR DE CORRIENTE

Notas:

- HACER GIRAR LA MANIJA DESDE EL PUNTO MÁXIMO AL MÍNIMO
- NO ENGRASAR

Actividad: LIMPIAR PANEL CON AIRE COMPRIMIDO

Notas:

-USAR BAJA PRESIÓN

Actividad: REVISAR PLACAS Y ETIQUEDAS DE IDENTIFICACIÓN

Notas:

LOS LETREROS DEBEN SER LEGIBLES

Parte: \ RODAMIENTOS

Actividad: LIMPIAR ACCESORIOS DEL ÁREA DE RODAMIENTOS

Notas:

LA MAYORÍA DE LAS FALLAS EN LOS RODAMIENTOS SON POR SUCIEDAD QUE SE INTRODUCE.

Parte: \ SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Actividad: APRETAR LA TAPA DEL RADIADOR

Notas:

SIRVE PARA PREVENIR LA PERDIDA DEL REFRIGERANTE

Actividad: LIMPIAR Y PURGAR EL SISTEMA


Notas:

LIBERAR OBSTRUCCIONES QUE PUEDAN SOBRECALENTAR EL MOTOR

9.3 LISTAS DE CHEQUEO PREOPERACIONALES

9.3.1 Lista de chequeo preoperacional vehículos de transporte

Tabla 41. Lista de chequeo vehículos de transporte.

 LISTA DE CHEQUEO PREOPERACIONAL DE HERRAMIENTA Y EQUIPOS															
EQUIPOS DE TRANSPORTE															
EMPRESA:	PLACAS N°.			MODELO:											
INSPECCIONADO POR:			UBICACIÓN												
PARTE	DESCRIPCION	CANT.	FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		FECHA		
			B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	
LUCES	* Frontales de servicio (altas y bajas)	2													
	*Traseras de trabajo (reflector)	2													
	*Direccionales delanteras de parqueo	2													
	*direccionales traseras de parqueo	2													
	*De stop y señal trasera	2													
CABINA	Escaleras y pasamanos	2													
	*Alarma de retroceso	1													
	Pito	1													
	*Cinturon de seguridad	3													
	*Freno de servicio														
	*Freno de parqueo o emergencia	En 4 ruedas													
	*Dirección/terminales	En 2 ruedas													
	Pedales y mandos manuales en buen estado	Delanteros													
	Vidrios (frontal, trasero, lateral) buen estado	Todos													
	*Espejos retrovisores (laterales)	4													
	Limpiabrisas	2													
	Extintor de incendio 10 lbs. PQS	2													
	Asiento en buena condición	2													
	Indicadores de: (Presión aceite de motor, amperimetro, temperatura de motor, tacometro, combustible, ángulo)	Todos													
Puerta con seguros	2														
ESTADO MECANICO	Control de fugas hidráulicas	Completo													
	Estado pasadores (gatos estabilizadores)	Completo													
	*Funcionamiento del motor (minimo/acelera.)	Completo													
	Secciones y Gatos Boom en buen estado	3 Secciones													
	*Estado del bloque (gancho, seguro, roldanas)	Completo													
	*Cable de carga	Completo													
	*Tambor principal	Completo													
	*Gatos de estabilizacion lateral	2													
	*Zapatas de estabilización de gatos laterales	2													
	Soporte estructural 1a. Sección del Boom	Completo													
	Soporte de los gatos del Boom	Completo													
	*punta del Boom y roldadas	Completo													
	Caja estructural de gatos estabilizadores	2													
	*Bombas hidráulicas y mangueras	Todas													
	Estructura y anclaje del Jib	Completa													
	Prueba de carga máxima	Completa													
Prueba de estabilidad	Completa														
Carta de carga en cabina	Completa														
*Tanque de combustible (abrasaderas soportes)	Completos														
LLANTAS	En buen estado (sin cortaduras profundas y sin abultamientos)	6													
Supervisor															
PUNTO CRITICO QUE INHABILITA EL EQUIPO PARA OPERAR															

9.3.3 Lista de chequeo preoperacional equipos menores

Tabla 43. Lista de chequeo de equipos menores.

 LISTA DE CHEQUEO PREOPERACIONAL DE HERRAMIENTA Y EQUIPOS																
HERRAMIENTA O EQUIPO		PLACAS				MODELO		MARCA		UBICACIÓN						
MOTOSOLDADOR																
La inspección preoperacional debe ser realizada UNICAMENTE por el OPERADOR de la herramienta o equipo, con el apoyo del SUPERVISOR DE HSE		SEMANA	SEMANA	MES	AÑO	INICIAL	FINAL	OBSECCIONES								
		LUNES														
		MARTES														
		MIERCOLES														
		JUEVES														
		VIERNES														
		SÁBADO														
		DOMINGO														
*PUNTO CRITICO QUE INHABILITA EL EQUIPO PARA OPERAR																
PARTE	ITEM	CANT.	LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
			B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
ESTADO MECANICO	*Motor	1														
	Soportes del motor	4														
	Motor de arranque	1														
	Generador	1														
	Alternador	2														
	*Correas alternados	1														
	Sistema eléctrico	1														
	*Conecciones eléctricas	1														
	*Puestas a tierra	1														
	Baterías	1														
	*Salida 110 y 220 AC.	2														
	Indicador horometro	1														
	*Indicador temperatuda	1														
	*Nivel de aceite	1														
	*Nivel de agua (Radiador)	1														
	*Tanque de combustible	1														
	Exhosto	1														
	*Compuertas laterales	2														
*Descriptivo de Tiro	1															
*Llantas	2															
Tapa tanque combustible	1															
*Guardas	---															
FIRMA DEL OPERADOR																

Observación. Como se ha venido mencionando la empresa no contaba con este tipo de formatos, el poco mantenimiento preventivo y el correctivo que realizaba era subcontratado, muchas actividades propuestas en los planes preventivos con la frecuencia calculada y las listas de chequeo preoperacionales pueden ser realizadas por los mismos operarios de las maquinas, disminuyendo el porcentaje de la subcontratación de labores de mantenimiento y simultáneamente capacitando y volviendo expertos a los empleados en medidas de prevención de fallas de los equipos que ellos mismos manipulan. Esto permite disminuir los costos de mantenimiento.

10. CONCLUSIONES

Se realizó un diagnóstico de la gestión del mantenimiento y se determinó que su calidad era de aspecto regular obteniendo un puntaje de 2,6 según criterios de evaluación de la auditoría con 30% de labores preventivas, pues mayormente se hacían actividades sintomáticas cuando los equipos presentaban un funcionamiento erróneo o entraban en estado de falla. Se aplicaron correcciones con este trabajo de grado para mejorar en aspectos como la criticidad de rutas de inspección y el manejo de la información sobre equipos.

En respuesta a la mala gestión de los activos se clasificó la información de los mismos obteniendo documentación organizada de infraestructura, introduciendo el **inventario de equipos y fichas técnicas**, que facilitó el mejoramiento en las actividades laborales del personal de mantenimiento de la empresa D INGENIERÍA.

Se realizó un análisis de criticidad de los activos de la empresa utilizando el método de factores ponderados arrojando como resultado que el 17% de la maquinaria está en condición crítica, produciendo un mayor impacto en la compañía en este porcentaje se encuentran **cuatro camiones turbo, una buseta y dos tractocamiones** por parte de la línea de transporte, los equipos **planta electrica Hiunday DHY6000LE** y **motosoldador Perkins Lincoln 300D** de la línea de equipos menores y solo el equipo **minicargador Caterpillar 236B3.01** de la línea amarilla para un total de 10 equipos. Fue a esta parte que se le realizó el plan de mantenimiento preventivo, el cual fue una de los principales propósitos de este proyecto.

Se desarrolló un análisis de confiabilidad de los equipos críticos como primera etapa del diseño del plan de mantenimiento, el cual se realizó a partir de los

registros históricos de falla de la maquinaria, por medio del modelo de distribución de Weibull, calculando así las respectivas frecuencias de inspección y ejecución de tareas preventivas.

Se elaboraron los formatos de actividades preventivas con sus respectivas órdenes de trabajo que incluyen labores de limpieza, inspección, ajuste y lubricación, las cuales están divididas en dos secciones: la primera se hizo con las recomendaciones de los fabricantes incluyendo la periodicidad de reemplazo de componentes o piezas, la segunda sección se construyó basados en la experiencia del personal de la empresa, con las frecuencias calculadas en el análisis de confiabilidad de la primera etapa del diseño del plan de mantenimiento.

Duración de las actividades preventivas:

- ✓ Para equipos de transporte **XUF357, TAQ600, SOI315, TTV855, TAR182, TAR190, WCR654** un total de 2 horas y 23 minutos.
- ✓ Para el **minicargador 236B3.01** un total de horas 2 horas y 30 minutos.
- ✓ Para la **planta eléctrica GYH6000LE** un total de 1 hora y 30 minutos.
- ✓ Para el **motosoldador 300D** un total de 1 hora y 25 minutos.

11. RECOMENDACIONES

Es necesario capacitar a los operarios y personal del área de mantenimiento para que se adhieran a la metodología que se implantó dándoles a conocer las labores expuestas en este trabajo, para que tomen responsabilidad y la implementación sea exitosa.

Se recomienda la implementación periódica del estudio de criticidad de los equipos debido a que las ponderaciones de los criterios técnicos pueden variar para cada activo a través del tiempo a causa de los nuevos proyectos en los que pueda incursionar la empresa en las diferentes áreas de la ingeniería donde se utilicen equipos que antes no se utilizaban con mayor frecuencia, igualmente la adquisición de nuevos activos que modificarían el inventario actual.

Se sugiere la actualización del análisis de confiabilidad debido a que esta materia está ligada estrechamente a la jerarquización de los equipos de la compañía, también porque este tipo de análisis no es estático y varía en función del tiempo de utilización de los equipos y el desgaste de sus componentes, por esta razón para este tipo de análisis se recomienda el uso del software *CÁLCULO DE CMD, PARÁMETROS, CURVAS Y BONDAD DE AJUSTE* que nos sirvió para corroborar los cálculos obtenidos de forma analítica e igualmente es más rápido y eficaz para altas poblaciones de datos.

Se aconseja a la empresa que dé continuidad a la implementación del *MP SOFTWARE* ya que es una herramienta especializada en la gestión del mantenimiento, de fácil utilización, que permite ahorro considerable de tiempo y recursos.

BIBLIOGRAFÍA

BORRAS, Carlos, Ingeniería de mantenimiento Material Docente. Lecturas y diapositivas de la asignatura ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia: Ediciones UIS, 2015.

ESPINOSA, Fernando, Auditoría para la efectividad del mantenimiento. Curicó, Chile. 2008.

GARCÍA, Santiago, Organización y gestión integral de mantenimiento, Madrid: Ediciones Díaz de santos, S.A., 2010.


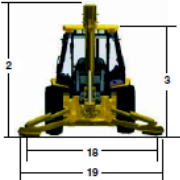

MORA, Alberto, Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2009.

PERTUZ, Alberto, Ingeniería de mantenimiento Material Docente. Diapositivas de la asignatura ingeniería de mantenimiento. Bucaramanga, Colombia. 2015.

PISTARELLI, Alejandro, Manual de mantenimiento. Ingeniería, gestión y organización. Buenos Aires, Argentina: Talleres Gráficos R y C. 2010.

ANEXOS

Anexo A. FICHAS TÉCNICAS

		FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA					
Nombre del Equipo:	RETROEXCAVADORA	Tipo de Maquinaria:	PESADA				
Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	2003				
Serial:	CAT0416BA8XG01770	Código:	416D				
Descripción:	RETROEXCAVADORA UTILIZADA PARA CARGAR Y RETIRAR TERRENO (MOVIMIENTO DE TIERRAS).						
DIMENSIONES							
<p>(1) Longitud total de transporte 6.949 mm/22 pies 10 pulg Longitud total (cargador en el suelo) 6.929 mm/22 pies 9 pulg</p> <p>(2) Altura total de transporte (brazo estándar) 3.585 mm/11 pies 9 pulg Altura total de transporte (brazo extensible) 3.590 mm/11 pies 9 pulg Ancho total 2.352 mm/7 pies 9 pulg</p> <p>(3) Altura hasta la parte superior de la cabina/techo 2.770 mm/9 pies 1 pulg</p> <p>(4) Altura hasta la parte superior del tubo de escape 2.670 mm/8 pies 9 pulg Altura hasta el pasador de bisagra del cargador (transporte) 510 mm/1 pie 8 pulg Espacio libre sobre el suelo (mínimo) 297 mm/1 pie 0 pulg</p> <p>(5) Línea central del eje trasero hasta la parrilla delantera 2.660 mm/8 pies 9 pulg</p> <p>(12) Parrilla a cuchilla del cucharón, posición de acarreo 1.474 mm/4 pies 10 pulg</p>			 <p style="text-align: center;"><i>Cargador de inclinación sencilla</i></p>				
			<p>(18) Separación de los estabilizadores, posición de operación (centro de los tacos) 3.219 mm/10 pies 7 pulg</p> <p>(19) Separación de los estabilizadores, posición de operación (borde exterior de los tacos) 3.689 mm/12 pies 1 pulg</p>				
DATOS TÉCNICOS							
Peso de Operación:	6900 Kgs	Maxima velocidad:	60 Km/h	Potencia:	58 Kw	Capacidad:	0,96m ³
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo Motor diesel 3054B Cat • Reserva de par Neta a 1400 rpm: 20,6% 		<ul style="list-style-type: none"> • Potencia Bruta (Estándar): 58 kW, 77 hp • Par máximo Neto a 1400 rpm: 286 N*m 388 pie-lb 		<ul style="list-style-type: none"> • Cilindrada: 4,2 L 258 pulg³ 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Cabina • Cucharones (Trasero, Delantero) • Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 		<ul style="list-style-type: none"> • Brazos Hidráulicos • Motor 		<ul style="list-style-type: none"> • Ruedas Neumáticas • Contrapeso 		
Accesorios:	<p>Herramientas de la retroexcavadora</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cucharón de servicio estándar y pesado, para roca de servicio pesado, de alta capacidad, para coral, para limpieza de zanjas • Martillo hidráulico • Compactador de plancha vibratoria <p>Herramientas del cargador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cucharón de uso general, multiple, de descarga lateral, para material liviano, de penetración • Horquillas cargadoras • Cepillo 						
Sistema Hidráulico/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Circuito: Detección de carga, centro cerrado • Presión del Sistema: 20.685 kPa 3.000 lb-pulg² • Tipo de Dirección Rueda delantera • Sistema de Frenos Interno/sumergidos en aceite 		<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de la Bomba: (@ 2200 rpm) 139 L/min 37 gal/min • Tipo de Bomba Flujo variable, pistón axial • Servodirección Hidrostática 				
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtros de Aire (Primario, Secundario) • Filtro de Combustible (ACPM) 		Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 			
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	PLANTA ELECTRICA	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA
Marca:	HIUNDAI	Modelo:	2012
Serial:	CATCV16BDTAD1063	Código	DHY6000LE
Descripción:	GENERADOR DIESEL DE 5500 Watts DE POTENCIA, ENTREGA DC, AC, ARRANQUE ELECTRICO Y DOBLE NIVEL DE TENSION.		

DIMENSIONES

General

Dimensiones (LxAnxAI):	72,5 x 53,5 x 60 cm
Peso Total:	114 Kg
Capacidad Tanque:	14 L
Autonomía:	4 h



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	114 Kgs	Maxima velocidad:	3600 rpm	Potencia:	5 Kw	Capacidad:	240/120V en AC
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Motor: Hyundai, Serial: 4T refrigerado por aire • Consumo de Combustible 3,5 litros/Hora • Horas de servicio del Motor: 4 horas 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Generador Eléctrico • Kit de transporte 						
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> • Varilla Opcional de Puesta a Tierra 						
Sistema de Generación	<ul style="list-style-type: none"> • Generador Eléctrico Hyundai • Alternador de corriente AVR • Corriente nominal 23 a 45 Amperios • Salida de 12 Volt. DC 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de Aceite de Motor • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante EDO SILVER PLUS 15W40 		
Otro:							



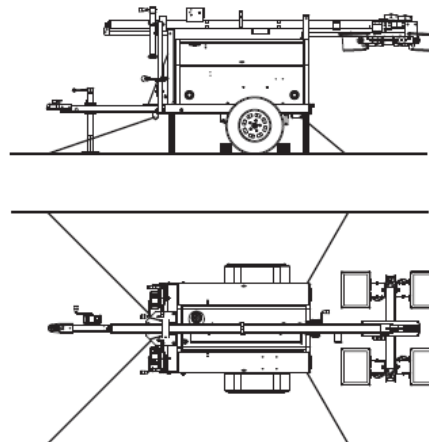
FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	TORRE DE ILUMINACIÓN	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA
Marca:	TEREX	Modelo:	2012
Serial:	RL412.3501	Código:	RL4000
Descripción:	TORRE DE ILUMINACIÓN MONTADA SOBRE REMOLQUE		

DIMENSIONES

Modelo - RL4000 y TML-4000

Altura, replegada,	1,765 m
Longitud, replegada	4,331 m
Ancho, replegada	1,372 m
Altura de la torre extendida	9,114 m
Peso	RL4000 783 kg



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	783 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	103 kW	Capacidad:	9,1m (Hmax)
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Motor: Kubota D1105, Serial: CG8955 • Capacidad de Combustible 114 litros • Horas de servicio del Motor: 38,3 horas 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Generador Eléctrico • Ruedas Neumáticas (2) • Torre de Iluminación • Sistema de Iluminación 						
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> • Varilla Opcional de Puesta a Tierra 						
Sistema de Iluminación/ Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Generador Eléctrico Marathon 6 kW, 60Hz • Bombillas de repuesto: 1000 vatios Tipo BT-37, haluro de metal • Vataje total de iluminación, cuatro luces: 4000 vatios 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de Aceite de Motor • Filtro de Aire 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite de Motor 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	MOTOSOLDADOR	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA
Marca:	PERKINS LINCOLN	Modelo:	2011
Serial:	CLASSIC 300D	Código:	300D
Descripción:	MOTOSOLDADOR CLASIC		

DIMENSIONES

DIMENSIONES FÍSICAS	
ANCHO	PROFUNDIDAD
25.30 in 643 mm	60.00 in. 1524 mm
ALTURA	PESO
35.94** in. 913 mm	1150 lbs. (522kg.)



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	469 Kgs	Maxima velocidad:	1800 rpm	Potencia:	12,5 Kw	Capacidad:	11 Kw
Especificaciones del Motor:	• Marca Motor:CUMMINS, Serial: B3.3T • Capacidad de Combustible 94,6 litros						
Partes:	• Motor • Generador Eléctrico • Remolque • Anaquel de cable • Enganche de bola/luneta • Juego de defensa y luz						
Accesorios:	•Juego de filtro de aire						
Sistema compresión de aire/Generador de	• Compresor de aire de tornillo giratorio VMAC • Modo de alta velocidad 18.3 Litros/seg. • Salida nominal a 40°C, 600 A, 44Volt. • Potencia aux. 11 Kw, 60Hz, trifasica • Potencia aux. 11,5 Kw, 60Hz, monofasica						
Filtros:	• Filtro de Aceite de Motor, compresor • Filtro de Aire de Motor, Compresor • Filtro de Combustible			Aceites:	• Aceite sintético VMAC		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	TRACTOCAMIÓN	Tipo de Maquinaria:	PESADA
Marca:	FREIGHTLINER (COLUMBIA CL 120)	Modelo:	2013
Serial:	3AKJC5CV2DDBX2507	Código:	WCR654
Descripción:	VEHICULO REMOLCADOR (CABEZOTE) PARA TRANSPORTE DE CARGA PESADA		

DIMENSIONES

DIMENSIONES (mm)	
Longitud total	7,214
Ancho total	2,438
Altura total a la cabina	2,901
Voladizo delantero	1,219
Voladizo trasero	800
Distancia entre ejes	4,546
Longitud de cabina	3,099



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	52000 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	276 kW	Capacidad:	20 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Detroit Diesel Serie 60 • No. de cilindros / disposición: 6 en línea • Aspiración: Turbo + postenfriador • Desplazamiento cc: 12,700 cm³ • Potencia @ RPM : 370-430 HP @ 2100 • Torque (Lbs / ft) @ RPM: 1,550 (Lbs / ft) @ 1200 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Cabina • Chasis • Ruedas Neumáticas • Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión • Motor 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión Eaton Fuller RTLO-169188, manual, Relación máxima y mínima: 14,40/0,73 • Freno principal: Meritor Neumático ABS • Freno de Motor: Jacobs 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	TRACTOCAMIÓN	Tipo de Maquinaria:	PESADA
Marca:	FREIGHTLINER (CASCADIA)	Modelo:	2013
Serial:	3AKJGECKXDSBY5740	Código:	WCR665
Descripción:	VEHICULO REMOLCADOR (CABEZOTE) PARA TRANSPORTE DE CARGA PESADA		

DIMENSIONES

DIMENSIONES EN MILÍMETROS

Longitud total	7.264 mm
Distancia entre ejes	4.572 mm
Longitud de la cabina	3.200 mm
Voladizo delantero	1.245 mm
Distancia del tándem	1.295 mm
Voladizo trasero	1447 mm



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	52000 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	320.7 kW	Capacidad:	35 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca: Detroit Diesel Serie 60 • Desplazamiento cc: 14,000 cm3 		<ul style="list-style-type: none"> • No. de cilindros / disposición: 6 en línea • Potencia @ RPM : 430 - 475 HP @ 1800 		<ul style="list-style-type: none"> • Aspiración: Turbo VGT + postenfriador • Torque (Lbs / ft) @ RPM: 1,650 (Lbs / ft) @ 1200 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Cabina • Chasis • Ruedas Neumáticas • Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión • Motor 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión Eaton Fuller RTLO-16918B, manual, Relación máxima y mínima: 14,40/0,73 • Freno principal: Meritor Neumático ABS • Freno de Motor: Jacobs 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	MOTOSOLDADOR	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA
Marca:	LINCOLN ELECTRIC	Modelo:	2017
Serial:	U1140102464	Referencia:	305D
Descripción:	MOTOSOLDADOR RANGER		

DIMENSIONES

DIMENSIONES FÍSICAS	
ANCHO	PROFUNDIDAD
25.30 in 643 mm	60.00 in. 1524 mm
ALTURA	PESO
35.94** in. 913 mm	1150 lbs. (522kg.)



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	469 Kgs	Maxima velocidad:	1800 rpm	Potencia:	12,5 Kw	Capacidad:	11 Kw
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Motor:CUMMINS, Serial: B3.3T • Capacidad de Combustible 94,6 litros 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Generador Eléctrico • Remolque • Anaquel de cable • Eganche de bola/luneta • Juego de defensa y luz 						
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de filtro de aire 						
Sistema compresión de aire/Generador de	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire de tornillo giratorio VMAC • Modo de alta velocidad 18.3 Litros/seg. • Salida nominal a 40°C, 600 A, 44Volt. • Potencia aux. 11 Kw, 60Hz, trifasica • Potencia aux. 11,5 Kw, 60Hz, monofasica 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de Aceite de Motor, compresor • Filtro de Aire de Motor, Compresor • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite sintético VMAC 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	MOTOSOLDADOR	Tipo de Maquinaria:	UVIANA
Marca:	LINCOLN ELECTRIC	Modelo:	2017
Serial:	U1140204256	Código:	305D
Descripción:	MOTOSOLDADOR RANGER		

DIMENSIONES

DIMENSIONES FÍSICAS	
ANCHO	PROFUNDIDAD
25.30 in 643 mm	60.00 in. 1524 mm
ALTURA	PESO
35.94** in. 913 mm	1150 lbs. (522kg.)



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	469 Kgs	Maxima velocidad:	1800 rpm	Potencia:	12,5 Kw	Capacidad:	11 Kw
Especificaciones del Motor:	• Marca Motor:CUMMINS, Serial: B3.3T • Capacidad de Combustible 94,6 litros						
Partes:	• Motor • Generador Eléctrico • Remolque • Anaquel de cable • Enganche de bola/luneta • Juego de defensa y luz						
Accesorios:	• Juego de filtro de aire						
Sistema compresión de aire/Generador de potencia/Soldador	• Compresor de aire de tornillo giratorio VMAC • Modo de alta velocidad 18.3 Litros/seg. • Salida nominal a 40°C, 600 A, 44Volt. • Potencia aux. 11 Kw, 60Hz, trifasica • Potencia aux. 11,5 Kw, 60Hz, monofasica						
Filtros:	• Filtro de Aceite de Motor, compresor • Filtro de Aire de Motor, Compresor • Filtro de Combustible			Aceites:	• Aceite sintético VMAC		
Otro:							

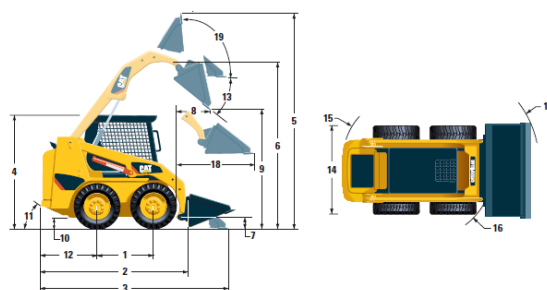


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	MINICARGADOR	Tipo de Maquinaria:	SEMIPESTADA
Marca:	CATERPILLAR	Modelo:	2013
Serial:	CAT0236BAA9H03429	Código:	236B3
Descripción:	MÁQUINA MULTIUSOS (EXCAVADORA, PALA CARGADORA, ETC)		

DIMENSIONES

236B Serie 3		
	mm	pulg
1 Distancia entre ejes	1134	45
2 Longitud sin cucharón	2800	110
3 Longitud con el cucharón sobre el suelo	3515	138
4 Altura hasta la parte superior de la cabina	2092	82
5 Altura total máxima	3965	156
6 Altura del pasador del cucharón a levantamiento máximo	3099	122
7 Altura del pasador del cucharón en posición de acarreo	215	8.4
8 Alcance a levantamiento y descarga máximos	541	21
9 Espacio libre a levantamiento y descarga máximos	2398	94
10 Espacio libre sobre el suelo	235	9.3
11 Ángulo de salida	28°	
12 Proyección del parachoques por detrás del eje trasero	1038	41
13 Ángulo máximo de descarga	40°	
14 Ancho del vehículo sobre las ruedas	1676	66
15 Radio de giro desde el centro a la parte trasera de la máquina	1623	64
16 Radio de giro desde el centro al acoplador	1318	52
17 Radio de giro desde el centro al cucharón	2092	82
18 Alcance máximo con los brazos paralelos al suelo	1353	53
19 Ángulo de inclinación hacia atrás a altura máxima	83°	



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	3178 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	53 kW	Capacidad:	
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Motor: Cat C3.4 DIT Cilindrada: 3,3 L; 201 pulg³ 		<ul style="list-style-type: none"> Carrera: 120 mm 4,7 pulg Potencia neta: 53 kW; 71 HP 		<ul style="list-style-type: none"> Calibre: 94 mm 3,7 pulg 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Cabina Brazo Hidráulico Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 	<ul style="list-style-type: none"> Cucharón Ruedas Neumáticas 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 				
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> Rodillo Compactador (Entre Otros) 	<ul style="list-style-type: none"> Brazo Excavador 	<ul style="list-style-type: none"> Ahoyador 	<ul style="list-style-type: none"> Martillo hidráulico 			
Sistema Hidráulico/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Presión hidráulica del Cargador: 23000 kPa; 3335 lb/ pulg² Potencia Hidraulica: 31,9 kW; 42,8 HP 			<ul style="list-style-type: none"> Flujo Hidráulico del Cargador: 83 L/min; 22 gal/ min 			
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 		Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 			
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	MOTOSOLDADOR	Tipo de Maquinaria:	LIVIANA
Marca:	LINCOLN ELECTRIC	Modelo:	2012
Serial:	U1150700696	Código	650
Descripción:	SOLDADOR, GENERADOR Y COMPRESOR DE AIRE CON MOTOR A DIESEL		

DIMENSIONES

DIMENSIONES FÍSICAS	
Ancho ⁽³⁾	Profundidad
28.5 pulg. (724 mm)	77.0 pulg. (1956 mm)
Altura ⁽²⁾	Peso
36.9 pulg. (937mm)	915 kg (2018 lbs.) (Aprox.)



DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	915 Kgs	Maxima velocidad:	1860 rpm	Potencia:	51,4 Kw	Capacidad:	20 Kw
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Motor:CUMMINS, Serial: B3.3T • Capacidad de Combustible 94,6 litros 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor • Generador Eléctrico • Remolque • Anaquel de cable • Enganche de bola/luneta • Juego de defensa y luz 						
Accesorios:	<ul style="list-style-type: none"> •Juego de filtro de aire 						
Sistema compresión de aire/Generador de potencia/Soldador	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor de aire de tornillo giratorio VMAC • Modo de alta velocidad 18.3 Litros/seg. Salida nominal a 40°C, 600 A, 44Volt. • Potencia aux. 20 Kw, 60Hz, trifasica • Potencia aux. 12 Kw, 60Hz, monofasica 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtro de Aceite de Motor, compresor • Filtro de Aire de Motor, Compresor • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite sintético VMAC 		
Otro:							

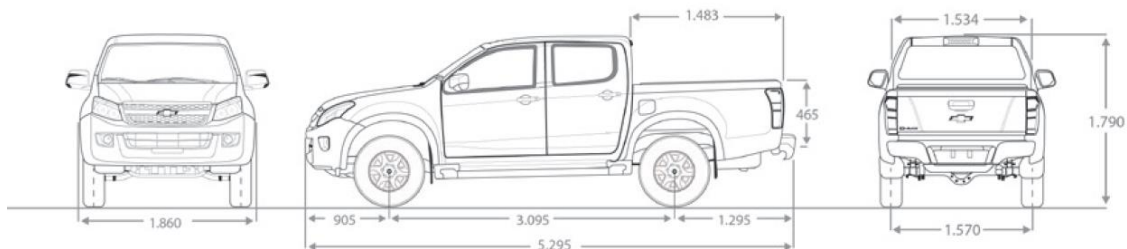


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIONETA 4X4	Tipo de Maquinaria:	SEMI PESADA
Marca:	CHEVROLET (DMAX)	Modelo:	2014
Serial:	8LBET3W0E0223498	Código:	BXN779
Descripción:	VEHÍCULO AUTOMÓVIL, CAMIONETA TODO TERRENO CON TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.		

DIMENSIONES

D-MAX 4X4 CABINA DOBLE



Peso Vacío (kg)	1905
Peso Bruto Vehicular (kg)	2950
Capacidad de carga (kg)	1045
Capacidad eje posterior	1870
Tanque de combustible (gal/L)	20/76

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	2950 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	97 kW	Capacidad:	1045 Kgs
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Motor: CRDI Cilindrada: 2.5 Litros Numero de Cilindros: 4 en Línea Numero de Válvulas: 16 Potencia 130HP @ 3600rpm Torque Neto: 320 N*M @ 1800 - 2800RPM 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Carrocería (Doble Cabina, Platón) Motor Ruedas Neumáticas Chasis Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión 2.5L DSL CRDI CD 4X4 TM, Manual (5 velocidades) Frenos Delanteros: Discos ventilados 15" Frenos de Parqueo: Palanca entre Asientos Frenos Posteriores: Tambors 14" 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

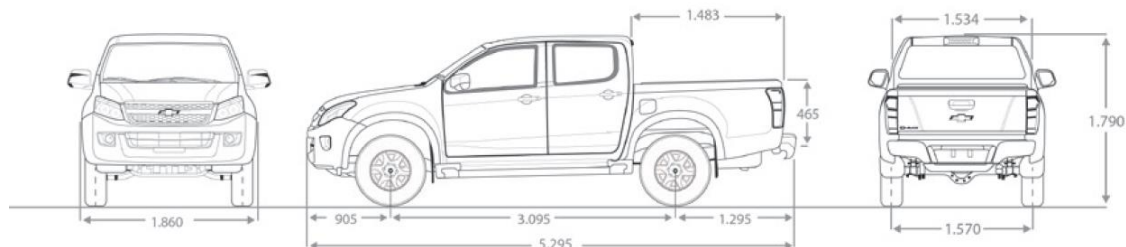


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIONETA 4X4	Tipo de Maquinaria:	SEMI PESADA
Marca:	CHEVROLET (DMAX)	Modelo:	2014
Serial:	8LBET3W2E0223499	Código:	BXN780
Descripción:	VEHÍCULO AUTOMÓVIL, CAMIONETA TODO TERRENO CON TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.		

DIMENSIONES

D-MAX 4X4 CABINA DOBLE



Peso Vacío (kg)	1905
Peso Bruto Vehicular (kg)	2950
Capacidad de carga (kg)	1045
Capacidad eje posterior	1870
Tanque de combustible (gal/L)	20/76

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	2950 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	97 kW	Capacidad:	1045 Kgs
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Motor: CRDI Cilindrada: 2.5 Litros Numero de Cilindros: 4 en Línea Numero de Válvulas: 16 Potencia 130HP @ 3600rpm Torque Neto: 320 N*M @ 1800 - 2800RPM 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Carrocería (Doble Cabina, Platón) Motor Ruedas Neumáticas Chasis Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión 2.5L DSL CRDI CD 4X4 TM, Manual (5 velocidades) Frenos Delanteros: Discos ventilados 15" Frenos de Parqueo: Palanca entre Asientos Frenos Posteriores: Tambors 14" 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

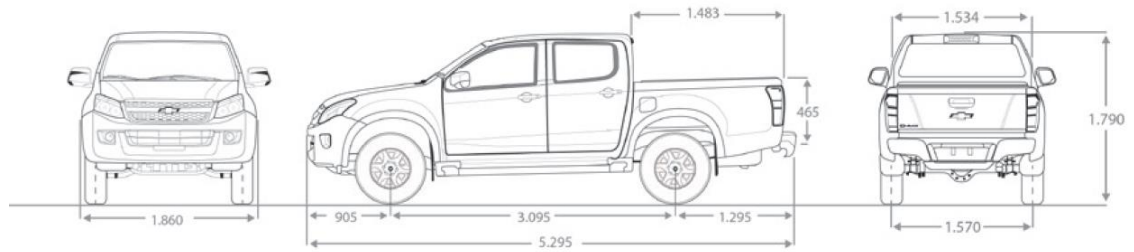


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIONETA 4X4	Tipo de Maquinaria:	SEMI PESADA
Marca:	CHEVROLET (DMAX)	Modelo:	2014
Serial:	8LBET3W9F0276847	Código:	BXO831
Descripción:	VEHÍCULO AUTOMÓVIL, CAMIONETA TODO TERRENO CON TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.		

DIMENSIONES

D-MAX 4X4 CABINA DOBLE



Peso Vacío (kg)	1905
Peso Bruto Vehicular (kg)	2950
Capacidad de carga (kg)	1045
Capacidad eje posterior	1870
Tanque de combustible (gal/L)	20/76

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	2950 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	97 kW	Capacidad:	1045 Kgs
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Motor: CRDI Cilindrada: 2.5 Litros Numero de Cilindros: 4 en Línea Numero de Válvulas: 16 Potencia 130HP @ 3600rpm Torque Neto: 320 N*M @ 1800 - 2800RPM 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Carrocería (Doble Cabina, Platón) Motor Ruedas Neumáticas Chasis Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión 2.5L DSL CRDI CD 4X4 TM, Manual (5 velocidades) Frenos Delanteros: Discos ventilados 15" Frenos de Parqueo: Palanca entre Asientos Frenos Posteriores: Tambors 14" 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

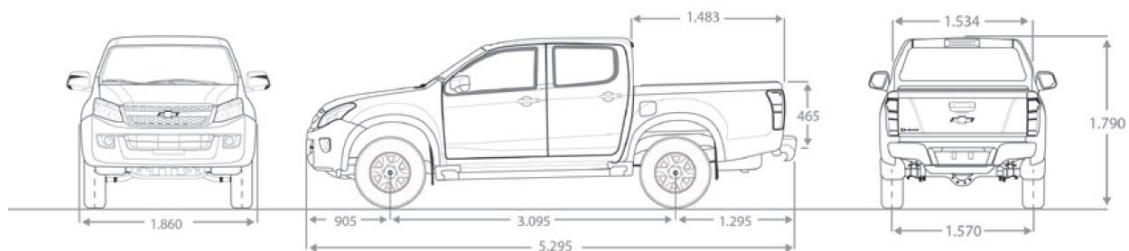


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIONETA 4X4	Tipo de Maquinaria:	SEMI PESADA
Marca:	CHEVROLET (DMAX)	Modelo:	2014
Serial:	8LBET3W9F0276847	Código:	BXO846
Descripción:	VEHÍCULO AUTOMÓVIL, CAMIONETA TODO TERRENO CON TRACCIÓN EN LAS CUATRO RUEDAS.		

DIMENSIONES

D-MAX 4X4 CABINA DOBLE



Peso Vacío (kg)	1905
Peso Bruto Vehicular (kg)	2950
Capacidad de carga (kg)	1045
Capacidad eje posterior	1870
Tanque de combustible (gal/L)	20/76

DATOS TÉCNICOS

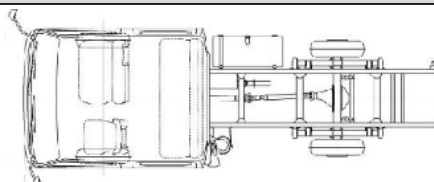
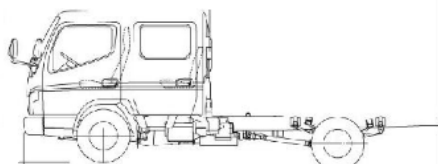
Peso de Operación:	2950 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	97 kW	Capacidad:	1045 Kgs
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de Motor: CRDI Cilindrada: 2.5 Litros Numero de Cilindros: 4 en Línea Numero de Válvulas: 16 Potencia 130HP @ 3600rpm Torque Neto: 320 N*M @ 1800 - 2800RPM 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Carrocería (Doble Cabina, Platón) Motor Ruedas Neumáticas Chasis Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Transmisión 2.5L DSL CRDI CD 4X4 TM, Manual (5 velocidades) Frenos Delanteros: Discos ventilados 15" Frenos de Parqueo: Palanca entre Asientos Frenos Posteriores: Tambors 14" 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIÓN TURBO	Tipo de Maquinaria:	SEMIPESTADA
Marca:	JMC	Modelo:	2011
Serial:	LETAFCG21BHN00019	Código:	SOI315
Descripción:	VEHÍCULO DE CABINA DOBLE PARA TRANSPORTE DE CARGA SEMIPESTADA.		

DIMENSIONES



- **Largo total:** 5865 mm
- **Ancho tota:** 1880 mm
- **Alto total:** 2140 mm
- **Longitud de la cabina:** 1520 mm
- **Distancia entre ejes:** 3360 mm
- **Capacidad tanque de combustible:** 83L

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	5010 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	68,6 Kw	Capacidad:	3,19 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo Turbo Diesel: JX493ZQ4 • Tipo de inyección: Directa • Número de cilindros: 4 en línea • Desplazamiento: 2771 cm³ • Potencia: 92HP • Torque: 20.87 Kg-m 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Carrocería (Cabina Doble, Caja abierta) • Chasis • Ruedas Neumáticas • Motor • Sistemas de Dirección, de transmisión, de Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión: Tipo manual • Número de cambios: 5 relaciones (max/min) 5.594/0.794 • Frenos de ahogo: Si • Uantas: 7.00R16 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIÓN TURBO	Tipo de Maquinaria:	SEMIPESADA
Marca:	NISSAN	Modelo:	2013
Serial:	LJNOKB528EX299052	Código:	TAQ600
Descripción:	VEHICULO DE CABINA DOBLE PARA TRANSPORTE DE CARGA SEMIPESADA.		

DIMENSIONES



DIMENSIONES	
Distancia entre Ejes:	3400 mm
Dimensiones Caja:	Longitud: 4550mm
	Anchura: 2100mm
	Altura: 400mm
Tipo Chasis:	Largueros longitudinales de acero en C y travesaños remachados
Anchura Chasis:	752mm
Sección:	128 x 52 x 4mm

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	4500 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	110 Kw	Capacidad:	3,5 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia Máxima CV(kW)/RPM: 150(110)/ 3400 • Emisión de Gases: Euro 5 		<ul style="list-style-type: none"> • Par Máximo Nm/RPM: 350/1200 		<ul style="list-style-type: none"> • Cilindrada: 2953 cm3 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Carrocería (Cabina Doble, Caja abierta) • Sistemas de Dirección, de transmisión, de Frenos, Suspensión 		<ul style="list-style-type: none"> • Chasis 		<ul style="list-style-type: none"> • Ruedas Neumáticas • Motor 		
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Frenos: Circuito dual con asistencia de servofreno / ABS + EBD • Frenos Traseros: Discos ventilados 2 x 44 Def= 241 			<ul style="list-style-type: none"> • Frenos Delanteros: Discos ventilados 2 x 52 Def= 234,6 • Dirección: Eléctrica, cremallera y piñon 			
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible • Filtro Sedimentador de Combustible 		Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 			
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIÓN TURBO	Tipo de Maquinaria:	SEMIPESADA
Marca:	NISSAN	Modelo:	2015
Serial:	LJNOKB525FX299172	Código:	TAR182
Descripción:	VEHICULO DE CABINA DOBLE PARA TRANSPORTE DE CARGA SEMIPESADA.		

DIMENSIONES



DIMENSIONES	
Distancia entre Ejes:	3400 mm
Dimensiones Caja:	Longitud: 4550mm
	Anchura: 2100mm
	Altura: 400mm
Tipo Chasis:	Largueros longitudinales de acero en C y travesaños remachados
Anchura Chasis:	752mm
Sección:	128 x 52 x 4mm

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	5390 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	91 Kw	Capacidad:	
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia Máxima CV(kW)/RPM: 150(110)/ 3400 • Par Máximo Nm/RPM: 350/1200 • Cilindrada: 2953 cm³ • Emisión de Gases: Euro 5 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Carrocería (Cabina Doble, Caja abierta) • Chasis • Ruedas Neumáticas • Motor • Sistemas de Dirección, de transmisión, de Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Frenos: Circuito dual con asistencia de servofreno / ABS + EBD • Frenos Delanteros: Discos ventilados 2 x 52 Def= 234,6 • Frenos Traseros: Discos ventilados 2 x 44 Def= 241 • Dirección: Eléctrica, cremallera y piñon 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible • Filtro Sedimentador de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	CAMIÓN TURBO	Tipo de Maquinaria:	SEMIPIESADA
Marca:	NISSAN	Modelo:	2015
Serial:	LJNOKB526fx299181	Código:	TAR190
Descripción:	VEHICULO DE CABINA DOBLE PARA TRANSPORTE DE CARGA SEMIPIESADA.		

DIMENSIONES



DIMENSIONES	
Distancia entre Ejes:	3400 mm
Dimensiones Caja:	Longitud: 4550mm
	Anchura: 2100mm
	Altura: 400mm
Tipo Chasis:	Largueros longitudinales de acero en C y travesaños remachados
Anchura Chasis:	752mm
Sección:	128 x 52 x 4mm

DATOS TÉCNICOS

Peso de Operación:	5390 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	91 Kw	Capacidad:	
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Potencia Máxima CV(kW)/RPM: 150(110)/ 3400 • Par Máximo Nm/RPM: 350/1200 • Cilindrada: 2953 cm³ • Emisión de Gases: Euro 5 						
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Carrocería (Cabina Doble, Caja abierta) • Chasis • Ruedas Neumáticas • Motor • Sistemas de Dirección, de transmisión, de Frenos, Suspensión 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Frenos: Circuito dual con asistencia de servofreno / ABS + EBD • Frenos Delanteros: Discos ventilados 2 x 52 Def= 234,6 • Frenos Traseros: Discos ventilados 2 x 44 Def= 241 • Dirección: Eléctrica, cremallera y piñon 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtro de Combustible • Filtro Sedimentador de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

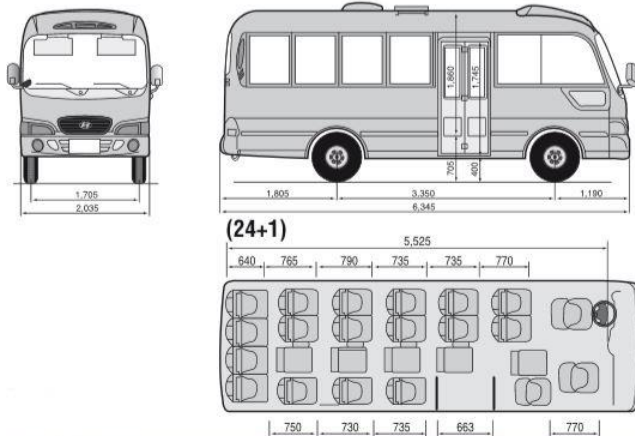


FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	BUSETA	Tipo de Maquinaria:	SEMIPESTADA
Marca:	HYUNDAI (COUNTY)	Modelo:	2015
Serial:	KMJHG17PPFC063619	Código:	TTV855
Descripción:	VEHÍCULO PARA EL TRANSPORTE PRIVADO DE PERSONAS.		

DIMENSIONES

COUNTY 25 (standard)



DATOS TÉCNICOS

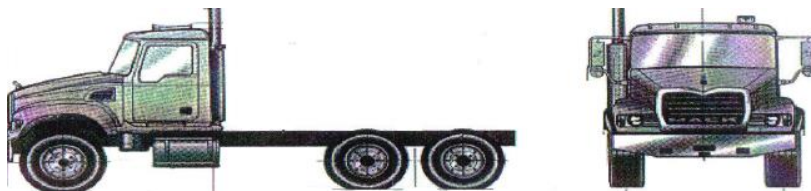
Peso de Operación:	6670 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	103 kW	Capacidad:	
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> Motor de Encendido por Compresión Diesel Turbo Cargado Cilindraje: 3907 CC 		<ul style="list-style-type: none"> Numero de Cilindros y Disposición: 4 en Línea Potencia: 138 HP @ 2800 RPM 				
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> Carrocería Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión 	<ul style="list-style-type: none"> Motor 	<ul style="list-style-type: none"> Ruedas Neumáticas 	<ul style="list-style-type: none"> Chasis 			
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> Frenos de Servicio: Hidráulicos, servo asistidos, doble circuito, auto ajustable. Freno de estacionamiento: Tipo tambor a la salida de transmisión. Freno de motor: Tipo Mariposa con control electrónico actuando a la salida del escape. Transmisión manual de 5 velocidades 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) Filtro de Aire Filtro de Combustible 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> Aceite Hidráulico Aceite del Motor Aceite de la Transmisión 		
Otro:							



FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINARIA

Nombre del Equipo:	TRACTOCAMIÓN	Tipo de Maquinaria:	PESADA
Marca:	MACK	Modelo:	2005
Serial:	1M2AG11YX5M030290	Código:	XUF375
Descripción:	VEHICULO REMOLCADOR (CABEZOTE) PARA TRANSPORTE DE CARGA PESADA		

DIMENSIONES



CHASIS	
Especificaciones	11.81 x 3.84 x .37
Largo de plataforma	164 (4.177 mm)
Tanque de combustible	Acero
Capacidad Tanque derecho (Gl)	125 GL
Capacidad Tanque izquierdo (Gl)	125 GL
Resistencia	2.470.000 in lb
Distancia entre ejes	174" (4.420 mm)
PB.V.C.	52.000 kg
Peso chasis	7545 Kg

DATOS TÉCNICOS

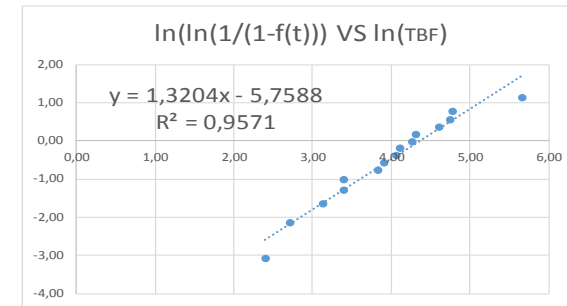
Peso de Operación:	52000 Kgs	Maxima velocidad:		Potencia:	324,4 kW	Capacidad:	35 Ton
Especificaciones del Motor:	<ul style="list-style-type: none"> • Motor: Mack MP8 Euro 4 sin urea • Tubo de Escape: Vertical con puntera curva 		<ul style="list-style-type: none"> • Potencia @ RPM: 400/435 HP @1500/1950 RPM • Torque (Lbf) @ RPM: 1460 Lbs/ff @1200 RPM 		<ul style="list-style-type: none"> • Cilindrada: 14900 CC • Número de cilindros y disposición: 6 en Línea 		
Partes:	<ul style="list-style-type: none"> • Cabina • Chasis • Ruedas Neumáticas • Sistemas de Dirección, Transmisión, Frenos, Suspensión • Motor 						
Accesorios:	-						
Sistema de Transmisión/ Frenos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión de caja Mack TMD12AD de 12 cambios • Frenos 100% Neumático (Aire) • Relación de Transmisión: 14.40/ .73 • Freno Auxiliar Mack Power Leash a las válvulas y freno de ahogo. 						
Filtros:	<ul style="list-style-type: none"> • Filtros de Aceite (Hidráulico, Motor, Transmisión) • Filtro de Aire • Filtros de Combustible (Primario, Secundario) 			Aceites:	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite Hidráulico • Aceite del Motor • Aceite de la Transmisión 		
Otro:							

Anexo B CÁLCULO ANALISIS DE CONFIABILIDAD

CAMIÓN GRÚA XUF375

XUF357					
ítem	TBF	F(t)	confiabilidad R(t)	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	11	4,55%	92,79%	2,40	-3,07
2	15	11,04%	89,34%	2,71	-2,15
3	23	17,53%	82,02%	3,14	-1,65
4	30	24,03%	75,47%	3,40	-1,29
5	30	30,52%	75,47%	3,40	-1,01
6	46	37,01%	60,97%	3,83	-0,77
7	50	43,51%	57,55%	3,91	-0,56
8	58	50,00%	51,06%	4,06	-0,37
9	61	56,49%	48,76%	4,11	-0,18
10	71	62,99%	41,57%	4,26	-0,01
11	75	69,48%	38,92%	4,32	0,17
12	100	75,97%	25,17%	4,61	0,35
13	115	82,47%	19,03%	4,74	0,55
14	119	88,96%	17,62%	4,78	0,79
15	287	95,45%	0,39%	5,66	1,13

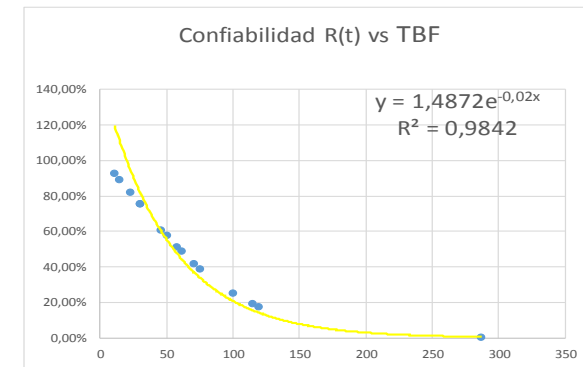
β	1,3204
η	78,3672
ρ	0,9571



Corte con Y de la linealización	5,7588
Pendiente (β)	1,3204

CAMIÓN GRUA		
Código: XUF357		TBF
FECHAS DE FALLO		
8/09/2014	1/12/2014	61
2/12/2014	17/05/2015	119
18/05/2015	3/10/2015	100
4/10/2015	12/03/2016	115
13/03/2015	18/04/2016	287
19/04/2016	3/05/2016	11
4/05/2016	14/06/2016	30
15/06/2016	3/09/2016	58
4/09/2016	23/09/2016	15
24/09/2016	26/10/2016	23
27/10/2016	2/02/2017	71
3/02/2017	9/04/2017	46
10/04/2017	17/06/2017	50
18/06/2017	29/09/2017	75
30/09/2017	11/11/2017	30

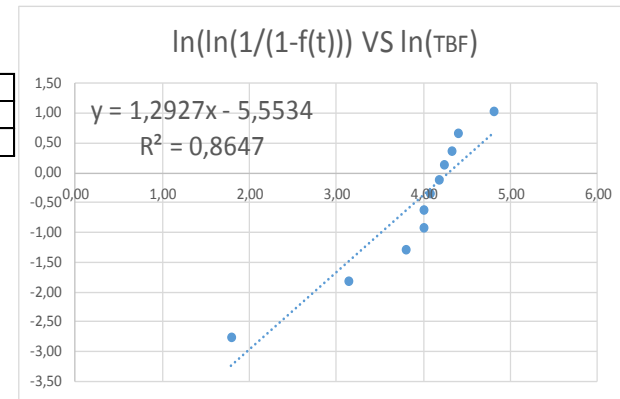
OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
85%	28



CAMIÓN TURBO TAQ600

TAQ600					
Ítem	TBF	F(t)	confiabilidad R(t)	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	6	6,14%	96,15%	1,79	-2,76
2	23	14,91%	80,00%	3,14	-1,82
3	45	23,68%	58,79%	3,81	-1,31
4	55	32,46%	50,23%	4,01	-0,94
5	55	41,23%	50,23%	4,01	-0,63
6	59	50,00%	47,05%	4,08	-0,37
7	65	58,77%	42,55%	4,17	-0,12
8	69	67,54%	39,73%	4,23	0,12
9	76	76,32%	35,14%	4,33	0,36
10	82	85,09%	31,54%	4,41	0,64
11	122	93,86%	14,54%	4,80	1,03

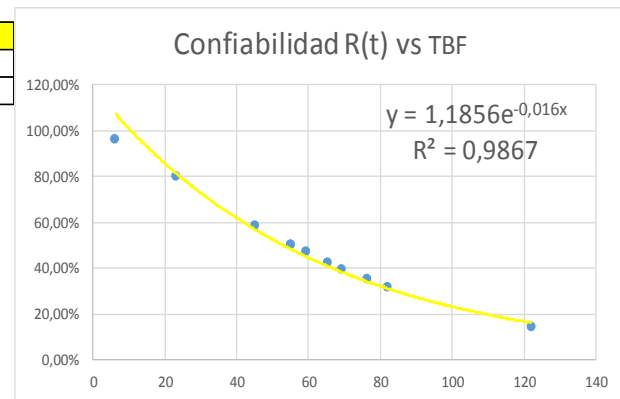
β	1,2927
η	73,4034
ρ	0,8647



Corte con Y de la linealización	5,5534
Pendiente (β)	1,2927

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabil	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
85%	21

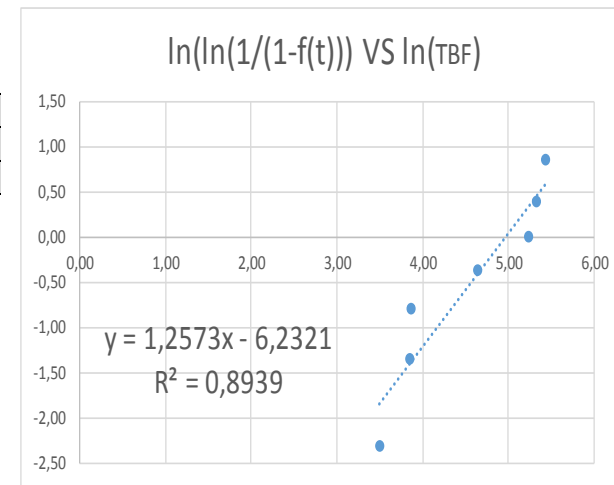
CAMIÓN TURBO		
Código: TAQ600	TBF	
FECHAS DE FALLO		
27/05/2015	3/06/2015	6
4/06/2015	19/08/2015	55
20/08/2015	6/02/2016	122
7/02/2016	23/05/2016	76
24/05/2016	14/09/2016	82
15/09/2016	17/10/2016	23
18/10/2016	20/01/2017	69
21/01/2017	24/03/2017	45
25/03/2017	10/06/2017	55
11/06/2017	8/09/2017	65
9/09/2017	30/11/2017	59



MINICARGADOR 236B3.01

236B3.01					
Ítem	TBF	F(t)	Confiabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(1/(1-f(t)))
1	33	9,46%	85,26%	3,50	-2,31
2	47	22,97%	77,98%	3,85	-1,34
3	48	36,49%	77,46%	3,87	-0,79
4	104	50,00%	50,90%	4,64	-0,37
5	187	63,51%	24,37%	5,23	0,01
6	207	77,03%	20,10%	5,33	0,39
7	231	90,54%	15,86%	5,44	0,86

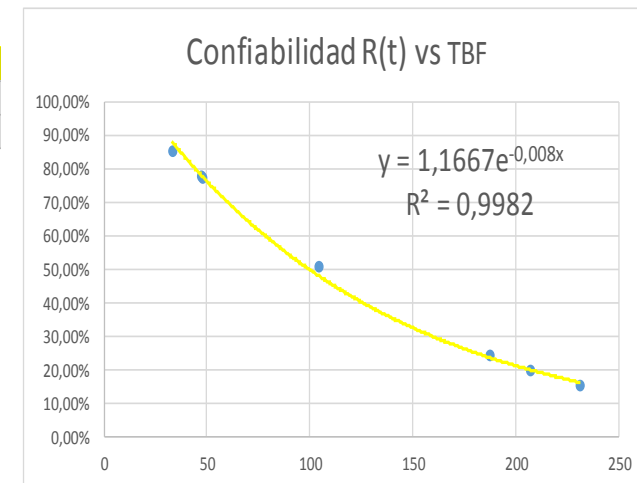
β	1,2573
η	142,1287
ρ	0,8939



Corte con Y de la linealización (B)	6,2321
Pendiente (β)	1,2573

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
90%	32

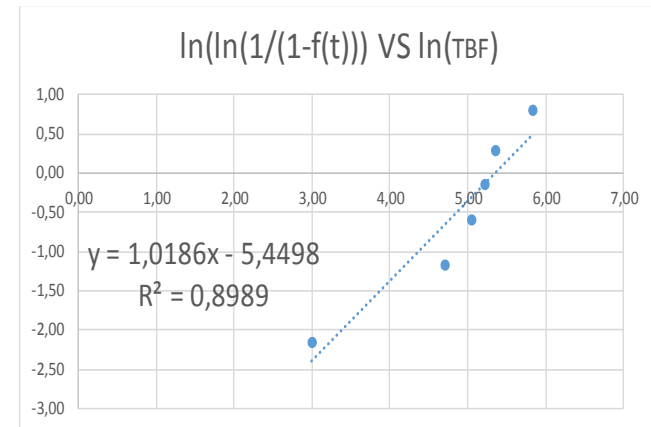
MINICARGADOR		
Código: 236B3.01		TBF
FECHAS DE FALLO		
20/06/2013	25/08/2013	47
26/08/2013	13/05/2014	187
14/05/2014	27/06/2014	33
28/06/2014	20/11/2014	104
21/11/2014	10/10/2015	231
11/10/2015	26/07/2016	207
27/07/2016	1/10/2016	48



CAMIÓN TURBO TAR182

TAR182					
Ítem	TBF	F(t)	Confiabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		$\ln(\text{MTBF})$	$\ln(\ln(1/(1-f(t))))$
1	20	10,94%	91,31%	3,00	-2,16
2	110	26,56%	59,70%	4,70	-1,18
3	155	42,19%	48,12%	5,04	-0,60
4	184	57,81%	41,84%	5,21	-0,15
5	213	73,44%	36,38%	5,36	0,28
6	343	89,06%	19,34%	5,84	0,79

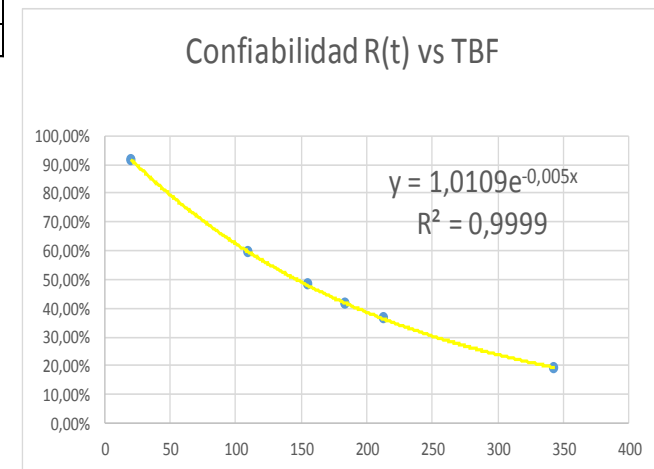
β	1,0186
η	210,6683
ρ	0,8989



Corte con Y de la	5,4498
Pendiente (β)	1,0186

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
80%	47

CAMIÓN TURBO		
Código: TAR182		TBF
FECHAS DE FALLO		
20/05/2014	30/01/2015	184
31/01/2015	28/02/2015	20
1/02/2015	5/07/2015	110
6/07/2015	27/04/2016	213
28/04/2015	18/08/2016	343
19/08/2016	23/03/2017	155



CAMIÓN TURBO SOI315

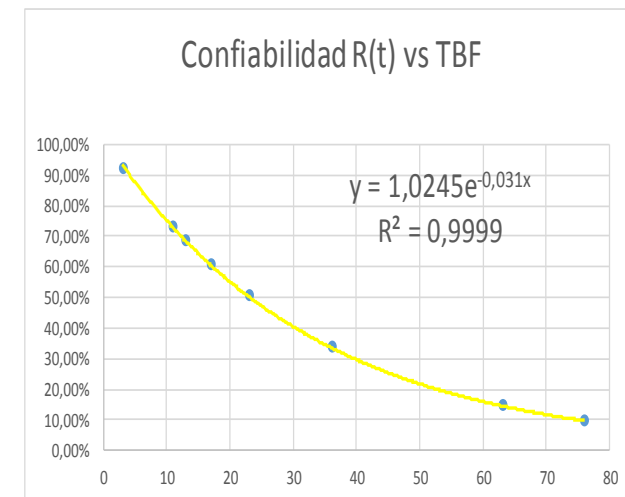
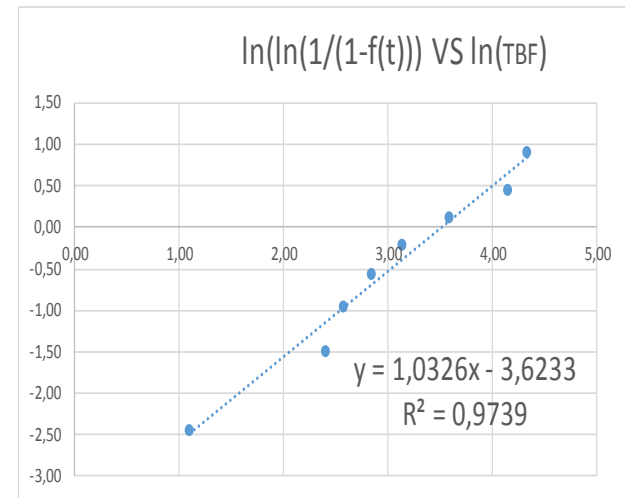
SOI315					
Ítem	TBF	F(t)	confiabilidad R(t)	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	3	8,33%	92,03%	1,10	-2,44
2	11	20,24%	72,79%	2,40	-1,49
3	13	32,14%	68,56%	2,56	-0,95
4	17	44,05%	60,78%	2,83	-0,54
5	23	55,95%	50,65%	3,14	-0,20
6	36	67,86%	33,95%	3,58	0,13
7	63	79,76%	14,58%	4,14	0,47
8	76	91,67%	9,66%	4,33	0,91

β	1,0326
η	33,4021
ρ	0,9739

Corte con Y de la linealización (B)	3,623
Pendiente (β)	1,0326

CAMIÓN TURBO		
Código: SOI315		TBF
FECHAS DE FALLO		
23/05/2016	17/08/2016	63
18/08/2016	6/10/2016	36
7/10/2016	21/01/2017	76
22/01/2017	8/02/2017	13
9/02/2017	13/03/2017	23
14/03/2017	28/03/2017	11
29/03/2017	20/04/2017	17
21/04/2017	25/04/2017	3

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confibi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
78%	9



BUSETA TTV855

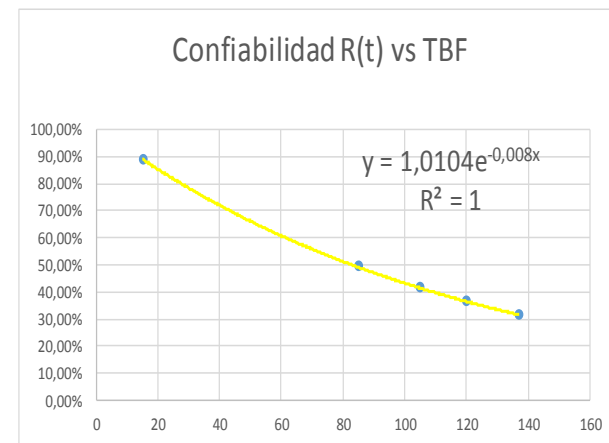
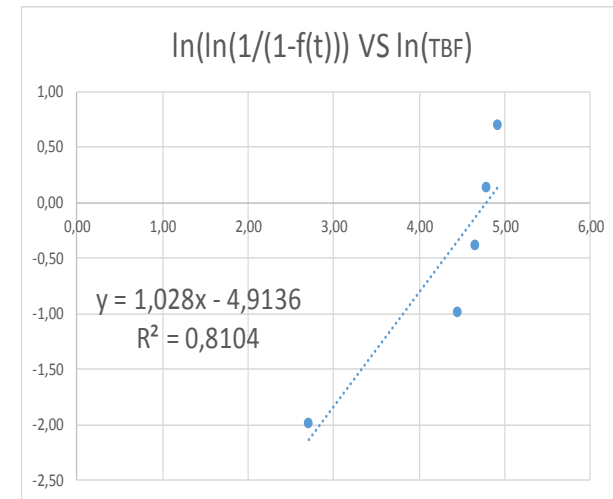
TTV855					
Ítem	TBF	F(t)	confiabilidad R(t)	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	15	12,96%	88,79%	2,71	-1,97
2	85	31,48%	49,31%	4,44	-0,97
3	105	50,00%	41,53%	4,65	-0,37
4	120	68,52%	36,50%	4,79	0,14
5	137	87,04%	31,50%	4,92	0,71

β	1,028
η	119,0765
ρ	0,8104

Corte con Y de la linealización (B)	4,9136
Pendiente (β)	1,028

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
80%	29

BUSETA		
Código: TTV855	TBF	
FECHAS DE FALLO		
15/01/2015	10/06/2015	105
11/06/2015	25/11/2015	120
26/11/2015	4/06/2016	137
5/06/2016	30/09/2016	85
1/10/2016	22/10/2016	15



CAMIÓN TURBO TAR182

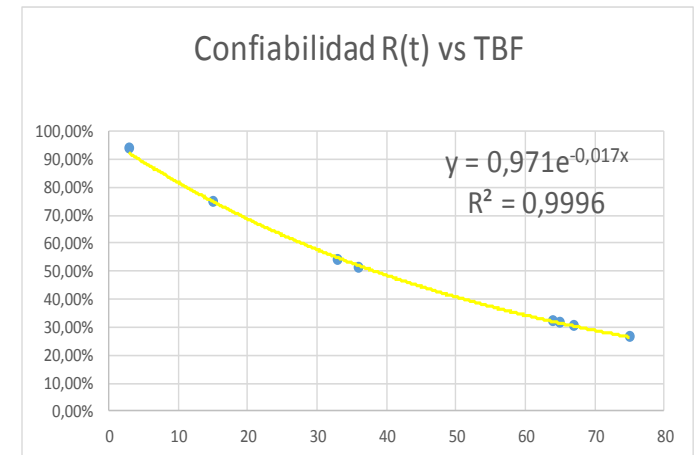
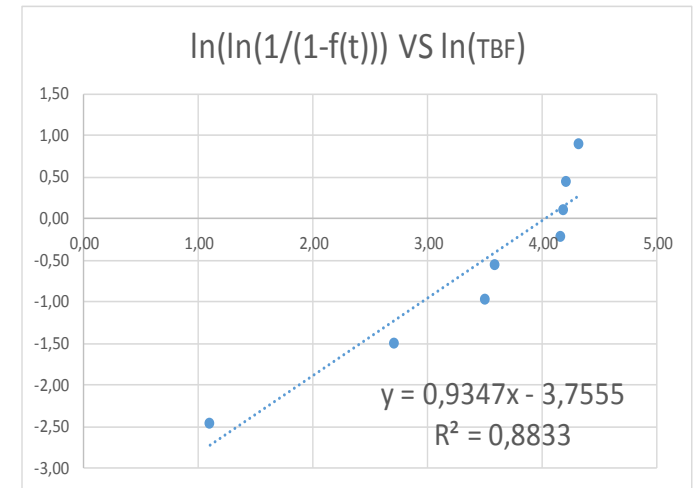
TAR190					
Ítem	TBF	F(t)	Confabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	3	8,33%	93,68%	1,10	-2,44
2	15	20,24%	74,53%	2,71	-1,49
3	33	32,14%	54,10%	3,50	-0,95
4	36	44,05%	51,36%	3,58	-0,54
5	64	55,95%	31,95%	4,16	-0,20
6	65	67,86%	31,43%	4,17	0,13
7	67	79,76%	30,40%	4,20	0,47
8	75	91,67%	26,63%	4,32	0,91

β	0,9347
η	55,5824
ρ	0,8833

Corte con Y de la linealización (B)	3,7555
Pendiente (β)	0,9347

CAMIÓN TURBO		
Código: TAR190		TBF
FECHAS DE FALLO		
16/12/2015	14/03/2016	64
15/03/2016	3/05/2016	36
4/05/2016	19/06/2016	33
20/06/2016	9/07/2016	15
10/07/2016	13/07/2016	3
14/07/2016	12/10/2016	65
13/10/2016	15/01/2017	67
16/01/2017	29/04/2017	75

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confibi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
75%	15



PLANTA ELECTRICA DHY600LE

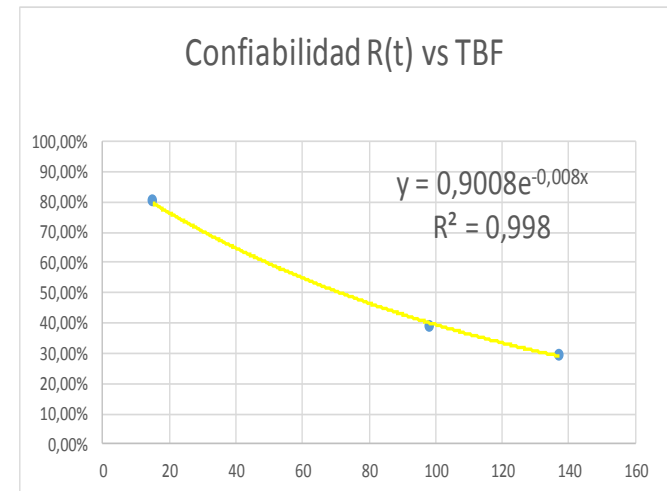
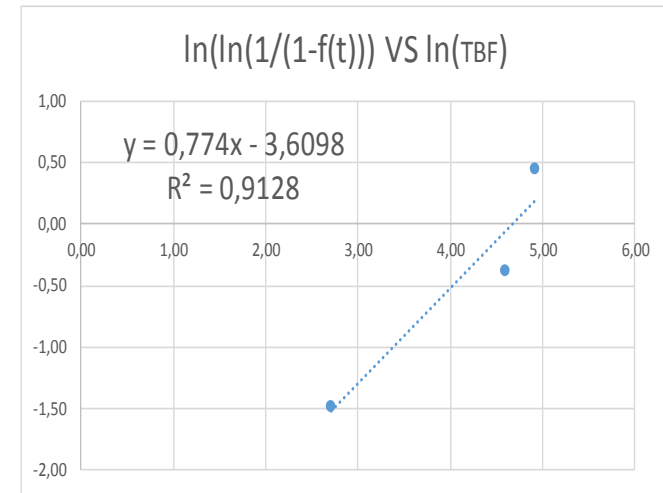
DHY6000LE					
Ítem	TBF	F(t)	Confiabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	15	20,59%	80,25%	2,71	-1,47
2	98	50,00%	39,03%	4,58	-0,37
3	137	79,41%	29,54%	4,92	0,46

β	0,774
η	106,0408
ρ	0,9128

Corte con Y de la	3,6098
Pendiente (β)	0,774

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confibil	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
71%	30

PLANTA ELECTRICA		
Código: DHY6000LE		TBF
FECHAS DE FALLO		
8/02/2016	26/02/2016	15
27/02/2016	6/09/2016	137
7/09/2016	21/01/2017	98



TRACTOCAMIÓN WCR654

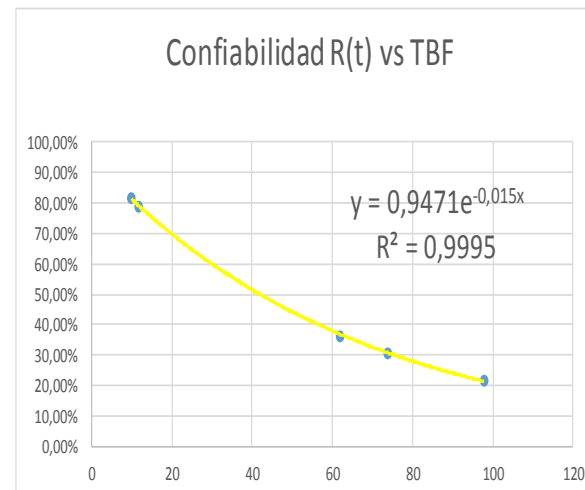
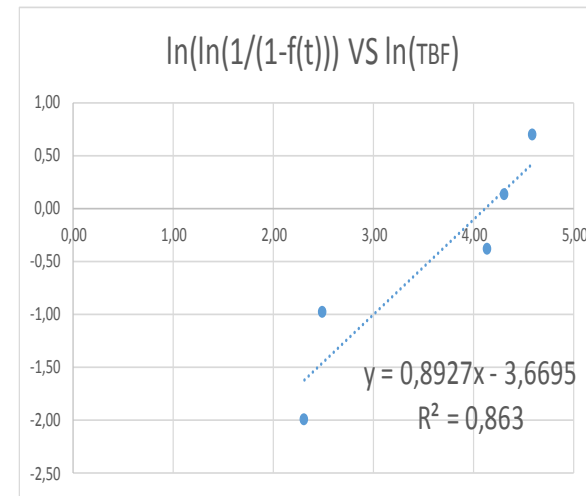
WCR654					
Ítem	TBF	F(t)	Confiabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		ln(TBF)	ln(ln(1/(1-f(t))))
1	10	12,96%	81,95%	2,30	-1,97
2	12	31,48%	79,11%	2,48	-0,97
3	62	50,00%	36,24%	4,13	-0,37
4	74	68,52%	30,47%	4,30	0,14
5	98	87,04%	21,71%	4,58	0,71

β	0,8927
η	60,9811
ρ	0,863

Corte con Y de la	3,6695
Pendiente (β)	0,8927

TRACTOCAMIÓN		
Código: WCR654	TBF	
FECHAS DE FALLO		
1/09/2016	16/09/2016	12
17/09/2016	30/09/2016	10
1/09/2016	13/12/2016	74
14/12/2016	9/03/2017	62
10/03/2017	25/07/2017	98

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabilidad	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
65%	25



MOTOSOLDADOR 300D

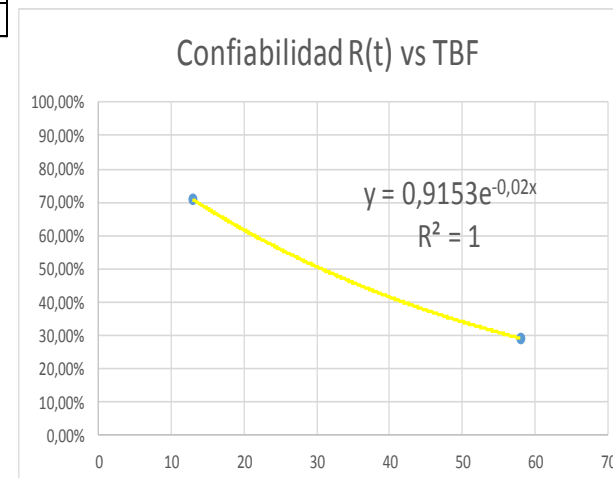
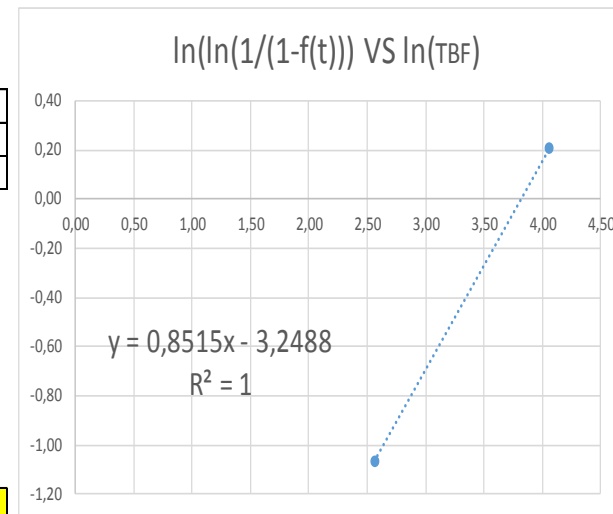
300D					
Ítem	TBF	F(t)	Confiabilidad R	x	y
	tiempo falla	mediana		$\ln(\text{TBF})$	$\ln(1/(1-f(t)))$
1	13	29,17%	70,84%	2,56	-1,06
2	58	70,83%	29,17%	4,06	0,21

β	0,8515
η	45,3942
ρ	1

Corte con Y de la linealización (B)	3,2488
Pendiente (β)	0,8515

OPTIMIZACIÓN TIEMPO MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
Para Confiabi	Frecuencia de mantenimiento preventivo en días
65%	17

MOTOSOLDADOR		
Código: 300D		TBF
FECHAS DE FALLO		
19/01/2017	6/02/2017	13
7/02/2017	14/09/2017	158



Anexo C. OT ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



OT PREVENTIVO DE CAMIONES TURBO

TAQ600 - SOI315 - TAR182 - TAR190

Catálogo de Planes

CAMIONES TURBO

Régimen: **Lecturas**

Unidad: **Km**

Partes y actividades:

Parte: \

Actividad: **Ajustar**

Notas:

Tornillos soporte de muelles y bastidor

Actividad: **Revisar nivel de fluido**

Notas:

Revisar y complementar

- Refrigerante
- Dirección
- Frenos
- Embrague
- Lava vidrios

Parte: \ **CABINA**

Actividad: **Inspeccionar soportes de cabina**

Actividad: **Reemplazar filtro del aire acondicionado**

Parte: \ **MOTOR**

Actividad: **Cambiar aceite de motor**

Notas:

Ref: SAE 15w40

Actividad: **Cambiar filtro de aceite del motor**

Notas:

Filtro Ref: 15209MA70A

Actividad: **Cambiar filtro de aire**

Notas:

Filtro Ref: 165420B0ALM

Actividad: **Cambiar filtro de combustible**

Notas:

Filtro Ref:16400LC30A

Actividad: **Cambiar filtro Sedimentador**

Notas:

Filtro Ref: 154602DBGGA

Actividad: **Revisar sistema de admision**

Notas:

- Hermeticidad
- Abrazaderas
- Fijacion
- Mangueras
- Estado de turbo
- Intercooler

Actividad: **Revisar sistema de combustible**

Notas:

- Filtros
- Mangueras
- Fugas

Actividad: **Revisar sistema de refrigeracion**

Notas:

Operacion y fugas

Parte: \ RUEDAS

Actividad: **Alineacion de ruedas**

Parte: \ RUEDAS\ JUNTAS HOMOCINETICAS

Actividad: **Revisar y engrasar crucetas, cardan y bujes**

Parte: \ RUEDAS\ LLANTAS

Actividad: **Medir espesor del labrado**

Actividad: **Rotar llantas**

Notas:

Rotar llantas aunque no muestren signos de desgaste.

Actividad: **Verificar presion de llantas**

Notas:

Incluir repuesto

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO

Actividad: **Realizar mantenimiento de bateria**

Notas:

- Limpieza bornes
- Nivel y condicion de electrolitos

Parte: \ TRANSMISION

Actividad: **Revisar estado y tension de correas**



OT PREVENTIVO BUSETA
BUSETA HYUNDAI TTV855
Catálogo de Planes

(clave ISO)
(revisión ISO)

BUSETA HYUNDAI TTV855 Régimen: Lecturas Unidad: Km

Partes y actividades:

Parte: \ CABINA

Actividad: Encerar

Actividad: Revisar soportes de la cabina

Parte: \ DIRECCIÓN

Actividad: Re caja de la cremallera, Varillaje y guardapolvos

Actividad: Revisar líquido y manguitos de la dirección

Parte: \ FRENOS

Actividad: Revisar conexiones del freno

Actividad: Revisar freno de estacionamiento

Actividad: Revisar frenos de disco y pastillas

Actividad: Revisar pedal del freno

Parte: \ MOTOR

Actividad: Cambiar aceite del motor

Actividad: Cambiar cartucho del filtro de combustible

Actividad: Cambiar filtro de aceite

Actividad: Cambiar filtro de aire

Actividad: Cambio de bujías

Actividad: Revisar cartucho del filtro de combustible

Notas:

Revisar, ajustar y limpiar si es necesario

Actividad: Revisar filtro de aire

Notas:

Revisar, ajustar y limpiar si es necesario

Actividad: Revisar mangueras de combustible

Actividad: Revisar y limpiar correa de distribución

Notas:

Revise y si es necesario ajuste, arregle y limpie.

Actividad: Revisar y limpiar juego de válvulas

Notas:

Revise y si es preciso ajuste, arregle, limpie o sustituya.

Actividad: Sustituir correa de la distribución

Actividad: Sustituir refrigerante del motor

Procedimiento:

Inicialmente se cambia a los 100.000 kilómetros y posteriormente se cambia cada 40.000 kilómetros.

Parte: \ RUEDAS

Actividad: **Engrasar juntas homocinéticas**

Actividad: **Revisar rotulas delanteras**

Actividad: **Revisar y engrasar crucetas cardan y bujes**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO

Actividad: **Apretar limpiar y engrasar bornes de batería**

Actividad: **Revisar bomba de vacío del alternador**

Notas:

Revisar, ajustar y limpiar y si es necesario sustituir.

Actividad: **Revisar estado de la batería**

Notas:

Revisar, ajustar y limpiar si es necesario

Actividad: **Revisar manguito de aceite del alternador**

Notas:

Revisar, ajustar, limpiar y si es necesario repare o sustituya

Actividad: **Revisar sistemas electricos**

Parte: \ TRANSMISION

Actividad: **Cambiar aceite**

Actividad: **Revisar correa de transmisión**

Notas:

Inicialmente se revisa a los 80.000 kilometros

Actividad: **Revisar eje de la transmisión**



OT PREVENTIVO MINICARGADOR
MINICARGADOR CAT 236B3.01
Catálogo de Planes

MINICARGADOR 236B3.01 Régimen: Lecturas Unidad: Horas

Partes y actividades:

Parte: \ CABINA

Actividad: **Comprobar el funcionamiento del asiento**

Actividad: **Limpieza general**

Actividad: **Revisar controles de enganche**

Actividad: **Revisar pedales**

Parte: \ MOTOR

Actividad: **Cambiar aceite**

Notas:

Aceite Ref: SAE 15W40 2,4 Galones

Actividad: **Cambiar el filtro de combustible secundario**

Actividad: **Cambiar refrigerante del sistema de enfriamiento**

Actividad: **drenar trampa de agua del sistema de combustible**

Actividad: **Reemplace elemento secundario del filtro de aire**

Notas:

reemplazar en el tercer cambio del elemento primario del filtro de aire

Actividad: **Reemplazar empaque de válvulas**

Notas:

Mecanismo de admisión y escape

Actividad: **Reemplazar filtro de aire del motor**

Actividad: **Reemplazar filtro de aire primario**

Actividad: **Reemplazar filtro de aire secundario**

Actividad: **Reemplazar filtro de combustible separador de agua**

Actividad: **Reemplazar sello del filtro separador de agua**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO

Actividad: **Comprobar nivel de electrolito en batería**

Actividad: **Revisar funciones de antena product link**

Actividad: **Revisar luces y tablero**

Parte: \ SISTEMA HIDRÁULICO

Actividad: **Cambiar aceite del sistema Hidráulico**

Notas:

Aceite Ref: SAE 10W

Actividad: **Reemplazar filtro de aceite hidraulico**

Actividad: **revisar preciones en diferentes puntos del sistema**

Parte: \ TRANSMISIÓN

Actividad: **Cambiar aceite de la caja de la cadena**

Cadena de impulsión

Aceite Ref: SAE 15W40 - 2 Galones cada lado

Actividad: **Reemplazar cadenas**

Actividad: **Revisar pernos y tuercas**



OT PREVENTIVO PLANTA ELÉCTRICA
PLANTA ELÉCTRICA HYUNDAI DHY6000LE
Catálogo de Planes

PLANTA ELÉCTRICA DHY6000LE Régimen: **Lecturas** Unidad: **Horas**

Partes y actividades:

Parte: \ MARCO

Actividad: **Revisar y apretar pernos**

Actividad: **Verificar ausencia de fugas**

Parte: \ MOTOR

Actividad: **Cambiar aceite lubricante**

Notas:

Es recomendable operar el motor durante 15 minutos para que el aceite se caliente y se facilite su drenaje.

Actividad: **Cambiar el filtro de aire**

Actividad: **Reemplazar el filtro de aceite**

Actividad: **Reemplazar filtro de combustible**

Actividad: **Revisar la bomba de inyección de combustible.**

Actividad: **Revisar sincronización de inyección de combustible**

Parte: \ SISTEMA ELECTRICO

Actividad: **Cambiar la bujía**

Actividad: **Limpiar contactores**

Notas:

Preferiblemente con aire comprimido

Actividad: **Revisar protecciones y fusibles**

Actividad: **Verificar conexiones de equipos eléctricos**

Actividad: **Verificar estado general del alternador**



OT PREVENTIVO MOTOSOLDADOR
MOTOSOLDADOR PERKINS 300D
Catálogo de Planes

MOTOSOLDADOR 300D Régimen: Lecturas Unidad: Horas

Partes y actividades:

Parte: \ ESTRUCTURA

Actividad: **Revisar tuercas y pernos**

Parte: \ MOTOR

Actividad: **Apretar las cabezas de los cilindros**

Actividad: **Cambiar canister**

Notas:

Filtro de carbón activo páraevitar fuga de combustible a la atmosfera

Actividad: **Cambiar filtro de aceite del motor**

Procedimiento:

ppara el primer servicio de 20 a 50 horas despues cada 500 horas

Actividad: **Cambiar filtro de aire**

Actividad: **Cambiar respiradero del motor**

Actividad: **Inspeccionar fugas o daños en el motor**

Actividad: **Inspeccionar funcionamiento del inyector**

Actividad: **Limpiar filtro de aire**

Actividad: **Limpiar trampa de agua**

Actividad: **Remplazar aceite del motor**

Notas:

Primer servicio de las 20 a las 50 horas y despues cada 500 horas

Actividad: **Revisar holguras de válvulas**

Actividad: **Revisar nivel de aceite del motor**

Parte: \ SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Actividad: **Remplazar enfriador**

Notas:

Llenelo lentamente y asegurese de utilizar la cantidad correcta.

Actividad: **Revisar concentración de anticongelante**

Actividad: **Revisar nivel del refrigerante**

Parte: \ SISTEMA ELÉCTRICO

Actividad: **Inspeccionar batería**

Actividad: **Revision de sistema eléctrico**

Parte: \ TRANSMISIÓN

Actividad: **Remplazar banda impulsora del alternador**

Actividad: **Revisar el desgaste de la banda impulsora**

Actividad: **Revisar tensión de la banda del alternador**