

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS
ENERGÉTICOS”**

Elaborado por:

**María Virginia Villalba Salazar
C.I. 17.222.329**

**Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente como Requisito
Parcial para optar al Título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

Barcelona, Marzo de 2009

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS
ENERGÉTICOS”**

Asesores:

Ing. Luis Bravo

ASESOR ACADEMICO

Ing. Yina Alva

ASESOR INDUSTRIAL

**Barcelona, Marzo de 2008
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INDUSTRIALES**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS
ENERGÉTICOS”**

El Jurado hace constar que ha asignado a esta tesis la calificación de:

EXCELENTE

Jurado:

Ing. Luis Bravo
Asesor

Ing. Marvelis González
Jurado

Ing. Gustavo Carvajal
Jurado

Barcelona, Marzo de 2009

RESOLUCIÓN

De acuerdo al Artículo 44 del Reglamento de Trabajos de Grado:

“Los trabajos son propiedad exclusiva de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento expreso del Consejo de Núcleo respectivo, quien participará al Consejo de Universidades.”

DEDICATORIA

A todos aquellos que con su compañía aportaron en su momento un granito de arena para la consecución de una de mis más grandes logros, en especial a:

María Teresa Salazar, por ser mi ejemplo de constancia, independencia y lucha. La síntesis de dedicación, amor y sacrificio de una madre por sus hijas.

Luis Enrique Villalba, el hombre que más amo, el más inteligente y creativo que he conocido. Él es el verdadero Ingeniero.

María Emilia Villalba, por ser más que mi hermana. Mi mejor amiga.

Familia Martínez Moros, cuya dedicatoria es un homenaje a su coraje, valentía, fortaleza, y Fe. Que la luz de su Ángel siga iluminando nuestro camino, y que ese amor que sembramos un día florezca en la esperanza de un mundo mejor.

AGRADECIMIENTO

A Dios...Por permitirme llegar a este momento, proveerme de recursos materiales, claridad de pensamiento e intelecto para lograr esta meta. Por otra demostración de su infinito amor.

A mis padres...Que apoyaron mis decisiones, me aconsejaron y me brindaron lo mejor de ellos mismos, siendo ejemplos de constancia, dedicación, y superación.

A la familia Alva... Por adoptarme en su familia, y en especial a la Ing. Yina Alva por creer en mí, darme su voto de confianza y abrirme paso para obtener y asumir mi primer reto profesional.

A la familia Lander Medina...Por todo el apoyo brindado y amistad incondicional, en especial a Jesiolys Lander, gracias por ser mis ojos y mis pies en aquellos días. Tú eres un símbolo de la verdadera amistad.

Al Ing. Luis Bravo...Cuya experiencia, profesionalismo y honestidad marcaron en mí un compromiso de superación constante, búsqueda de excelencia y no admisión de la mediocridad. Para él mi más profunda admiración, estima y respeto por el tiempo dedicado, y por permitir que su experiencia y consejos me guiaran durante este tiempo.

A mi casa de estudios y sus profesores por la confianza depositada, por formar mi visión como Ingeniero Integral, por su apoyo, amistad y consideración.

A todo el grupo las chicas, Grisel, Romelia, Criselia, y en especial Daniela y Marcelys, por ser mis incondicionales compañeras de estudios, por su tolerancia, apoyo y aceptación. Ustedes son nuevas hermanas para mí.

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS
ENERGÉTICOS”**

RESUMEN DEL PROYECTO

El objetivo del presente trabajo fué diseñar un sistema de información para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de una empresa de servicios energéticos basado en la planificación y control de las actividades. Para lograrlo se analizó la situación actual bajo la metodología del AMEF, que permitió encontrar las debilidades del sistema y sus causas. Luego se diseñaron herramientas como la orden de trabajo, planes de mantenimiento preventivo e indicadores de gestión, que junto a las entrevistas abiertas hechas al personal, definieron los requerimientos necesarios para corregir las debilidades encontradas y diseñar un sistema de información computarizado de apoyo a las actividades de mantenimiento. Después se determinó la entrada, proceso, almacenamiento y salida del sistema de información computarizado (diseño lógico) para luego establecer las etapas restantes de la implantación del sistema, y realizar el estudio de costo y posterior evaluación económica, comprobando la rentabilidad del proyecto propuesto.

INDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	Pág.
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
RESUMEN DEL PROYECTO	VII
INDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPÍTULO 1	16
EL PROBLEMA.....	16
1.1 Planteamiento del Problema	16
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos	19
1.4 Alcance.....	19
1.5 Restricciones de estudio	20
1.6 Generalidades de la empresa	21
CAPÍTULO 2.....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1 Antecedentes de la investigación:	23
2.2 Mantenimiento.....	25
2.3 Clasificación del mantenimiento	26
2.4 Parámetros de mantenimiento	27
2.5 Planeación de mantenimiento.....	29

2.6	Control de mantenimiento	30
2.7	Sistema de órdenes de trabajo	31
2.8	Índices para la evaluación de la función mantenimiento.....	31
2.9	Sistema de información	32
2.10	Ciclo de vida del desarrollo de sistemas:	32
2.11	Análisis económico de proyectos	33
2.12	Evaluación económica.....	35
2.13	Tasa Interna de Retorno (TIR)	35
2.14	Método de valor presente (VP).....	36
2.15	Riesgo económico de un proyecto.....	37
CAPÍTULO 3		41
MARCO METODOLÓGICO		41
3.1	Tipo de investigación	41
3.2	Población y muestra	42
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4	Técnicas de análisis de datos.....	43
CAPÍTULO 4		45
DIAGNÓSTICO OPERACIONAL		45
4.1	Conocimiento de principios básicos de la organización de mantenimiento.....	45
4.2	Procedimiento de mantenimiento aplicado a la flota vehicular.....	47
4.3	Descripción del proceso de mantenimiento de las unidades livianas	47
4.4	Identificación de las fallas del procedimiento	49
CAPÍTULO 5		56
REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN		56

5.1	Sistema de orden de trabajo para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular.....	56
5.2	Organización del mantenimiento preventivo.....	61
5.3	Establecimiento de índices de mantenimiento	63
5.4	Requerimientos de información de los usuarios.....	66
CAPÍTULO 6		68
DISEÑO DEL SISTEMA LÓGICO		68
6.1	Diseño de los procesos del sistema de información:	68
6.2	Descripción de las bases de datos.....	74
6.3	Descripción del proceso de generación de los índices de desempeños a partir de la base de datos	80
6.4	Definición y características generales del sistema de mantenimiento vehicular	85
6.5	Propuesta de diseño para las vistas de pantalla del sistema	87
CAPÍTULO 7		90
EVALUACIÓN ECONOMICA		90
7.1	Implantación y ejecución del sistema de información.	90
7.2	Estimación de costos para la implantación del sistema de información. 91	
7.3	Determinación del flujo de caja.....	92
7.4	Determinación de la rentabilidad del proyecto.....	95
7.5	Análisis de riesgo de la inversión propuesta	96
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		104
ANEXOS.....		105

<u>METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:</u>	119
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	94
METADATOS PARA TRABAJO DE GRADO, TESIS, ASCENSO.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Obtención de flujo neto de efectivo (FNE).....	22
Tabla N° 2 Criterios para asignar la ocurrencia de falla.....	39
Tabla N° 3 Criterio para evaluar la severidad de la falla.....	40
Tabla N° 4 Rango y clasificación del factor NPR.....	40
Tabla N° 5 Resultados obtenidos por fallas para el factor NPR.....	41
Tabla N° 6 Causas de fallas potenciales que afectan el 80% del sistema....	43
Tabla N° 7 Actividades de mantenimiento preventivo específico para motor.....	51
Tabla N° 8 Requerimiento de los usuarios del sistema.....	55
Tabla N° 9 BD vehículos.....	64
Tabla N° 10 BD Conductores.....	65

Tabla N° 11	BD Proveedores.....	65
Tabla N° 12	BD Ordenes.....	66
Tabla N° 13	BD Fallas.....	67
Tabla N° 14	BD programa de mantenimiento.....	67
Tabla N° 15	BD indicadores.....	74
Tabla N° 16	Costos estimados de la implantación del sistema de información	81
Tabla N° 17	Análisis de mantenimiento correctivo.....	82
Tabla N° 18	Resumen de resultados de análisis de historial de mantenimiento.....	83
Tabla N° 19	Flujo de efectivos triangulares.....	86
Tabla N° 20	Valor esperado y varianza del valor presente.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA N° 1	Organigrama de la empresa.....	10
FIGURA N° 2	El mantenimiento como un sistema abierto.....	13
FIGURA N° 3	Distribución de probabilidad triangular simétrica.....	26
FIGURA N° 4	Organigrama del departamento de mantenimiento de bombeo.....	35
FIGURA N° 5	Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento de la flota vehicular.....	37
FIGURA N° 6	Criticidad de las fallas del sistema.....	42
FIGURA N° 7	Diagrama de Pareto para la criticidad de fallas.....	43
FIGURA N° 8	Flujo de información de la orden de trabajo.....	49
FIGURA N° 9	Descripción del proceso de registro de vehículos.....	58
FIGURA N° 10	Descripción del proceso registro de conductores.....	59

FIGURA N° 11	Descripción del proceso registro de fallas y creación de ordenes.....	60
FIGURA N° 12	Descripción del proceso programa de actividades y creación de órdenes preventivos.....	61
FIGURA N° 13	Descripción del proceso registro de datos de ejecución.....	62
FIGURA N° 14	Descripción del proceso registro de proveedores.....	63
FIGURA N° 15	Vista de diseño de tabla BD vehículos Access 2007.....	68
FIGURA N° 16	Diagrama entidad-relación Access 2007.....	69
FIGURA N° 17	Estructura del sistema de administración de mantenimiento vehicular.....	Pág. 75
FIGURA N° 18	Pantalla de inicio del sistema de administración de mantenimiento vehicular.....	76
FIGURA N° 19	Pantalla de menú de inicio del sistema de administración de mantenimiento vehicular.....	77
FIGURA N° 20	Pantalla de visualización de sub-módulos del sistema de administración de mantenimiento vehicular.....	77
FIGURA N° 21	Diagrama de Gantt de etapas de diseño del sistema.....	80
FIGURA N° 22	Representación del flujo de caja.....	83
FIGURA N° 23	Hoja de calculo para estimar la TIR.....	85

INTRODUCCIÓN

Un sistema de información se basa en organizar eficientemente la información de una organización de modo que sea accesible, evite la redundancia y facilite su manejo. Hoy en día en mantenimiento así como en todas las áreas de producción es vital contar con información al día, actualizada y relevante.

Diseñar un sistema de información para la gestión de mantenimiento de los vehículos de la línea de bombeo de la empresa Tucker Energy Services, fué el propósito de esta investigación, basada en identificar fortalezas y debilidades de la gestión, para proponer mecanismos de planificación y control apoyados en una herramienta computacional que facilite el manejo y optimización de la información.

En la gestión, no existe un procedimiento establecido para realizar el mantenimiento de los vehículos, y toda la información generada no era sintetizada ni utilizada para mejorar la condición de los mismos, reflejándose en deterioradas condiciones y altos costos de mantenimiento.

En general el buen manejo de la información dentro de una organización representa una ventaja competitiva y genera el espacio propicio para monitorear las desviaciones del proceso y tomar acciones rápidamente. Por esa razón se consideró necesario trabajar en el manejo de la información como un primer paso para lograr un mantenimiento de clase mundial que es el objetivo deseado de toda organización de mantenimiento.

Para lograrlo se realizó una investigación de campo, basado en un diseño exploratorio, donde se utilizaron técnicas de investigación como entrevistas abiertas, observación directa y técnicas de análisis como el AMEF, diagrama de flujos, diagrama de Pareto, entre otros.

El proyecto se estructuró en 7 capítulos a través de los cuales se desarrollaron los objetivos de la investigación: en el capítulo 1 se planteó el problema a solucionar, en el capítulo 2, se realizó un breve recorrido por los basamentos teóricos del problema, en el capítulo 3 se detalla el diseño de la investigación y las técnicas que se

usaron para recolectar y analizar los datos, en el capítulo 4, se estudió la situación actual del mantenimiento de los vehículos, en el capítulo 5, se definieron los requerimientos de información en el cual fue necesario hacer un rediseño de los procesos y establecer algunos mecanismo para corregir las debilidades encontradas, en el capítulo 6 se diseño la lógica de un sistema computarizado para apoyar el manejo de la información y en el capítulo 7 se evaluó económicamente su implantación y el riesgo asociado a la inversión, para demostrar su rentabilidad.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La empresa Tucker Energy Services, S.A. es una organización que presta múltiples servicios a la industria del petróleo. Su sede principal está ubicada en San Fernando, Trinidad y Tobago, fundada en el año de 1935 y desde sus inicios se ha expandido para incluir diversos servicios, los cuales presta en Venezuela, Colombia, Brasil, Canadá y Estados Unidos. En el año de 1993, inició sus operaciones en el Estado Anzoátegui en la Ciudad de Anaco, con el objetivo de brindar sus servicios de bombeo y guaya fina para satisfacer las necesidades, exigencias y requerimientos de la industria energética venezolana.

La división de bombeo, realiza el servicio de cementación de pozos. Para ello posee equipos pesados que intervienen directamente en las operaciones y una flota vehicular para traslado de personal. Estos equipos deben poseer un alto grado de disponibilidad, que se traduce en procedimientos de mantenimiento adecuados, rapidez de reparación, y disminución de fallas; no obstante el departamento de mantenimiento no cuenta con mecanismos de planificación y control eficientes para llevar a cabo el mantenimiento de la flota vehicular.

Ello, trae una serie de efectos negativos que se manifiestan en elevados costos en la ejecución de mantenimiento correctivo, deterioro acelerado de las unidades, planes de mantenimiento preventivo que no son controlados ni se ajustan a las necesidades reales de los vehículos; incapacidad para dar respuestas oportunas a requerimientos de la gerencia y ausencia de mecanismos para evaluar la eficiencia de

la gestión aplicada. Entre las causas que originan la sintomatología mencionada encontramos la ausencia de procedimientos formales para la realización de las actividades de mantenimiento, inexistencia de formatos para solicitud de servicios y reporte de fallas; planes de mantenimiento preventivo cuyas actividades no están establecidas formalmente, ausencia de indicadores y un sistema de documentación que no responde a las necesidades de información de la gestión.

El panorama más probable sino se toman las acciones correctivas se resume en: depreciación acelerada de los equipos, aumento progresivo en el costo de las reparaciones, pérdidas económicas y humanas por accidentes ocasionados por fallas no reportadas o mantenimientos que no se realizaron. También es posible que la gerencia desconociendo la situación real por no contar con las herramientas de información y control adecuadas, tome decisiones equivocadas y sea incapaz de reorientar los esfuerzos si los procedimientos aplicados no corresponden a los objetivos planteados.

Un sistema de información basado en mecanismos de planificación y control de mantenimiento, puede procesar las fallas y planificar las actividades en torno a las necesidades reales de los equipos, y hacer el acceso a la información más rápido y eficiente. De igual forma facilita el monitoreo de los resultados del mantenimiento en la salud de los equipos, lo que representa una ventaja competitiva en la evaluación de los procedimientos aplicados. Por esta razón se plantea el diseño de un sistema de información que apoye a la gestión de mantenimiento aplicado a la flota vehicular, como primer paso para optimizar sus procesos y lograr un mantenimiento de clase mundial.

1.2 Justificación

Un sistema de información se basa en estudiar la entrada, organización, almacenamiento y salida de la información en torno a las necesidades de los distintos niveles que conforman un sistema determinado, asegurando la calidad y el acceso a la información rápida y eficientemente.

De igual modo recoge los datos necesarios para planificar y controlar las actividades a través del diseño de formatos adecuados y establecimiento de indicadores para medir con ellos el peso de la gestión aplicada en la salud de los vehículos.

Al mejorar y digitalizar el sistema de documentación del mantenimiento, se facilita la programación, ejecución y seguimiento de las actividades contempladas en el mismo así como la disponibilidad de los recursos, y cualquier especificación adicional de combustible y repuestos necesarios para ejecutar el plan.

Un sistema de información puede generar informes de mantenimiento los cuales a través de indicadores de gestión evalúan los procesos realizados. El administrador del sistema de mantenimiento se ve beneficiado al optimizar en tiempo y eficiencia su trabajo y la gerencia tiene acceso a información precisa para la toma de decisiones.

Cabe mencionar que el estudio y buen diseño de la lógica del sistema de información, influye en el éxito de la implantación técnica del software necesario para la automatización de funciones, como lo señalan diversas publicaciones del tema, lo que representa un importante avance en el manejo y optimización de la información.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de información para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de una empresa de servicios energéticos que optimice la planificación y control de sus actividades.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico operacional a los procedimientos actualmente aplicados.
- Detectar los requerimientos necesarios para corregir las debilidades encontradas en el diagnóstico.
- Establecer mecanismos de planificación y control a las actividades de mantenimiento.
- Diseñar el sistema de información en base a los mecanismos establecidos.
- Evaluar económicamente la implantación del sistema de información propuesto utilizando el método del Valor Presente.

1.4 Alcance

El sistema de información diseñado está en capacidad de:

- Organizar la información del mantenimiento de los vehículos, mediante la optimización del sistema de administración de documentación

técnica, donde se incluye: las fichas técnicas de los equipos, historiales de funcionamiento y lineamientos para ejecutar las actividades.

- Proveer la información y los procedimientos para planificar y controlar el mantenimiento correctivo y preventivo, mediante la creación de un sistema de órdenes de trabajo, que capten la información necesaria para establecer procedimientos de seguimiento y control de mantenimiento.
- Evaluar el sistema administrativo de mantenimiento mediante el establecimiento de indicadores de gestión; y establecer las bases para evaluar la gestión en base a parámetros de confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los equipos.

1.5 Restricciones de estudio

El sistema de información diseñado aplica al departamento de mantenimiento mecánico de la división de bombeo y está enfocado a controlar y planificar las actividades de mantenimiento de los vehículos livianos, a través de la propuesta de soluciones centradas en el sistema de gestión de mantenimiento apoyadas en un sistema computarizado.

El diseño propuesto contempla el análisis lógico del sistema, que constituirá la base para que especialistas en programación e informática desarrollen posteriormente el software apropiado, cuyo tiempo y costo de ejecución están fuera del alcance de este estudio.

1.6 Generalidades de la empresa

La empresa Tucker Energy Services de Venezuela, S.A, es una empresa de servicios integrados que provee soluciones, productos y servicios a la industria energética, desarrollando e implementando soluciones a través del diseño, el servicio y el soporte post – venta. Durante su desarrollo ha mantenido asociaciones y realizado convenios con empresas internacionales, asegurando así un proceso continuo de transferencia de tecnología relativa a los servicios de pozos.

- *Reseña histórica*

Tucker Energy Services tiene una trayectoria de más de 60 años, establecida formalmente en 1939 como empresa de servicios energéticos, llamada Trinidad Oilfield Services, la cual proveía en aquel entonces servicios de cementación, cañoneo, registros de hueco entubado y guaya fina.

En el año de 1993, inició sus operaciones en el Estado Anzoátegui en la ciudad de Anaco, ofreciendo sus servicios de bombeo y guaya fina, contribuyendo así al desarrollo y crecimiento económico y tecnológico del país.

En Octubre de 1998 la división Tucker Wireline, fue mudada estratégicamente a las Instalaciones de la división Tucker Pumping, desarrollando sus actividades como una sola compañía la cual cuenta con un equipo de profesionales con experiencias acumuladas.

El soporte técnico a los clientes además del equipo de ingenieros locales, lo provee el departamento técnico en Houston, el cual se estableció a través de convenios de asociación para asegurar el intercambio de tecnologías, así mismo mantener informadas a las oficinas regionales de los últimos desarrollos tecnológicos.

▪ *Ubicación*

La base Tucker Energy Services S.A., está situada en la Avenida José Antonio Anzoátegui, Km. 100, Anaco, estado Anzoátegui, Venezuela. Tiene su base principal en Ciudad Ojeda, en el Centro Empresarial Colon, P. B Local No. 03, Av. Cristóbal Colon, Ciudad Ojeda, Estado Zulia, Venezuela; y labora con una tercera base en Morichal, Zona Industrial Morichal vía Aeropuerto Morichal al Lado de la FLINT Morichal Estado Monagas, Venezuela.

▪ *Estructura organizativa de la empresa*

Como se observa en la figura 1, la gerencia general está a la cabeza de la organización, cuyos departamentos de calidad y seguridad apoyan a las divisiones de Recursos Humanos, Administración, Wireline, y Pumping. Estas últimas tienen otros departamentos relacionados con las operaciones propias de cada división, pero comparten con recursos humanos y administración, las actividades de estas divisiones, como manejo de personal y administración de finanzas.

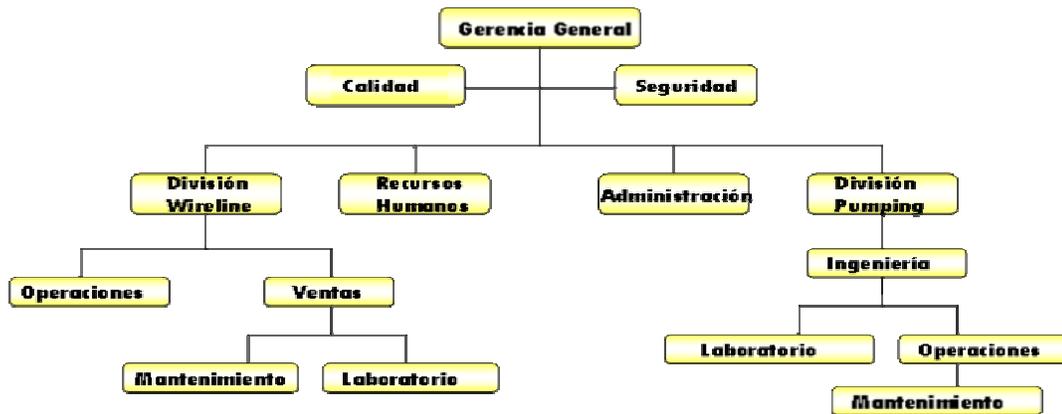


Figura 1: Organigrama de la empresa Tucker Energy Services

Fuente: Departamento de Recursos Humanos Tucker Energy Serv

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación:

Fernández, R (2005). **“Diseño de un sistema de información para el control y seguimiento de las actividades realizadas por el departamento de mantenimiento del Núcleo de Anzoátegui de la Universidad de Oriente”**. Universidad de Oriente. Barcelona Edo. Anzoátegui. Se realizó un trabajo de investigación para controlar las actividades que se realizaban manualmente, donde luego de analizar las necesidades del servicio requerido y diseñar soluciones lógicas utilizaron el lenguaje unificado de modelaje (UML) como técnica de ayuda para el diseño del software.

Cascante, N (2005). **“Diseño de un sistema de planificación para el mantenimiento preventivo de los equipos de una planta de tratamiento de agua potable a fin de incrementar su rendimiento”**. Universidad de Oriente. Barcelona Edo. Anzoátegui. En esta investigación se analizaron los elementos para desarrollar un sistema de planificación basado en el mantenimiento preventivo, donde se diseñaron nuevos formatos para la recolección de datos, se establecieron nuevas rutinas de actividades de mantenimiento y se obtuvo la disponibilidad de los equipos a través de indicadores de gestión de mantenimiento.

Jiménez G. (2002) **“Sistema de mantenimiento de la División Wireline de la empresa Tucker Energy Service”**. Universidad Gran Mariscal de Ayacucho. Anaco Edo. Anzoátegui. La propuesta de mejoras en el sistema de mantenimiento; es el centro de la presente investigación cuyo objetivo fue definir estrategias de

planificación y control, en base a las fallas mas comunes encontradas en los procedimientos administrativos de control y registro de las actividades, para crear así planes para mejorar la gestión de mantenimiento.

Guaina, P (1996). **“Análisis del sistema de mantenimiento y mejoras de su sistema de documentación en una empresa cervecera.”** Universidad de Oriente, Barcelona Edo. Anzoátegui. En este trabajo se analizó y mejoró el sistema de documentación de mantenimiento en lo referente al flujo de información, procedimientos e instructivos de trabajos existentes, con el objetivo de mejorar el control sobre las actividades de mantenimiento y cumplir con las exigencias normativas contenidas en la norma COVENN – ISO 9002, ya que se deseaba implantar en la empresa un sistema de calidad basado en la norma COVENIN- ISO 9000.

Villalba, M. (2004) **“Calculo de indicadores y análisis de la gestión de mantenimiento a las locomotoras de C.V.G: Ferrominera Orinoco C.A. a fin de introducir mejoras en el sistema”.** Universidad de Oriente. En esta investigación se incorporan al sistema de mantenimiento nuevas metodologías para optimizar los procesos de mantenimiento, así mismo una evaluación de los esfuerzos invertidos por concepto de mantenimiento a través del calculo de indicadores de gestión, donde se apoyaron en técnicas estadísticas para el diagnóstico operacional referido a las fallas y posterior aplicación de un análisis de criticidad para identificar las debilidades del sistema actual de mantenimiento.

2.2 Mantenimiento

Es una actividad dinámica donde interactúan varias variables complejas dentro de un patrón aleatorio que se fundamenta en la teoría de probabilidades, y su objetivo es la maximización de la efectividad del sistema, sin sacrificar el medio ambiente y la seguridad. Esta actividad debe ser susceptible a ser:

- planificada,
- dirigida
- controlada.

Según Bravo (2008), el mantenimiento debe ser analizado como un sistema abierto donde interactúan varias variables complejas. Véase en la figura 2.

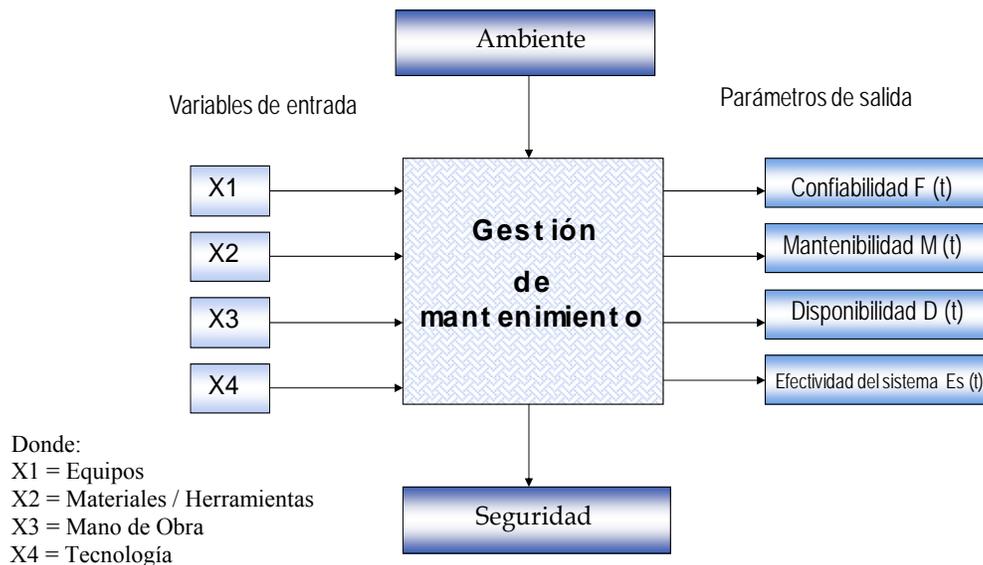


Figura 2. El mantenimiento como un sistema abierto.

Fuente: Bravo, L. (2005), Universidad de Oriente. “Fundamentos del mantenimiento”.

2.3 Clasificación del mantenimiento

2.3.1 Sistema correctivo

Consiste en intervenir con una acción de reparación o reemplazo de un componente, cuando el fallo se ha producido.

- Ventajas: se aprovecha al máximo la vida útil del equipo; no hay necesidad de detener los equipos ni velar por programaciones establecidas.
- Desventajas: ocurrencias aleatorias de las fallas, con menor disponibilidad y mayores costos (Bravo 2008).

2.3.2 Sistema preventivo

Acciones programadas con el objetivo de disminuir las fallas aleatorias con acciones preventivas. Se introducen nuevos costos, pero se reducen las reparaciones. El mantenimiento preventivo requiere personal más calificado.

- Ventajas: incrementa la disponibilidad de los equipos y la seguridad garantiza la planificación de los recursos.
- Desventajas: el costo que implica la parada de equipos (Bravo 2008).

2.3.3 Sistema predictivo

La acción de mantenimiento está basada en las condiciones actuales del tiempo.

- Ventajas: se requiere cuando los resultados del diagnóstico así lo requieren. El mantenimiento está basado en las inspecciones programadas y en el monitoreo.
- Desventajas: elevado costo de los equipos y personal para el diagnóstico. Por ello no todo el equipo se le ejecuta y realiza este tipo de mantenimiento. Solo el 20% de los componentes causan el 80% de las fallas. (Bravo 2008).

2.4 Parámetros de mantenimiento

- *Confiabilidad $R(t)$*

Es una característica de un sistema, equipo o componente expresada por la probabilidad de que ese sistema, equipo o componente cumpla una función para la cual fue diseñado en condiciones de utilización y en un período dado (Bravo, 2008).

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda dt}$$

(Ec.1) Función general de la confiabilidad en términos de la razón de falla $\lambda(t)$. Nota: tomado de *Fundamentos de mantenimiento de planta* por Bravo L, 2008.

- *Mantenibilidad M (t)*

Es la probabilidad que tiene un equipo o sistema que una vez que ha dejado de operar en un tiempo t_0 recupere su funcionalidad, su estado operativo en un tiempo t_1 o antes (Bravo, 2008).

$$M(t) = e^{-[e^{-a(t-\mu)}]}$$

(Ec. 2) Función de mantenibilidad según distribución de Gumbell. Nota: tomado de *Fundamentos de mantenimiento de planta* por Bravo L, 2008.

μ = Media característica para reparar

$1/a$ = Desviación estándar

t = tiempo estimado para el próximo trabajo.

μ, a = Coeficientes de la distribución de Gumbell Tipo 1

- *Disponibilidad D (t):*

Es un término probabilístico exclusivo de los equipos reparables. $D(t)$ Es la probabilidad de un equipo o sistema de estar operando para su uso durante un período dado. Para calcular la $D(t)$ hay que estimar $\mu(t)$ y $\lambda(t)$ (Bravo, 2008).

El sistema bajo estudio presenta dos estados, estado exitoso α y estado falla β .

$$P\alpha(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{(\mu + \lambda)} e^{-t(\lambda + \mu)} \quad \text{Estado Exitoso } \alpha \text{ (Disponibilidad).}$$

$$P\beta(t) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} - \frac{\lambda}{(\mu + \lambda)} e^{-t(\lambda + \mu)} \quad \text{Estado de Falla } \beta \text{ (Indisponible).}$$

Estas expresiones permiten calcular la probabilidad de éxito α (disponibilidad) y de falla β (indisponibilidad) en cualquier instante de tiempo.

La disponibilidad se caracteriza por la razón de servicio D .

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR}$$

(Ec. 3). Ecuación Disponibilidad

Nota: tomado de *Fundamentos de mantenimiento de planta* por Bravo L, 2008.

- TPPF: tiempo promedio para fallar.
- TPPR: tiempo promedio para reparar.

2.5 Planeación de mantenimiento

Se refiere al proceso mediante el cual se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo. El proceso de planeación comprende todas las funciones relacionadas con la preparación de la orden de trabajo, la lista de materiales, la requisición de compras, los planos y dibujos necesarios, los estándares de tiempo y todos los datos necesarios antes de programar y liberar la orden de trabajo.

Duffuaa (2002), explica que en consecuencia un procedimiento de planeación eficaz deberá incluir los siguientes pasos:

- Desarrollar un plan de trabajo. Este comprende las secuencias de actividades y en el trabajo el establecimiento de los mejores métodos y procedimientos para realizar el trabajo.
- Planear y solicitar las partes y los materiales

- Verificar si se necesitan equipos y herramientas especiales y obtenerlos.
- Asignar a los trabajadores con las destrezas apropiadas
- Revisar los procedimientos de seguridad
- Establecer prioridades (de emergencia, urgente, de rutina y programado)
- Asignar cuentas de costos.
- Completar la orden de trabajo
- Revisar los trabajos pendientes y desarrollar planes para su control
- Predecir la carga de mantenimiento utilizando una técnica eficaz de pronósticos.

2.6 Control de mantenimiento

Significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar un nivel deseado de eficacia y eficiencia. Un sistema eficaz de operación y control según explica Duffuaa (2002), debe incorporar todas las siguientes características:

- Demanda de mantenimiento (es decir, que trabajo tiene que hacerse y cuando)
- Recursos de mantenimiento (es decir, quien hará el trabajo y que materiales y herramientas se necesitan).
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
- Normas de rendimiento y calidad (es decir, cuánto tiempo se requerirá para hacer un trabajo y las especificaciones aceptables).

- Retroalimentación, monitoreo y control (es decir el sistema debe generar información y reportes para el control de costo de calidad y la condición de la planta, también es esencial un mecanismo de recopilación de datos y un seguimiento regular para la retroalimentación y el control).

2.7 Sistema de órdenes de trabajo

El primer paso para la planeación y control de trabajos de mantenimiento se realiza mediante un sistema eficaz de órdenes de trabajo. La orden de trabajo es una forma donde se detallan las instrucciones escritas para el trabajo que se va a realizar y debe ser llenada para todos los trabajos (Duffuaa, 2002).

2.8 Índices para la evaluación de la función mantenimiento

En lo que respecta a la función de los índices de evaluación, Zambrano (2006) expresa: “...sirven como factor de control para verificar la fluidez del proceso, así como también constituyen una valiosa información que puede ser usada para la toma de decisiones”.

Algunos principales indicadores empleados en mantenimiento son:

$$\text{Backlog} = \frac{\text{Órdenes de trabajo (HH) pendiente por ejecución}}{\text{HH disponible por semana}} \quad (\text{Ec. 4})^*$$

$$\% \text{ Desviación de la Planificación} = \frac{(\text{HH planificadas} - \text{HH ejecutadas})}{\text{HH Planificadas}} \times 100 \quad (\text{Ec. 5})^*$$

$$\text{Cumplimiento de Mantenimiento preventivo} = \frac{\text{ODT mantenimiento preventivo ejecutadas}}{\text{ODT mantenimiento preventivo programada}} \times 100 \quad (\text{Ec. 6})^*$$

$$\text{Tiempo promedio para fallas} = \frac{\text{Horas operadas}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}} \times 100 \quad (\text{Ec. 7})^*$$

*Nota. Tomado de PDVSA, (1998, Noviembre) *Indicadores de mantenimiento*. Autor.

2.9 Sistema de información

Es un conjunto de procedimientos interrelacionados, formales e informales, que permiten la captura, procesamiento y flujo de información requeridos en cada uno de los niveles de la organización para la toma posterior de decisiones (COVENIN, 1993).

2.10 Ciclo de vida del desarrollo de sistemas:

El SDLC (*Systems Development Life Cycle*) según Kendall (2008), es un enfoque por fases para el análisis y el diseño cuya premisa principal consiste en que los sistemas se desarrollan mejor utilizando un ciclo específico de actividades del analista y el usuario. Ver figura 4. Las fases se describen a continuación:

- *Identificación de problemas, oportunidades y objetivos*

En esa primera fase del ciclo de vida del desarrollo del sistema, el analista se ocupa de identificar problemas, oportunidades y objetivos.

- *Determinación de los requerimientos de información*

En esta fase el analista se esfuerza por comprender la información que necesita los usuarios para llevar a cabo sus actividades. Esta etapa implica interactuar directamente con los usuarios.

- *Análisis de las necesidades del sistema*

La siguiente fase que debe enfrentar el analista tiene que ver con el análisis de las necesidades del sistema. Una de las herramientas es el uso de diagramas de flujo de datos para graficar las entradas, procesos y salidas de las funciones del negocio en forma grafica estructurada.

- *Diseño del sistema recomendado*

El analista utiliza la informaron recopilada en las primeras fases para realizar el diseño lógico del sistema de información. Diseña procedimientos precisos para la captura de datos que aseguran que los datos que ingresen al sistema sean correctos.

- *Desarrollo y documentación del software*

El analista trabaja de manera conjunta con los programadores para desarrollar cualquier software original necesario.

- *Prueba y mantenimiento de sistema*

Antes de poner el sistema en funcionamiento es necesario probarlo. Una parte de las pruebas la realizan los programadores solos, y otra la llevan a cabo de manera conjunta con los analistas de sistema.

- *Implementación y evaluación del sistema*

Esta es la última fase y aquí el analista participa en la implementación del sistema de informaron, en esta fase se capacita a los usuarios en el manejo del sistema.

2.11 Análisis económico de proyectos

Según Baca (2006), el análisis económico en cualquier proyecto de inversión, ya sea industrial o informático tiene como fin expresar en cifras monetarias las determinaciones realizadas en el estudio técnico, esto a su vez tiene como objetivo sentar las bases para realizar la última parte del estudio de factibilidad que es la evaluación económica. En base a esto es posible distinguir tres aspectos del estudio económico:

- *Costos:* se refieren solo a aquellos incurridos en el funcionamiento, ya sea de una red o de un sistema de información, costo de personal para operación y mantenimiento, costos de oficina y mantenimiento del hardware.
- *Inversión inicial:* es importante distinguir entre una inversión y un gasto de operación, la importancia radica en que un gasto de operación solo se deduce de impuesto y la inversión está sujeta a depreciación.
- *Flujo neto de efectivo:* se refiere al beneficio real obtenido, y se determina restando a los ingresos todos los costos del proyecto y los impuestos que debe pagar, lo cual es equivalente a determinar el ahorro monetario que representa la implantación del proyecto.

En este punto los flujos netos de efectivo tienen un enfoque determinístico o puntual, calculados de acuerdo a la tabla N°1.

Tabla N° 1 Obtención de flujo neto de efectivo (FNE)

FLUJO	CONCEPTO
+	Ingreso
-	Costos totales
-	Depreciación
=	Utilidades gravables
-	Impuesto
=	Utilidades después de impuesto
+	Depreciación
=	Flujo neto de efectivo

Fuente: elaboración propia

Estos flujos de efectivos obtenidos durante la vida del proyecto se descuentan a la TMAR, que es la tasa aceptada por el inversionista. De esta forma se obtiene la

base para obtener el valor presente, que es uno de los métodos para evaluar económicamente una propuesta de inversión.

2.12 Evaluación económica

Evaluar económicamente un proyecto es comprobar si la ganancia que se espera obtener justifica la inversión requerida, en otras palabras es verificar su rentabilidad. Baca (2006), sostiene al respecto que la evaluación económica tiene como objetivo la demostración, desde el punto de vista financiero, de que una opción permite recuperar la inversión en un plazo (de tiempo razonable) y que producirá ganancias a la empresa, a la TMAR y el número de períodos establecidos.

Existen diversos métodos para comprobar la rentabilidad de una propuesta, entre los más utilizados se encuentran:

- Tasa Interna de Retorno
- Valor presente

2.13 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La determinación de la TIR permite conocer la tasa de interés que no genera ganancias ni pérdidas, una vez conocida la inversión inicial y los flujos de efectivo. Partiendo de allí, si el proyecto tiene una tasa de interés menor (i) genera ganancias y si tiene una tasa mayor, genera pérdidas por lo que no es económicamente rentable.

$$VP = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (\text{Ec. 8). Expresión para calcular la TIR}$$

Donde:

P= Inversión Inicial

n= Tiempo proyectado, es decir, período en estudio.

FNE_j= Flujo neto efectivo para cada periodo.

i = Tasa mínima atractiva de retorno TMAR.

Es decir:

Si $TIR > TMAR$, el proyecto es rentable

Si $TIR < TMAR$ el proyecto no es rentable.

Si $TIR = TMAR$, el proyecto es indiferente.

2.14 Método de valor presente (VP)

Este método consiste en trasladar los flujos de efectivo esperados en los períodos proyectados al presente mediante una tasa de interés, y así compararlos con la inversión inicial, determinando si traerá ganancias o pérdidas al final de ese período.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \quad (\text{Ec. 9). Valor Presente}$$

Su evaluación obedece al siguiente criterio:

Si $VP > 0$, el proyecto es rentable

Si $VP < 0$, el proyecto no es rentable.

Si $VP=0$, el proyecto es indiferente.

Por ejemplo, si al evaluar un determinado proyecto en bolívares se obtiene un $VP (TMAR) = 500$ el proyecto es rentable al ser mayor que cero, por lo tanto la decisión sobre este resultado sería invertir porque se tiene la certeza de que se obtendrá una ganancia con un valor puntual de Bs.500, desde un enfoque determinístico. Pero si alguno de los parámetros económicos que constituyen los flujos de efectivo varía, ¿cuál será el valor presente?, ¿seguirá siendo mayor que cero? Estas interrogantes pueden ser respondidas bajo un enfoque probabilístico, evaluando el riesgo económico de la propuesta de inversión mediante el valor presente.

2.15 Riesgo económico de un proyecto

Hasta ahora se ha obtenido la rentabilidad de un proyecto basado en una tasa de interés (i), una inversión inicial y un flujo de efectivo (P/F), cuyos valores son fijos, es decir no varían en el tiempo. Sin embargo el flujo de efectivo es afectado por muchos factores externos los cuales generan un grado de incertidumbre. Para disminuirlo, es posible manejar varios escenarios y considerar de esa manera la probabilidad que el proyecto sea rentable si el flujo de efectivo cambia de acuerdo a los escenarios planteados.

Es decir que es necesario medir el riesgo que corre la inversión dado que no basta con definir que:

$$\sum_{i=1}^{i=n} (\text{Inversión inicial}) - (P/F_{1, i, n}) \geq 0$$

Hay que asignar una probabilidad que este valor sea mayor que cero cuando los flujos netos de efectivo no son constante.

Según Coss Bu (1998), la consideración del riesgo en una propuesta de inversión se puede definir como el proceso de desarrollar la distribución de probabilidad de algunos de los criterios económicos o medidas de méritos ya conocidos.

Esto quiere decir que los flujos de efectivos dejaran de ser una cantidad fija para convertirse en una variable aleatoria que puede tomar cualquier valor dentro de un rango, definido por un valor máximo y un valor mínimo.

Ahora toda variable aleatoria sigue una distribución de probabilidad que describe su comportamiento, la cual puede ser desarrollada o simulada con una distribución de probabilidad ya conocida.

2.15.1 Distribución de probabilidad triangular

La distribución triangular es ampliamente utilizada para evaluar riesgos de inversión, respecto a ella Coss Bu (1998) expresa: “al igual que la distribución β son ampliamente utilizadas al introducir riesgo en proyectos de inversión y caminos críticos (PERT). Ambas distribuciones se basan en una estimación pesimista, una más probable y una optimista”. Ver figura 3.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2}{(c-a)(b-a)}(x-a) & \text{para } a \leq x \leq b \\ \frac{-2}{(c-a)(c-b)}(x-c) & \text{para } b \leq x \leq c \end{cases} \quad \text{(Ec.10). Función de densidad de la distribución triangular}$$

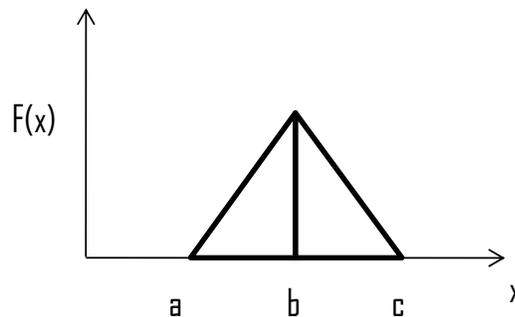


Figura N° 3.
probabilidad triangular

Fuente: Coss Bu, R.
evaluación de proyectos

Distribución de
simétrica
(1998), “Análisis y
de inversión”.

Siendo a, b y c, los valores optimista, mas probable y pesimista respectivamente del flujo de caja.

Así se puede utilizar la distribución triangular para simular el comportamiento de los flujos de efectivo de un proyecto, cuya expresión de valor esperado y varianza servirán para relacionar los valores de la variable con su probabilidad de ocurrencia así como la dispersión de la distribución.

Cuando la distribución triangular es simétrica es decir $b = (a+c)/2$ la media y la varianza se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$E(X) = \frac{a + c}{2} = b \quad (\text{Ec.11). Media de la distribución triangular simétrica}$$

$$VAR(X) = \frac{1}{24}(c - a)^2 \quad (\text{Ec.12). Varianza de la distribución triangular simétrica}$$

2.15.2 Teorema del límite central

La probabilidad de que una variable aleatoria que sigue una distribución triangular se encuentre entre dos valores determinados, en general es difícil de calcular. Sin embargo el Teorema del límite central dice:...“si una variable aleatoria Y puede ser representada como la suma de n variables aleatorias independientes que satisfacen ciertas condiciones, entonces para una n suficientemente grande, Y sigue aproximadamente una distribución normal” (Coss Bu, 1998).

Esto significa que podemos aproximar la distribución triangular a una distribución normal, ya que entre otras características cada flujo neto de efectivo es independiente uno de otro. En otras palabras la distribución del valor presente con la que se va a calcular el riesgo de la inversión, se transforma según la Ec. 13 en una distribución normal estándar cuyos valores de probabilidad están tipificados.

$$Z = \frac{Y - \sum_{j=0}^n C_j \mu_j}{\sqrt{\sum_{j=0}^n C_j^2 \sigma_j^2}} \quad (\text{Ec.13) Teorema del limite central}$$

2.15.3 Distribución de probabilidad del valor presente neto

De lo anterior y de acuerdo a Coss Bu (1998), el valor presente neto de una propuesta de inversión, se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$VPN = \sum_{j=0}^n \frac{x_j}{(1+i)^j} \quad (\text{Ec.14). Valor presente neto}$$

Donde X_j ahora es una variable aleatoria que representa el flujo de efectivo neto del período j y cuya media y varianza son μ y σ respectivamente.

Pero si se toma en consideración el factor C :

$$C_j = \begin{cases} -1 & \text{si } j = 0 \\ \frac{1}{(1+i)^j(1+i_i)^j} & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (\text{Ec.15) Expresión para cálculo de } C, \text{ introduciendo una tasa de inflación.}$$

Donde i es la tasa de interés y i_i es la tasa de inflación, entonces la ecuación se transforma en:

$$VPN = C_0X_0 + C_1X_1 + \dots + C_nX_n = \sum_{j=0}^n C_j\mu_j$$

2.15.4 Valor esperado y varianza del valor presente

Puesto que el valor esperado de una suma de variables aleatorias es dado por la suma de valores esperado de cada variable, entonces el valor esperado del valor presente vendría dado por:

$$E(VPN) = \sum_{j=0}^n C_j E(X_j) = \sum_{j=0}^n C_j \mu_j \quad (\text{Ec.16) Valor esperado del valor presente}$$

Para determinar la varianza del valor presente, es necesario considerar primero X_0, X_1, \dots, X_n son variables aleatorias independientes. Por consiguiente, bajo este supuesto y de acuerdo al teorema del límite central, el VPN está normalmente distribuido, donde la media está dada por la ecuación 16 y la varianza por:

$$VAR(VPN) = \sum_{j=0}^n C_j^2 \sigma_j^2 \quad (\text{Ec.17) Varianza del valor presente}$$

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Para el logro de los objetivos fué necesario diseñar la investigación de forma que conlleve a la obtención de información relevante para enfocar el problema en la función de mantenimiento estudiada y encontrar la forma de solucionarlo aplicando las técnicas más adecuadas. Para ello la investigación se clasificó de la siguiente manera:

- *Según el objeto de estudio:*

La investigación es de tipo aplicada porque se diseñó el sistema de información con la finalidad de implantarlo y que solucione una necesidad claramente definida. Tamayo (2007) expresa: “la investigación aplicada se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren”.

- *Según la fuente de información:*

La investigación se realizó bajo la modalidad de investigación de campo, la cual permitirá analizar sistemáticamente la gestión de mantenimiento, entender su naturaleza y de esa manera describir el problema, con sus causas y consecuencia, donde la recolección de datos se realiza directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. En este sentido, Tamayo (2007), dice que: “Se entiende por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o

predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo”.

- *Según el nivel de conocimientos que se adquiere:*

Según el nivel de conocimiento que se adquiere la investigación es de tipo exploratorio, ya que el sistema de información no parte de uno existente por lo que se considerase como el primer acercamiento al problema. Tamayo (2007) expresa lo siguiente: “...Recibe este nombre la investigación que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior...”

3.2 Población y muestra

La población constituye el objeto de la investigación y de ella se extrae la información requerida para el estudio respectivo. En el presente proyecto la población fué conformada por las actividades existentes susceptibles a ser planeadas y controladas en el proceso de mantenimiento aplicado a la flota vehicular de la división de bombeo de la Empresa Tucker Energy Service, por lo que la muestra será igual a la población estudiada.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección precisa y confiable de los datos es vital para el logro de los objetivos, por ello se determinan cuidadosamente las técnicas que serán necesarias para hallar la información en cada uno de sus estratos.

- *Observación directa:* consiste en el reconocimiento sistemático, valedero y confiable de conductas manifestadas, que ayudan a penetrar en el campo

de acción de estudio y trata principalmente de recolectar y hacer un primer examen de la información que exista, gráfica y escrita, sobre los elementos a estudiar.

- *Entrevistas y consultas:* las entrevistas serán abiertas y no estructuradas. De esta forma se podrá profundizar en las impresiones del personal sobre las políticas, procedimientos y prácticas existentes dentro del sistema de mantenimiento.

3.4 Técnicas de análisis de datos

Los datos obtenidos deben ser transformados en información útil que facilite la comprensión del problema y permita la focalización del mismo. Las técnicas de análisis permitirán lo anterior sistematizando el estudio.

- *Análisis operacional:* es un procedimiento sistemático, empleado para estudiar todos los factores que afectan al método de realización de una operación y alcanzar la máxima economía general. Consiste en:
 - Enfoque del análisis operacional para la mejora:
 - Observar y visualizar la operación.
 - Preguntar.
 - Estimar grado de mejora o automatización posibles.
 - Comparar el método antiguo con el nuevo.

- *Diagramas de flujo:* se empleó para comprender y visualizar adecuadamente los procesos y procedimientos encontrados, así como para el desarrollo de los procedimientos que formaran parte del sistema de información.

- *Diagrama de Pareto:* se utilizó para establecer prioridades acerca del curso de acción a tomar, es decir identificar los factores más importantes que representen una mejora sustancial para realizar un enfoque más preciso en las actividades a mejorar.

- *A.M.E.F (Análisis del modo y efecto de fallo):* este método proporcionó una manera metódica de examinar las causas y efectos de las fallas en los procedimientos utilizados para ejecutar el mantenimiento. Con su utilización se estudió las causas de las fallas así como se evaluó la incidencia de estas en el proceso.

- *NPR (numero de prioridad de riesgo):* este factor evaluó la criticidad de las fallas basado en la severidad y frecuencia de ocurrencia de la misma.

- *Diagrama de flujos de efectivos:* se determinó la utilidad neta y los flujos netos de efectivo del proyecto, representando el beneficio real del funcionamiento de la unidad productiva. Útil en la evaluación económica.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO OPERACIONAL

4.1 Conocimiento de principios básicos de la organización de mantenimiento

Para realizar el diagnóstico operacional se consideró primeramente, realizar un análisis a los lineamientos básicos que rigen la ejecución del mantenimiento, y así definir aspectos relacionados con los procedimientos gerenciales aplicados.

4.1.1 Filosofía de mantenimiento

En la organización se manejan dos tipos de mantenimiento: correctivo y preventivo. El mantenimiento correctivo, es el que predomina en la gestión, donde se intervienen los sistemas de bombeo, mezcla y demás equipos para reparar una falla que ya se ha producido.

El mantenimiento preventivo, consta de una lista de inspección trimestral donde se percibe el estado de componentes de los equipos pesados y son remplazados si es necesario. Este se complementa con un mantenimiento rutinario que se realiza antes y después de cada operación donde interviene el equipo.

4.1.2 Personal de mantenimiento

En el departamento laboran 11 personas las cuales se encuentran distribuidas en sus cargos de la siguiente manera: un superintendente de mantenimiento, un

ingeniero de mantenimiento, 4 mecánicos y 4 ayudantes. Los cuales laboran 8 horas diarias de lunes a viernes. La línea de autoridad se muestra en la figura 4.

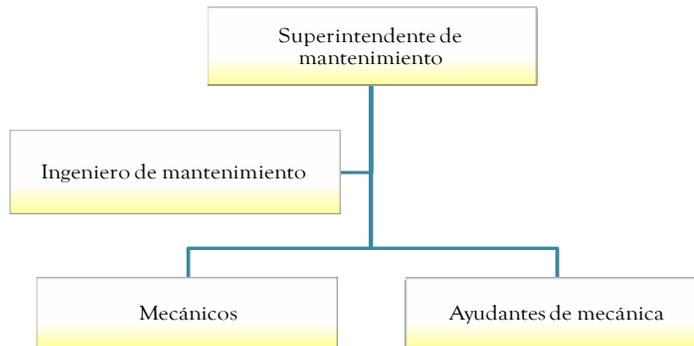


Figura 4. Organigrama del departamento de mantenimiento Tucker Pumping

Fuente: elaboración propia

Las actividades de mantenimiento en su mayoría son realizadas por los mecánicos de la base, aunque existe una porción que es realizada indirectamente mediante outsourcing. Los trabajos son distribuidos en el personal de la siguiente manera:

- Locales fijos de planta (fijos): para reparaciones de media complejidad, mantenimiento preventivo de equipos pesados y reparaciones en las locaciones de pozo donde participan.
- Locales contratados de planta (ocasionales): para realizar mantenimiento rutinario y actividades como pintura, electricidad, limpieza, reparación, etc.
- Taller externo: para los servicios preventivos y correctivos de unidades livianas así como reparaciones de complejidad.

4.2 Procedimiento de mantenimiento aplicado a la flota vehicular

La flota vehicular de la división de bombeo esta constituida por 10 unidades modelo pick- up, las cuales son sometidas constantemente a servicio severo debido a la naturaleza de las locaciones donde se desenvuelve el personal.

Estas unidades son asignadas a los departamentos de seguridad, operaciones, mantenimiento e ingeniería, las cuales según políticas de la empresa son asistidas con proveedores externos para realización de las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo.

4.3 Descripción del proceso de mantenimiento de las unidades livianas

El procedimiento actual consiste en coordinar las actividades de mantenimiento con el proveedor de servicio, hacer la requisición correspondiente para cancelar el servicio y archivar los soportes en la carpeta correspondiente.

En la figura 5 podemos observar el flujo de las actividades que sigue el mantenimiento de la flota vehicular. Como se observa, el proceso se inicia con una solicitud del conductor asignado para enviar el vehículo al proveedor de servicios. Esta solicitud puede darse por la presencia de una falla o en el cumplimiento del kilometraje especificado (10.000 Km) para el cambio de aceite y filtros.

El personal de mantenimiento revisa la fecha del último servicio realizado a la unidad en cuestión y autoriza el envío. En caso de presentar una falla y cumplir con el requerimiento de kilometraje se autoriza además de la inspección y reparación de la falla el cambio de aceite y filtro.

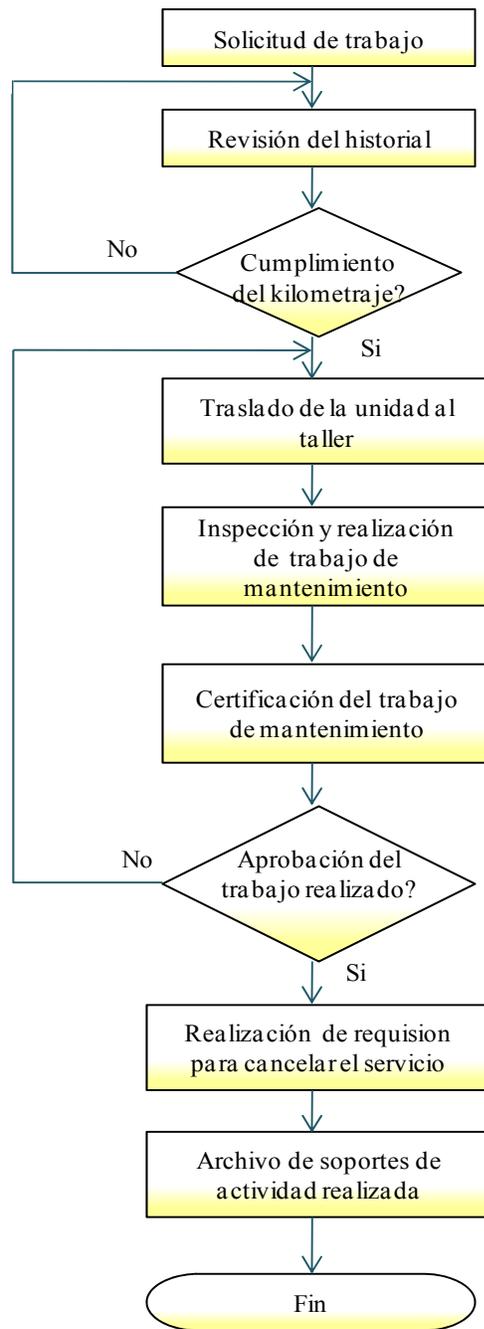


Figura 5. Diagrama de flujo del procedimiento de mantenimiento de la flota vehicular

Fuente: elaboración propia

El proveedor recibe el vehículo y hace las actividades correspondientes, luego elabora un documento propio donde especifica las actividades ejecutadas, los

materiales usados y el costo de los mismos. El superintendente de mantenimiento recibe el documento y lo firma luego de certificar el trabajo realizado y las entrega al Ingeniero de mantenimiento para que este proceda a hacer la requisición correspondiente para cancelar el servicio y archivar los soportes en la carpeta respectiva.

4.4 Identificación de las fallas del procedimiento

Definido el procedimiento, se procede a identificar las fallas en cada etapa, para lo cual fue conformado un grupo de trabajo por el superintendente, el ingeniero de mantenimiento y los conductores asignados para la realización de un AMEF (Análisis del modo y efecto de fallo) que proporcionó una manera metódica de examinar las causas y efectos de las fallas en procedimientos operacionales (Ver anexo A).

Esta técnica del análisis preventivo persigue buscar las fallas del procedimiento utilizado para realizar el mantenimiento causado por su diseño y definición, identificar las causas posibles conectadas con el diseño y la forma de realizar estos procedimientos buscando las acciones preventivas apropiadas.

Mediante esta herramienta se identificaron 13 fallas funciones entre las cuales destacan: no reportar las fallas, no registrar las fallas reportadas, no controlar el costo de las actividades y no retroalimentar la gestión. Sin embargo se considera que identificar las fallas no es suficiente para diagnosticar la situación actual, razón por la cual se procedió a realizar un análisis de criticidad de las fallas encontradas.

4.4.1 Análisis de las fallas en los procedimientos operacionales

La criticidad fue analizada en base a un factor llamado NPR (número de prioridad de riesgo), el cual es producto de su ocurrencia en el sistema y la severidad que representa para el control y planificación de las actividades de mantenimiento.

Para asignar la ocurrencia de la falla se tomo como referencia los valores probabilísticos de ocurrencia basado en un promedio de 80 actividades por año que procesa el sistema de mantenimiento para las unidades livianas. Ver tabla 2.

Por ejemplo si la falla se repite en todas o casi todas las actividades (entre 73 y 80 veces) existe 91% de probabilidades que ocurra la falla y se la da una puntuación de diez. Ver tabla 2.

Tabla 2. Criterios para asignar la ocurrencia de la falla

OCURRENCIA	INTERVALOS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	PUNTOS
Muy alta: el incidente es casi inevitable	entre 73-80	0,91	10
	entre 65 y 72	0,81	9
Alto: incidentes repetitivos	entre 57 y 64	0,71	8
	entre 49 y 56	0,61	7
Moderado: incidentes ocasionales	entre 41 y 48	0,51	6
	entre 33 y 40	0,41	5
	entre 25 y 32	0,31	4
Bajo: relativamente pocos incidentes	entre 17 y 24	0,21	3
	entre 9 y 16	0,11	2
Muy bajo: el incidente es poco probable	entre 0 y 8	0,10	1

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la severidad, se diseñó una tabla en base a criterios propios del sistema para evaluar los efectos de las fallas en el mismo. Ver tabla 3.

Tabla 3. Criterios para evaluar la severidad de la falla

SEVERIDAD	CRITERIO	PUNTO
Peligroso	El incidente puede poner en peligro al conductor o implica la no conformidad segura de la unidad de acuerdo a las regulaciones establecidas	5
Alta	El incidente tiene efectos considerables en la confiabilidad de la unidad o en el control y planeación del proceso.	4
Moderado	El incidente ocasiona una interrupción, el proceso es operable pero en un nivel reducido de su eficiencia y funcionamiento	3
Bajo	El incidente ocasiona algún efecto pero no tienen influencia directa sobre las otras variables del proceso.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto sobre seguridad, costo o eficiencia del resultado del proceso	1

Fuente: elaboración propia

Luego de asignar la ocurrencia y la severidad de cada falla, se multiplicaron estos valores dando como resultado el número de prioridad de riesgo (NPR) según el cual se clasifica la criticidad de la falla de acuerdo a la tabla 4.

Tabla 4. Rango y clasificación de factor NPR

RANGO NPR (Ocurrencia x severidad)	CLASIFICACION
0-16	Baja criticidad
17-32	Media criticidad
33-50	Alta criticidad

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se puede observar el resultado obtenido en la evaluación de criticidad, donde se concluye que las fallas clasificadas con alta criticidad crean en el sistema los problemas más comunes y sus efectos son los que perturban más frecuentemente el buen desenvolvimiento de las actividades de mantenimiento.

Tabla 5. Resultados obtenidos por fallas para el NPR

N°	FALLA POTENCIAL(MODO)	OCURRENCIA	SEVERIDAD	NPR	CLASIFICACION
1	No reportar la falla	5	5	25	Media
2	Reportar la falla cuando es inminente la puesta fuera de servicio de la unidad	8	4	32	Media
3	No registrar la falla reportada	10	4	40	Alta
4	No realizar actividad de mantenimiento preventivo	4	5	20	Media
5	Realizar la actividad de mantenimiento preventivo pasado los 10.000 km	7	4	28	Media
6	Realizar la actividad de mantenimiento sin solicitar la revisión del historial	6	3	18	Media
7	Revisar el historial y no encontrar los datos de la ultima revisión	4	3	12	Baja
8	Ejecución de actividades sin autorización de mantenimiento	3	3	9	Baja
9	No controlar el costo de las actividades aprobadas	10	4	40	Alta
10	Tardanza en hacer la requisición	2	2	4	Baja
11	No hacer la requisición	1	2	2	Baja
12	No archivar todos los soportes del servicio realizado	4	3	12	Baja
13	No retroalimentar la gestión con la información archivada	10	4	40	Alta

Fuente: elaboración propia

A partir de esta tabla se realizo un gráfico donde se aprecia que 8 de las 13 fallas identificadas en el proceso son de alta y media criticidad, esto representa un 61.53% de fallas criticas, porcentaje considerable que supone un sistema con serias

deficiencias, sobre el cual es necesario aplicar acciones correctivas para eliminar las causas. Ver figura 6.

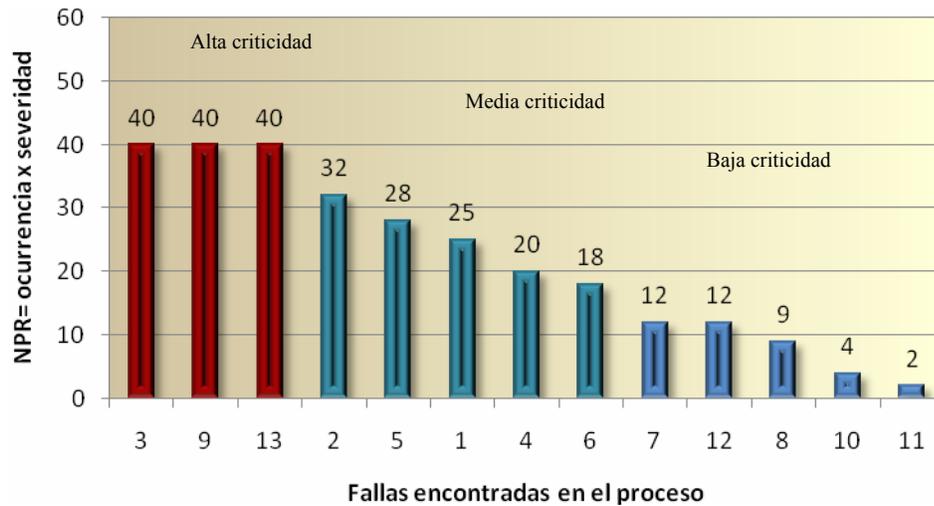


Figura 6. Criticidad de las fallas del sistema

Para resaltar los factores más representativos del problema se utilizó el diagrama de Pareto, que facilita la toma de decisiones sobre la prioridad de las actividades a realizar, en base a las que representen una mejora sustancial del sistema.

Las fallas que entraron dentro del 80 % en el diagrama de Pareto, justamente son todas las que tienen alta y media criticidad, lo que significa que desarrollando un plan de acción que permita atacar sus causas, se podrán eliminar gran parte de los efectos nocivos y restablecer la fluidez y confiabilidad del proceso para luego diseñar el sistema de información. Ver figura 7.

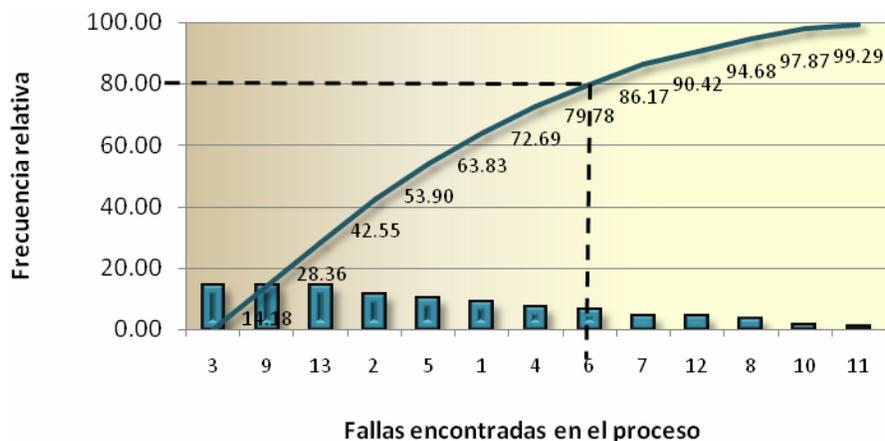


Figura 7. Diagrama de Pareto para la criticidad de las fallas

4.4.2 Análisis de causas potenciales de las fallas

Con la aplicación del AMEF, también se obtuvo información acerca de las causas de las fallas diagnosticadas, y así tener una visión de las causas que ocasionan el 80% de las fallas destacadas en el diagrama de Pareto, las cuales son resumidos en la tabla 6.

Tabla 6. Causas de fallas potenciales que afectan el 80 % del sistema

Nº	FALLA POTENCIAL (MODO)	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA
1	No detectar la falla	Ausencia de programas de mantenimiento preventivo
2	Detectar la falla y no solicitar la revisión	Ausencia de formatos para reportas fallas
3	No registrar la falla reportada	Ausencia de formatos para reportas fallas
4	No realizar actividad de mantenimiento preventivo	Ausencia de planes de mantenimiento preventivo
5	Realizar la actividad de mantenimiento preventivo pasado los 10.000 km	Ausencia de programas de mantenimiento
6	Alto costos de mantenimiento por ejecución de actividades innecesarias	Inexistencia de un sistema computarizado
7	No controlar el costo de las actividades aprobadas	Ausencia de un sistema de ordenes de trabajo
8	No retroalimentar la gestión con la información archivada	Ausencia de un sistema de indicadores de gestión

Fuente: elaboración propia

En la tabla 6 se puede observar las causas de las fallas que ocasionan el 80 % de las fallas que afectan el sistema de mantenimiento de la flota vehicular pueden resumirse en tres grupos, la ausencia de procedimientos para planificar y controlar la gestión, la ausencia de herramientas computarizadas que faciliten y optimicen la transformación de los datos en información y ausencia de una organización formal para realizar el mantenimiento preventivo.

CAPÍTULO V

REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN

El diagnóstico obtenido en el capítulo anterior evidenció que las causas de la mayoría de los problemas del sistema actual se asocian con la ausencia de procedimientos de mantenimiento, es por ello que se consideró necesario hacer una reingeniería de los procesos incorporando algunos mecanismos y soluciones antes de diseñar el sistema de información, los cuales constituyen los requerimientos del sistema para ser controlados y planificados.

5.1 Sistema de orden de trabajo para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular

Para planear y controlar el trabajo de mantenimiento se hace indispensable contar con un sistema de órdenes de trabajo adaptada a la política de mantenimiento de la empresa, donde se incluya la información relevante de las actividades ejecutadas de manera clara y concisa.

5.1.1 Diseño de la orden de trabajo

La orden de trabajo fue diseñada considerando que la información contenida no sea redundante y que los datos incluidos sean de fácil obtención y dominio de todas las partes involucradas, evitando incluir datos que no puedan ser llenados fácilmente o que su utilidad en el proceso no esté debidamente justificada.

La información contenida en la orden se dividió en dos partes: una primera parte para planificar y programar los trabajos y otra para facilitar el control y su

evaluación. La información considerada para planificar es conformada por los siguientes ítems:

- Matrícula
- Modelo de vehículo
- Persona que solicita el trabajo
- Descripción del trabajo a realizar
- Proveedor que será enviada la unidad
- Prioridad del trabajo

Esta información es obtenida de la solicitud que realiza el conductor o del programa de mantenimiento preventivo. La información requerida para el control consta de:

- Tiempo de la reparación
- Costo de materiales utilizados
- Costo de mano de obra utilizada
- Trabajo ejecutado:
- Calificación del trabajo ejecutado

Esta información es proporcionada por el proveedor de servicio en el informe del trabajo que se genera al finalizar la actividad.

En el anexo B, figura B-1, se aprecia el diseño de la orden de trabajo, la cual debe ser llenada para cada trabajo que se ejecute, obteniendo así lo necesario para establecer la base de datos del sistema de la cual se generara la información para medir las variables del proceso e interpretar los parámetros de salidas del mismo.

5.1.2 Clasificación para coordinación y planeación de las órdenes de trabajo

Las órdenes de trabajo del plan estratégico de mantenimiento pueden clasificarse en:

- Las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo: son órdenes fijas que nacen del programa de mantenimiento preventivo. Se realizara una programación trimestral de las mismas para controlar el cumplimiento del plan de mantenimiento de cada unidad a través de ellas.
- Las órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo: son solicitudes de trabajos requeridas por la presencia de una falla, que serán reportadas en el formato reporte de incidente, formato controlado por el departamento de calidad que se formalizara para reportar las fallas de los vehículos.

Esta clasificación puede refinarse aun más estableciendo un sistema de prioridades el cual permita una mejor distribución de las órdenes:

- Emergencia: son trabajos que atañen a la seguridad del personal, averías que significan grandes pérdidas de dinero o que pueden ocasionar grandes daños a la unidad. Deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutadas de forma continua hasta su finalización.
- Programable: son trabajos en las que debe intervenirse lo antes posible en un plazo de 24 a 48 horas después de la solicitud, siguiendo el procedimiento normal de programación.
- Normal: son trabajos rutinarios que pueden esperar sin dar lugar a convertirse en críticos cuya iniciación se recomienda sea de tres días después de la solicitud, sin embargo puede iniciarse antes, o después siempre que exista la disponibilidad de los recursos.

5.1.3 Flujo de sistema de la orden de trabajo

La emisión de una orden de trabajo debe regirse por un procedimiento establecido conocido por todos los participantes en el cual se identifiquen las responsabilidades en el caso desde su emisión hasta su terminación.

Anteriormente se cometían muchos errores de información en el proceso, la persona que realizaba la orden no era la misma que la autorizaba ocasionado demoras en el proceso y no estaba clara la función de cada participante. Además no existían criterios de planificación ni existía ningún documento que especificara la actividad que se estaba ejecutando, ocasionando pérdida de confiabilidad en la información manejada. En la figura 8 se puede observar el flujo de información de la orden de trabajo el cual se describe con más detalle a continuación:

1. En caso de notar una falla el conductor llena un reporte de incidente y solicita la orden de servicio. En caso de cumplir con el kilometraje el conductor solicita por teléfono, por correo electrónico o en persona una solicitud de servicio.
2. El ingeniero de mantenimiento crea y asigna la prioridad de la orden. Si es de emergencia genera una solicitud de servicio al proveedor de inmediato.
3. Si es programable o normal, revisa el historial de la unidad y programa la fecha del servicio. Se crean 3 copias. Una copia se archiva en mantenimiento para registrarla los datos de planificación, y otras dos se entregan al conductor.
4. El conductor lleva la unidad al taller donde entregar la solicitud de servicio al proveedor, el cual terminado el trabajo genera su informe de costo. La otra copia queda para el conductor para su control.
5. El proveedor de servicios realiza la inspección y reparación correspondiente comunicando la actividad realizada, y llama al conductor el cual busca la

unidad, verifica la calidad del servicio y recibe copia de la orden e informe de costo del proveedor con los datos de control. El conductor llena la evaluación del servicio y entrega a mantenimiento los documentos respectivos.

6. El Ingeniero registra los datos de control, hace la requisición correspondiente y guarda los soportes en la carpeta de la respectiva unidad.

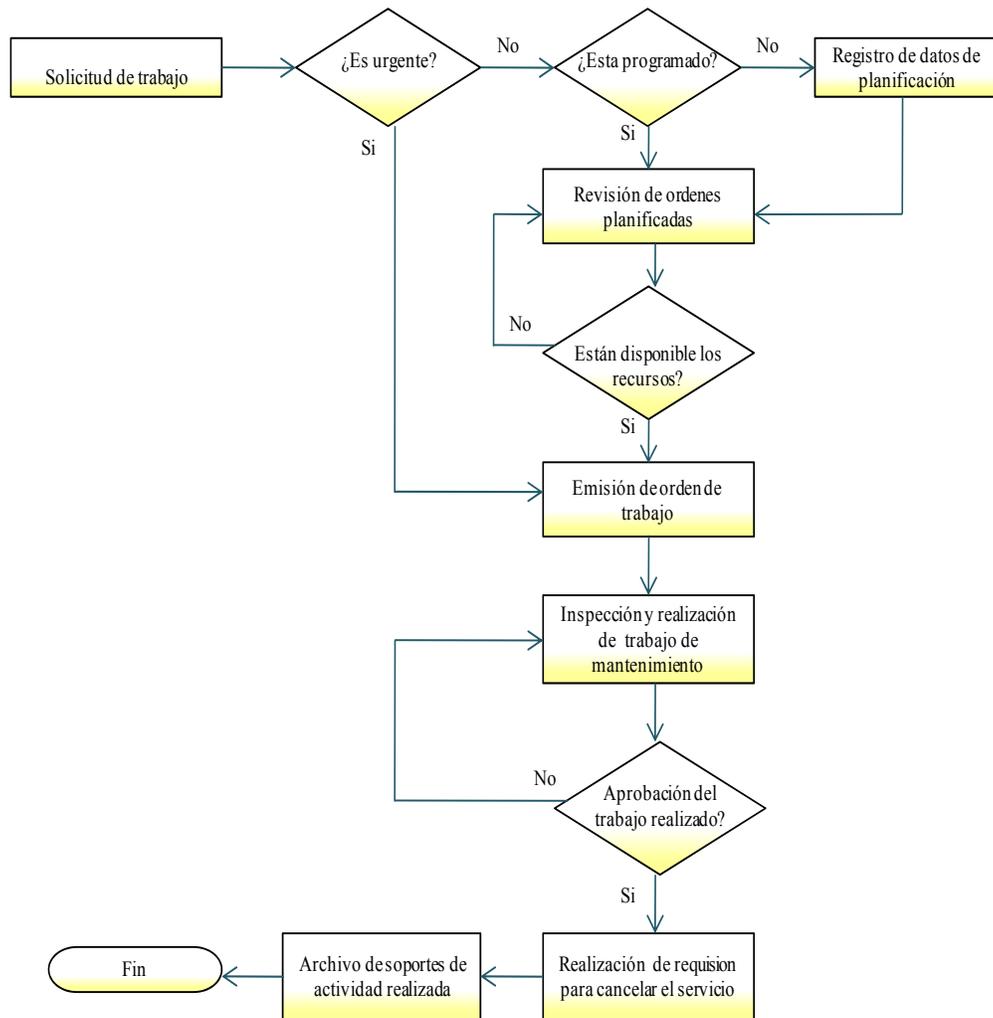


Figura 8. Flujo de información de la orden de trabajo

5.2 Organización del mantenimiento preventivo

El programa de mantenimiento preventivo constituye la sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir las fallas de las unidades vehiculares. Para su elaboración es necesario registrar los equipos a mantener, describir las actividades de mantenimiento que se deben realizar en cada equipo, así como especificar la frecuencia del mismo, para luego elaborar el plan estratégico que permitirá realizar el mantenimiento durante un tiempo determinado.

5.2.1 Registro de los equipos a mantener

Fue necesario diseñar ficha técnicas para recolectar información de las unidades vehiculares y formar un inventario de las unidades a mantener. Las fichas tienen información de la unidad, especificaciones de componentes e indicaciones para la lubricación. En el anexo B, figura B-2, se muestra el diseño realizado para el sistema de gestión.

5.2.2 Descripción de las actividades de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento son las acciones que se deben realizar en las unidades con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que provocan la paralización de las unidades.

Anteriormente las actividades de mantenimiento se orientaban sólo a el cambio de aceite y filtro, sin embargo esto no es suficiente para evitar el desgaste progresivo de las unidades, es por ello que con la ayuda de los manuales del fabricante así como del personal encargado de mantenimiento, se logro describir la actividades necesarias para retardar las fallas en los vehículos que pueden ser ejecutadas en base a la política

de la empresa y luego se clasificaron estas actividades en base a los subsistemas que conforman la unidad vehicular.

En la tabla 7 se puede observar un ejemplo con las actividades de mantenimiento preventivo especificadas para el motor.

Tabla 7. Actividades de mantenimiento preventivo especificadas para el motor

Código	Sistema	Componente	Actividad	Frecuencia
mp-001	Motor	Aceite de motor	Reemplazar	5.000 km
mp-002		Filtro de aceite	Reemplazar	5.000 km
mp-003		Filtro de aire	Revisar y limpiar (reemplazar si es necesario)	10.000 km
mp-004		Filtro de gasolina	Reemplazo	10.000 km
mp-005		Correa de accesorios	Inspeccionar	10.000 km
mp-006		Motor	Limpieza interna del motor (opcional)	25.000 km/
mp-007		Inyectores	Limpieza de inyectores (opcional)	25.000 km
mp-008		Bujías	Limpiar y calibrar	40.000 km
mp-009		Bujías	Inspeccionar	40.000 km
mp-010		Correa de accesorios	Reemplazar	100.000 km

Fuente: elaboración propia

5.2.3 Programación y plan estratégico de mantenimiento.

Con la información anterior se realizó la programación estratégica de mantenimiento en un intervalo de 100.000 km, del cual se generara las órdenes de mantenimiento preventivo y así planificar las actividades y controlar el costo de las mismas. Ver anexo B, figura B-4.

5.2.4 Modelo de inspección.

Una de las bases del mantenimiento preventivo es la inspección visual. En lugar de usar listas de chequeo de memoria, se facilita esta actividad con un formato de inspección visual de mantenimiento.

Actualmente se cuenta con un formato que es manejado por el departamento de QHSE que involucra también al conductor asignado, los cuales tienen la responsabilidad de inspeccionar trimestralmente su vehículo junto con el mecánico y reportar al departamento de mantenimiento cualquier inconformidad para programar la acción requerida. Ver anexo B, figura B-5.

5.3 Establecimiento de índices de mantenimiento

Con los índices de mantenimiento se obtienen medidas representativas de la eficiencia y eficacia del proceso de mantenimiento, que nos permiten monitorear y evaluar los resultados del mantenimiento aplicado.

De acuerdo al diagnóstico se propone desarrollar el sistema de indicadores basado en la clasificación de su objetivo dentro del sistema de mantenimiento:

5.3.1 Índices asociados al comportamiento de los equipos y sistemas

Nombre: tiempo promedio para fallar

- Objetivo: medir el efecto de la gestión de mantenimiento en la salud de los vehículos.
- Fuente de información: registros de fallas de las unidades y datos de las actividades ejecutada (orden de trabajo).

- Comportamiento de los valores en el tiempo: los valores deberían aumentar lo que indica que las fallas han disminuido y por lo tanto el tiempo entre fallas es mayor.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

5.3.2 Indicadores asociados a mediar la calidad de los trabajos y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento.

Nombre: cumplimiento del mantenimiento preventivo

- Objetivo: medir la planificación y ejecución de las actividades del plan de mantenimiento.
- Fuente de información: programa de mantenimiento preventivo y datos de las actividades ejecutadas (orden de trabajo).
- Comportamiento de los valores en el tiempo: los valores deben seguir una tendencia a alcanzar el 100 % de cumplimiento o acercarse de manera significativa.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

Nombre: índice de rechazo de unidades reparadas

- Objetivo: medir la calidad de servicio de los proveedores
- Fuente de información: datos de calificación del trabajo emitida por el conductor y el número de servicios realizados (orden de trabajo).
- Comportamiento de los valores: los valores deben poseer una tendencia a cero, es decir bajo número de inconformidades.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

Nombre: índice de trabajos por prioridad

- Objetivo: tener un estimado del tipo de mantenimiento que se solicita con más frecuencia.
- Fuente de información: prioridad asignada al trabajo y el total de ordenes emitidas (orden de trabajo).
- Comportamiento de los valores: los valores deben indicar aumento en la frecuencia de órdenes programadas y una disminución progresiva de las órdenes de emergencia.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

5.3.3 Indicadores de costo asociados a la gestión de mantenimiento

Nombre: índice de costo de mantenimiento preventivo

- Objetivo: estimar el costo del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.
- Fuente de información: costo de trabajos ejecutados originados del plan de mantenimiento (orden de trabajo).
- Comportamiento de los valores: los valores se estiman sean más o menos constantes y se acerque al valor previamente calculado para la ejecución del plan de mantenimiento.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

Nombre: índice de costo de mantenimiento correctivo

- Objetivo: estimar el costo del mantenimiento correctivo.

- Fuente de información: costo de trabajos para reparación de fallas (orden de trabajo).
- Comportamiento de los valores: los valores deberían disminuir, lo que representa que el plan de mantenimiento está dando resultado.
- Frecuencia de medición: se recomienda un intervalo de tiempo trimestral.

5.4 Requerimientos de información de los usuarios

Para la determinación de estos requerimientos se realizaron entrevistas abiertas a los usuarios que participan directamente en el mantenimiento. De esta forma se comprendió que información del sistema necesitan para llevar a cabo sus actividades eficientemente.

Esto constituyó el primer acercamiento a las características de programación y funciones que se debe desarrollar para que el sistema de información pueda apoyar los procesos anteriormente descritos y mejorar la experiencia del usuario. En la tabla 8 se reseña brevemente los resultados más significativos de las entrevistas realizadas.

Tabla 8. Requerimientos de los usuarios del sistema

USUARIO	OBSERVACION	RESPUESTA DEL SISTEMA
Superintendente	Tener a la mano los datos y especificaciones generales de las unidades en físico.	Un modulo que contenga las características técnicas de las unidades con su respectiva imagen con opción a imprimir.
	Tener a la mano los datos del personal que tiene asignado la camioneta de modo que pueda ser ubicado.	Pantalla de historial de la unidad con los datos del personal asignado con opción a imprimir. Opción de editar y registrar un nuevo personal asignado ya que son rotativas.
	Tener a la mano las últimas actividades de la unidad en la última revisión	Mostrar historial de las actividades ejecutadas en el equipo.
Ingeniero de Mantenimiento	Control de las revisiones que se han solicitado.	Un modulo de control de revisiones que indique quien solicito la revisión, fecha, contenido y costo. Mostrar avances del programa, así como indicar unidades con retraso o incumplimiento de los mismos.
Ingeniero de Mantenimiento	Controlar el costo de revisión por unidad	Mostrar grafico que relacione el costo de las revisiones de la unidad. Anexar opción de ver los costos por clase de mantenimiento (correctivo y preventivo)
	Tener a la mano información sobre proveedores	Un modulo con los datos de proveedores. Permitir realizar una clasificación del proveedor dependiendo de la calidad del servicio realizado
	Cuando va una unidad a revisión registrar la causa y la actividad que se ejecuto para repararla y que permita obtener la data para analizarla	Modulo de confiabilidad, para registrar las fallas y modulo para solicitar orden de servicio para su reparación. Permitir exportar datos a Excel para hacer análisis de confiabilidad
Conductor	Historial actualizado de la unidad para saber las últimas revisiones realizada	Modulo de historial de revisiones por unidad
	Notificación del programa de mantenimiento para estar al día con las revisiones	Modulo de mantenimiento preventivo con el programa de las actividades

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO VI

DISEÑO DEL SISTEMA LÓGICO

Luego de obtener los requerimientos de información y establecer estrategias de planificación y control, el siguiente paso consiste en diseñar el sistema de información que auxilie al personal en el manejo de estos mecanismos.

En este capítulo se describen las características fundamentales del diseño lógico, donde se define la entrada, procesamiento, almacenamiento y salida de la información que requiere cada proceso para que la ingeniera de software pueda crear las soluciones apropiadas y cubrir los requerimientos de operación del diseño.

6.1 Diseño de los procesos del sistema de información:

Para realizar el diseño lógico del sistema fue necesario obtener un panorama general de las entradas, procesos y salidas que el sistema estará en capacidad de hacer en base a los requerimientos descritos anteriormente. Para ello se utilizó una técnica de análisis estructurado llamada diagrama de flujo de datos que fue de utilidad para entender cómo se mueven los datos en el sistema y los procesos o transformaciones que sufren los datos. Ver anexo C.

En el flujo de datos se definieron siete procesos básicos. Los primeros seis se describieron mediante flujograma y se indican los formatos para el manejo y control de la información. Estos formatos fueron diseñados algunos en el capítulo 5 y otros ya existan pero se formalizaron para el mantenimiento de vehículos como es el caso del reporte de incidente. En el séptimo proceso se describió la forma de aprovechar

los datos almacenados en las bases de datos generadas por los procesos anteriores para el cálculo de los índices de desempeño.

▪ *Diagrama del proceso de registro de vehículos*

El proceso de registro se inicia con la adquisición de un vehículo o la decisión de incluirlo como objeto de mantenimiento. Los datos de entradas son las características básicas del vehículo extraídas de las fichas técnicas. Estos datos se almacenan en una tabla llamada “BD Vehículos” que forma parte del diseño de la base de datos que será explicada más adelante. Ver figura 9.

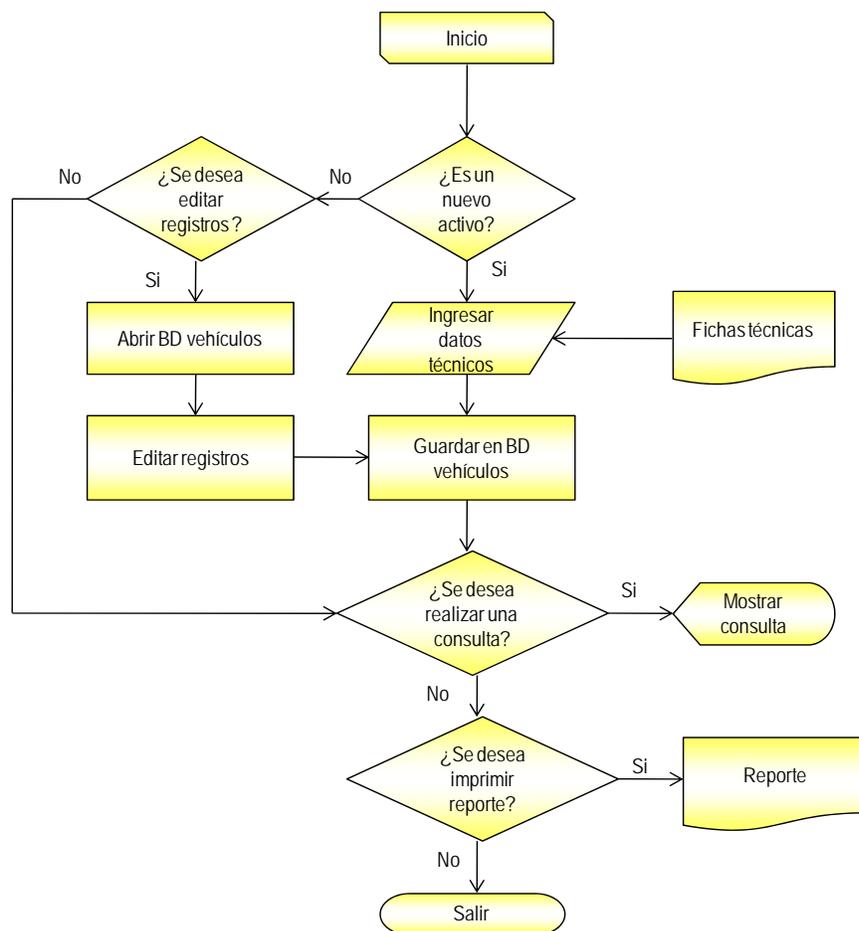


Figura 9. Descripción del proceso registro de vehículos

▪ *Diagrama del proceso de registro de conductores*

El sistema permite ingresar el registro de los datos de los conductores de los vehículos, reasignar estos y registrar la acción en un historial para ubicar el conductor de un vehículo en un determinado momento, si es requerida la información.

La información de salida consiste en la impresión o consulta de los conductores registrados. Ver figura 10.

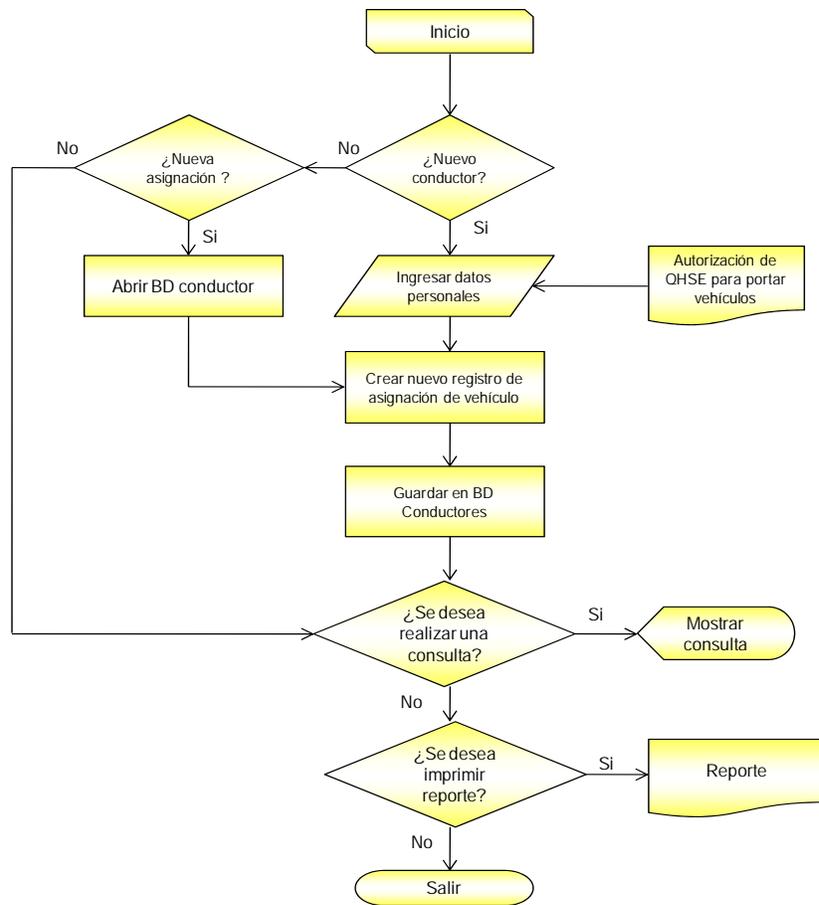


Figura 10. Descripción del proceso registro de conductores

- *Diagrama del proceso de registro de fallas y creación de ordenes de trabajo de mantenimiento correctivo*

El proceso se inicia con el reporte de una falla. Si está registrada se puede observar el status de la misma, en caso contrario se ingresa los datos y dependiendo de la prioridad se crea la orden para ejecución inmediata o se tiene la opción de ubicar luego en la base de datos el registro y crear la orden cuando se considere pertinente. El sistema imprime la orden de servicio que será entregada al taller y será almacenada como una orden abierta en el sistema hasta que se complete su ejecución. Ver figura 11.

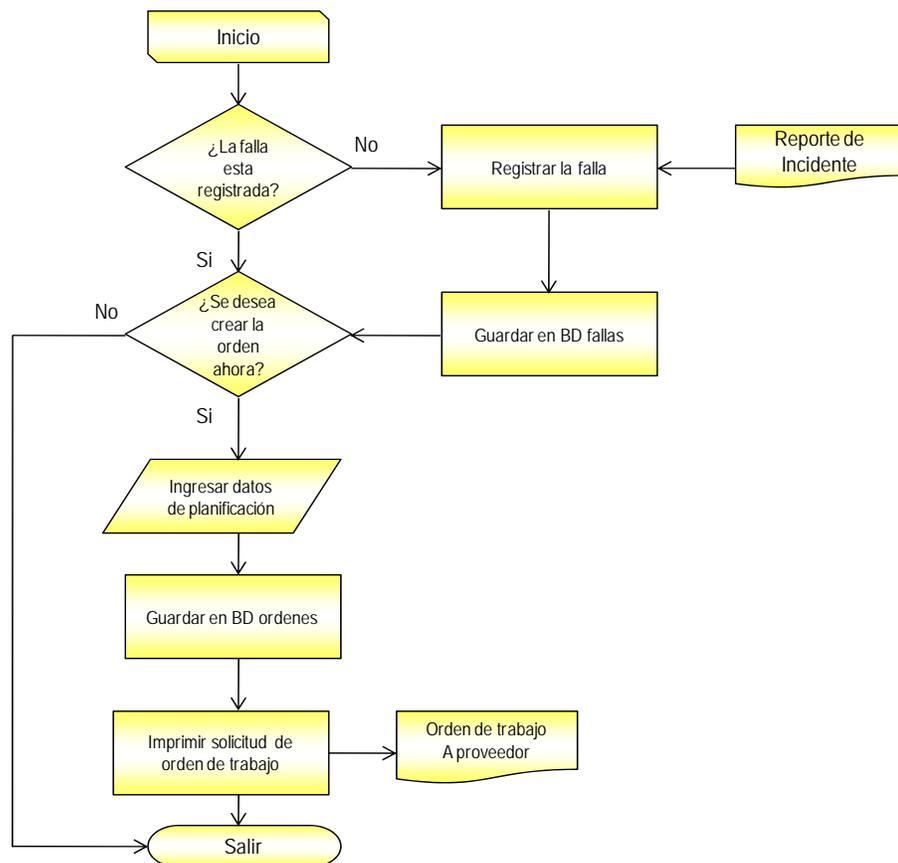


Figura 11. Descripción del proceso registro de fallas y creación de órdenes correctivas

- *Diagrama del proceso programación de actividades y creación de ordenes de mantenimiento preventivo*

Las actividades correspondientes al plan de mantenimiento se registran en el sistema y se programan para una fecha, el sistema emitirá una alarma días antes y permitirá observar las actividades programadas que están por vencer y si existe alguna vencida. Se crea la orden con los datos de las actividades programadas y se imprime la orden servicio que será entregada al taller. Esta última se guarda como una orden de trabajo abierta hasta que se complete su ejecución. Ver figura 12.

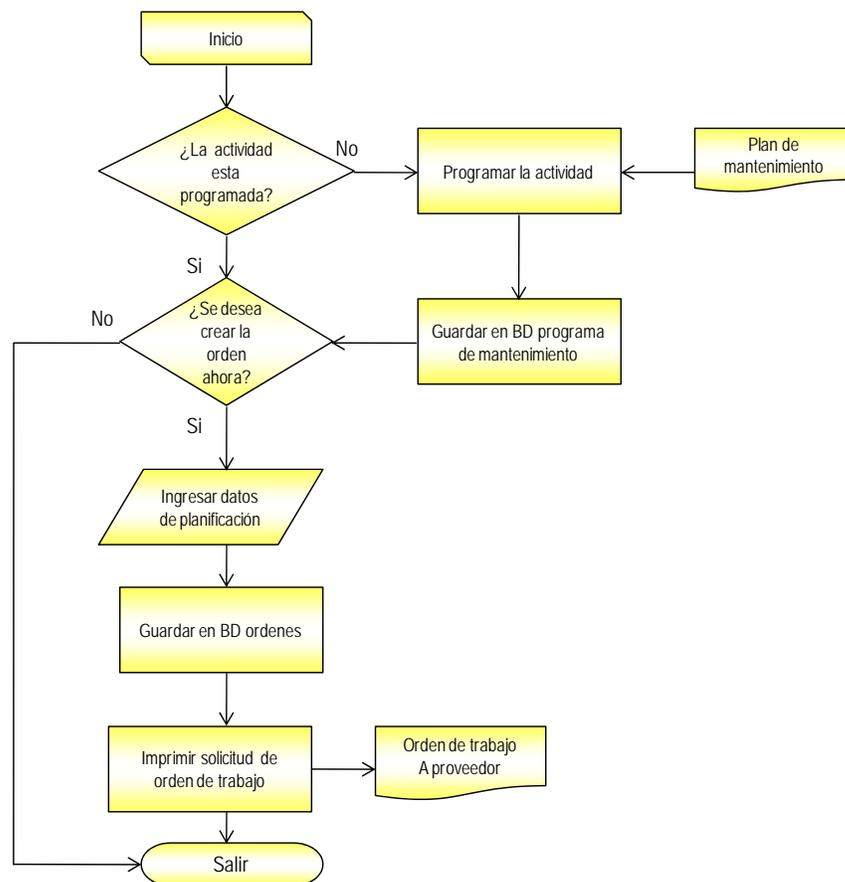


Figura 12. Descripción del proceso programación de actividades y creación de órdenes preventivas

- *Diagrama del proceso de registro de datos de ejecución de órdenes de trabajo.*

Cuando se completa la ejecución de la orden y se tiene el informe de la actividad realizada por el proveedor se busca en la base de datos el número de la orden correspondiente y se registran los datos restantes. Luego se guarda y se imprime la orden de servicio completa que será archivada en la carpeta del respectivo vehículo. Ver figura 13.

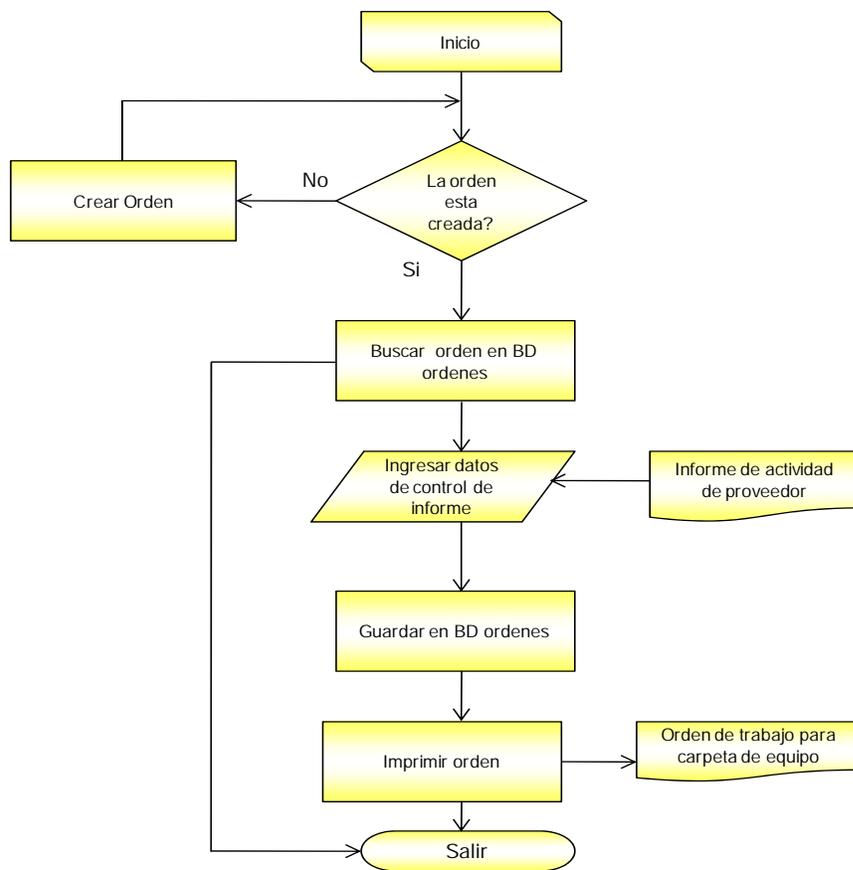


Figura 13. Descripción del proceso de registro de datos de ejecución

- *Diagrama del proceso de registro de proveedores*

El proceso se inicia con la opción de agregar los datos de un nuevo proveedor o actualizar los registros existentes. Estos datos son almacenados para cuando se requiera alguna información esta pueda ser ubicada fácilmente. Ver figura 14.

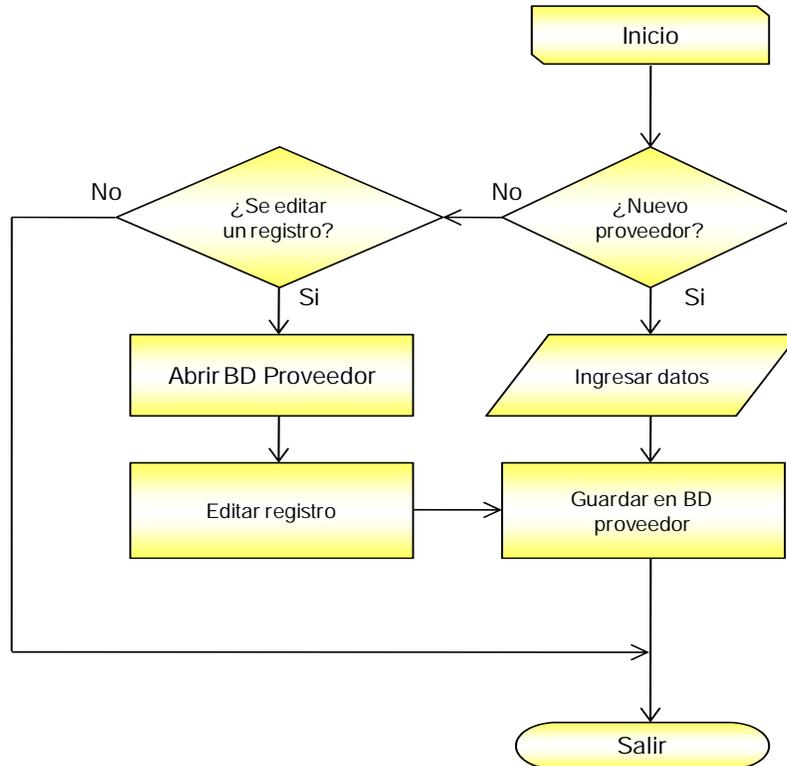


Figura 14. Descripción del proceso registro de proveedores

6.2 Descripción de las bases de datos

La introducción de los datos y la forma como estos son almacenados, juega un papel preponderante en la manipulación y facilidad de obtención de la información. En base al análisis de los flujogramas anteriores se estructuraron 6 tablas las cuales se mencionan a continuación:

- Tabla vehiculos. (ver tabla 9)
- Tabla conductores (ver tabla10)

- Tabla proveedores (ver tabla 11)
- Tabla ordenes (ver tabla 12)
- Tabla fallas (ver tabla 13)
- Tabla programa de mantenimiento (ver tabla 14)

En el diseño de cada tabla se definen los nombre de los campos, tipo de datos, origen, así como un código de identificación única para facilitar la descripción de los procesos de obtención de los índices. Las tablas tienen la característica en común de tener tantos registros como vehículos, conductores, proveedores, reportes de fallas, y órdenes se generen.

En cada una de las tablas se indica también el campo clave principal, que permitirá evitará registrar dos veces el mismo ítem generando seguridad en las mismas.

Tabla 9. Tabla vehículos

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
veh1	matricula (clave principal)	Texto	Ficha técnica
veh2	modelo	Texto	Ficha técnica
veh3	marca	Texto	Ficha técnica
veh4	año	Numero	Ficha técnica
veh5	altura	Numero	Ficha técnica
veh6	ancho	Numero	Ficha técnica
veh7	peso vehicular	Texto	Ficha técnica
veh8	neumáticos	Texto	Ficha técnica
veh9	motor	Texto	Ficha técnica
veh10	aceite	Texto	Ficha técnica

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Tabla conductores

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
con1	n° de cedula (clave principal)	Texto	Conductor
con2	nombre	Texto	Conductor
con3	apellido	Texto	Conductor
con4	departamento	Numero	Conductor
con5	dirección	Numero	Conductor
con6	teléfono de casa	Numero	Conductor
con7	celular	Texto	Conductor
con8	vehículo asignado	Texto	Dpto. de Operaciones
con9	fecha de asignación	Fecha	Conductor

Fuente: elaboración propia

El origen de los datos puede responder a varias fuentes de información. La mayoría de los orígenes corresponden a formatos establecidos, como las fichas técnicas o el reporte de incidente, otros son obtenidos directamente de la fuente de información, por ejemplo el conductor o los proveedores. Alguna tiene como origen de datos renglones de tablas registradas como el caso del campo ord2 de la tabla 14, que extrae de la tabla 10 los datos de la matrícula.

Tabla 11. Tabla proveedores

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
pro1	rif (clave principal)	Texto	Proveedor
pro2	Nombre	Texto	Proveedor
pro3	Dirección	Texto	Proveedor
pro4	Ciudad	Numero	Proveedor
pro5	Estado	Numero	Proveedor
pro6	teléfono	Numero	Proveedor
pro7	nombre de contacto	Texto	Proveedor
pro8	celular de contacto	Texto	Proveedor
pro9	fecha de asignación	Fecha	Proveedor
pro10	Especialidad	Texto	Proveedor

Fuente: elaboración propia

En otros casos los datos son originados por el sistema previa programación del mismo, como los registros auto numérico y las opciones del selector, ejemplo de esto son las celdas rep6 en la tabla 15 que mostrará los sistema de los vehículos (sistema de frenos, suspensión, entre otros.).

Los campos de código ord3 hasta los de código ord 7, (ver tabla 12) tienen su origen en las solicitudes del trabajo generadas. El reporte de falla y la programación de las actividades son tomadas como solicitudes de trabajo. Por ejemplo si la orden es correctiva la fecha de la solicitud se tomara como la fecha que fue entregado el reporte de falla, y en caso que sea una orden preventiva la fecha de solicitud se tomará como la fecha que fue programado el trabajo.

Tabla 12. Tabla órdenes

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
ord1	n° de orden (clave principal)	Auto numérico	Opciones del sistema
ord2	Matricula	Texto	veh1
ord3	fecha de solicitud	Fecha	Solicitud
ord4	solicitado por	Texto	Solicitud
ord5	trabajo solicitado a proveedor	Texto	Solicitud
ord6	Clasificación	Texto	Solicitud
ord7	Prioridad	Texto	Solicitud
ord8	fecha de ejecución	Texto	Informe de proveedor
ord9	Trabajo realizado por proveedor	Texto	Informe de proveedor
ord10	Proveedor	Texto	Informe de proveedor
ord11	tiempo de la reparación	Numero	Informe de proveedor
ord12	calificación del trabajo	Texto	Conductor
ord13	costo total	Moneda	Informe de proveedor
ord14	Status	Texto	Opciones del sistema

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Tabla Fallas

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
rep1	n° de reporte (clave principal)	Numero	Reporte de incidente
rep2	fecha del reporte	Fecha	Reporte de incidente
rep3	reportado por	Texto	Reporte de incidente
rep4	descripción de la falla	Texto	Reporte de incidente
rep5	Matricula	Texto	Reporte de incidente
rep6	sistema afectado	Texto	Opciones del sistema
rep7	tipo de falla	Texto	Opciones del sistema

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Tabla Programa de mantenimiento

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
man1	código de actividad (clave principal)	Texto	Plan de mantenimiento
man2	descripción de actividad	Texto	Plan de mantenimiento
man3	frecuencia de actividad	Texto	Plan de mantenimiento
man3	fecha de programación	Fecha	Programa de mantenimiento

Fuente: elaboración propia

Para complementar el diseño de la base de datos, se desarrollo un prototipo de características seleccionadas, que se refiere a un modelo funcional que incluye algunas pero no todas las características que tendrá el sistema final.

El prototipo se desarrolló en Access 2007 y permitió comprobar la funcionalidad de la base de datos diseñada así como corregir errores de diseño y estructura. Los datos fueron cargados en las tablas y se realizo una corrida de tres meses de duración, donde se cumplió con las expectativas y requerimientos de almacén de datos que se señalaron en el capítulo 5.

En la figura 15 se muestra como ejemplo el diseño de la tabla BD vehículos donde se puede apreciar las propiedades y características del diseño.

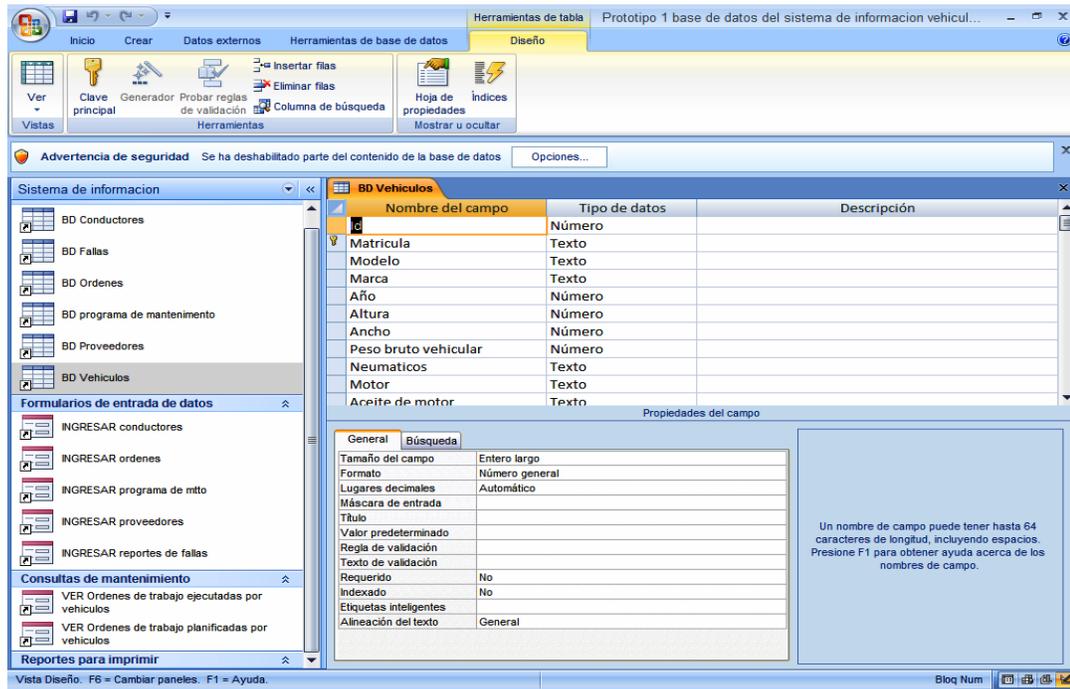


Figura 15. Vista de diseño de tabla BD vehículos Access 2007

La base de datos se construyó como una base de datos relacional, en la figura 16 se observa el diagrama entidad-relación que muestra las tablas creadas y su relación.

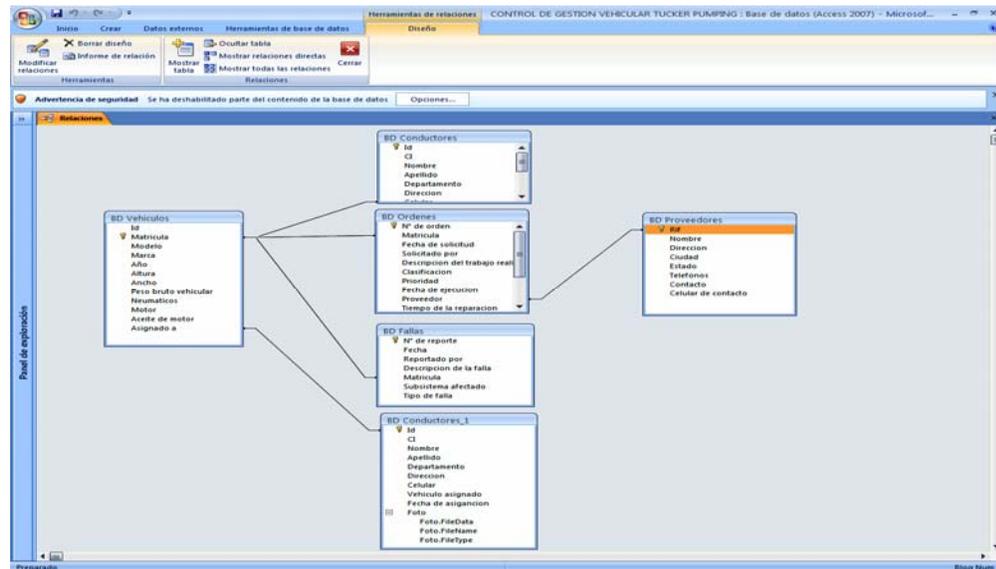


Figura 16. Vista de diagrama entidad-relación Access 2007

6.3 Descripción del proceso de generación de los índices de desempeños a partir de la base de datos

Para que el sistema este en capacidad de generar los indicadores deseados, es necesario evaluar cuidadosamente las características de los datos que se necesitan, su ubicación y el procedimiento de cálculo. Para esto se definió primeramente la ecuación matemática que regirá el comportamiento de los valores y luego se hizo referencia a la ubicación y proceso de obtención de cada una de las variables asociadas al indicador de gestión.

El tiempo definido para su cálculo es trimestral, por lo tanto se le indicara al programador que tome como rango de valores los acumulados en ese tiempo.

6.3.1 Tiempo promedio para fallar

Para el cálculo de este indicador se contabilizarán todas las fallas reportadas en el lapso de tiempo establecido (un trimestre). Como los vehículos están en servicio constante, tomaremos un tiempo de operación referencial de 2160 horas lo que equivalen a 90 días de operación. Esto en la práctica no es cierto, ya que los vehículos se detienen por intervalos de tiempo irregulares que son difíciles de controlar y por ello se toma ese tiempo referencial.

Este indicador calcula el tiempo promedio para fallar de todos los vehículos objeto de mantenimiento cuyo cálculo obedece a la expresión matemática indicada. (Ver Ec. 18). Para su cálculo se debe programar el sistema para que cuente las celdas rep1 (ver tabla 12) generadas en el trimestre divididas entre el tiempo de operación fijado en 2160 horas (ver Ec. 19).

$$TPPF_{\text{Sistema}} = \frac{\text{Tiempo operado}}{\text{Nº de fallas en el tiempo operado}}$$

Ec.18 Cálculo matemático del TPPF sistema

$$TPPF_{\text{Sistema}} = \frac{\text{trimestre}}{\text{Contar rep 1 generado en el trimestre}}$$

Ec.19 Representación del proceso para calcular el TPPF sistema

La segunda arrojará el tiempo promedio para fallar de un vehículo en particular. Para su cálculo se debe programar el sistema para que cuente las celdas rep1 (ver tabla 12) generadas en el trimestre divididas entre el tiempo de operación fijado en 2160 horas. También se podrá calcular el TPPF por vehículo, siguiendo el mismo procedimiento con la diferencia que el sistema debe filtrar la información por matrícula y calcular solo los campos que coincidan con la condición establecida. (Ec.20 y 21).

$$TPPF_{\text{Matricula}} = \frac{\text{Tiempo operado}}{\text{N}^{\circ} \text{ de fallas de matricula en el tiempo operado}}$$

Ec. 20 Cálculo matemático de TPPF por matrícula

$$TPPF_{\text{Matricula}} = \frac{\text{trimestre}}{\text{Contar rep 1 generado en el trimestre si (rep5=matricula)}}$$

Ec. 21 Cálculo del sistema para TPPF por matrícula

6.3.2 Cumplimiento de mantenimiento preventivo

Para calcular este indicador se debe contar las celdas ord1 con las siguientes condiciones: ord6 “preventivo” y ord13 “cerradas” generadas en el trimestre, luego contar las celdas ord-1 solo con la condición ord6 “preventivo”, después programar la división de estos valores y multiplicar el resultado por 100 como se indica en las ecuaciones 22 y 23.

$$\% \text{ de cumplimiento de mantenimiento preventivo} = \frac{ODT (\text{preventivo cerradas})}{ODT (\text{preventivo creadas})} * 100$$

Ec.22 Cálculo matemático de % de cumplimiento de mantenimiento preventivo

$$\% \text{ de cumplimiento de mantenimiento preventivo} = \frac{\text{Contar celdas ord1 si (ord6=preventivo) y (ord13=cerrado)}}{\text{Contar celdas ord1 si (ord6=preventivo)}} * 100$$

Ec. 23 Cálculo del sistema para % de cumplimiento de mantenimiento preventivo

6.3.3 Índice de rechazo de unidades reparadas

Para calcular este índice se debe hacer referencia a los campos de la celda ord12 de la tabla ordenes, donde el conductor califica de conforme o inconforme el trabajo realizado. Se debe contar las celdas ord12 entre el total de órdenes generadas, dividir estos valores y multiplicar luego por cien. Ec. 24 y 25.

$$\% \text{ de rechazos} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordenes no conformes}}{\text{N}^\circ \text{ de ordenes cerradas}} * 100$$

Ec.24 Cálculo matemático de Índice de rechazo de unidades reparadas

$$\% \text{ de rechazos} = \frac{\text{Contar celdas ord1 si (ord12=no conforme)}}{\text{Contar celdas ord1 si (ord14=cerrado)}} * 100$$

Ec. 25 Cálculo del sistema para Índice de rechazo de unidades reparadas

6.3.4 Índice de trabajos por prioridad

Este indicador de gestión se calcula en base a los valores de la celda odr7. En el capítulo 5 se establecieron las prioridades de las órdenes como emergencia, programable y normal. Este procedimiento consiste en contar primero las órdenes de trabajo cerradas por prioridad, por ejemplo todas las órdenes cerradas de emergencia. Luego se cuentan todas las órdenes cerradas, se dividen estos valores y se multiplica el resultado por cien. De esta manera se obtendrán similarmente tres indicadores % de Orden de trabajo emergencia, % de Orden de trabajo normal y % de o programable. (Ec. 26 y 27).

$$\% \text{ de Orden de trabajo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordenes cerradas por prioridad}}{\text{N}^\circ \text{ de ordenes cerradas}} * 100$$

Ec.26 Cálculo matemático de Índice de trabajo por prioridad

$$\% \text{ de Orden de trabajo} = \frac{\text{Contar celdas ord1 si (ord7=prioridad)}}{\text{Contar celdas ord1 si (ord14=cerrado)}} * 100$$

sistema para Índice de trabajo por prioridad

6.3.5 Índice de costo de mantenimiento preventivo

Este indicador mide el costo de mantenimiento preventivo respecto al costo de mantenimiento total. Se calcula con las celdas odr13, donde se almacena el costo total de las órdenes. Su procedimiento sería sumar las celdas odr13 siempre y cuando sean

ordenes de mantenimiento preventivo es decir odr6 igual a “preventivo”, sumar todas las celdas odr13, dividir este valor y luego multiplicar por cien para obtener el porcentaje deseado. (Ec. 28 y 29).

$$\% \text{ de costo de mantenimiento preventivo} = \frac{\text{Costo de ODT preventivo}}{\text{Costo total de ODT}} * 100$$

Ec.28 Cálculo matemático de costo de mantenimiento preventivo

$$\% \text{ de costo de mantenimiento preventivo} = \frac{\text{Sumar odr13 si(odr6="preventivo")}}{\text{Sumar odr13}} * 100$$

Ec. 29 Cálculo del sistema para costo de mantenimiento preventivo

6.3.6 Índice de costo de mantenimiento correctivo

Es el mismo procedimiento anterior solo que odr6 tiene que ser igual a “correctivo”. (Ec. 30 y 31).

$$\% \text{ de costo de mantenimiento correctivo} = \frac{\text{Costo de ODT correctivo}}{\text{Costo total de ODT}} * 100$$

Ec.30 Cálculo matemático de costo de mantenimiento correctivo

$$\text{mantenimiento correctivo} = \frac{\text{Sumar odr13 si(odr6="correctivo")}}{\text{Sumar odr13}} * 100$$

sistema para costo de mantenimiento preventivo

Estos valores calculados pueden almacenarse por trimestres en una tabla llamada Tabla indicadores, para ser utilizada luego en análisis estadísticos que ayuden a modelar el comportamiento de los mismos en los últimos años de operatividad. Ver tabla 15.

Tabla 15. Tabla indicadores

Código	Nombre del campo	Tipo de dato	Origen de datos
Ind1	trimestre/ año (ejemplo: 01-2008) (clave)	Texto	Entrada manual
Ind2	tiempo promedio para fallar	Numero	Calculo del sistema
Ind3	cumplimiento de mtto preventivo	Numero	Calculo del sistema
Ind4	índice de rechazo de unidades reparadas	Numero	Calculo del sistema
Ind5	índice de trabajos por prioridad	Numero	Calculo del sistema
Ind6	índice costo de mtto preventivo	Numero	Calculo del sistema
Ind7	índice costo mtto correctivo	Numero	Calculo del sistema

6.4 Definición y características generales del sistema de mantenimiento vehicular

Una vez que se han desarrollados los procesos, las tablas y los índices de gestión, debe elegirse la forma en que estos datos serán presentados para su consulta en la computadora.

La presentación del sistema se estructuró en 4 módulos, cada uno de los módulos se divide a su vez en sub- módulos, los cuales fraccionan la información y hacen más fácil la organización y acceso a la misma. Ver figura 17.

- *Modulo 1: Administración del equipo*

Contiene información relativa de los vehículos objetos de mantenimiento, a través del cual se podrá apreciar información como: especificaciones técnicas de los vehículos, historiales de mantenimiento, conductores asignados y proveedores registrados.

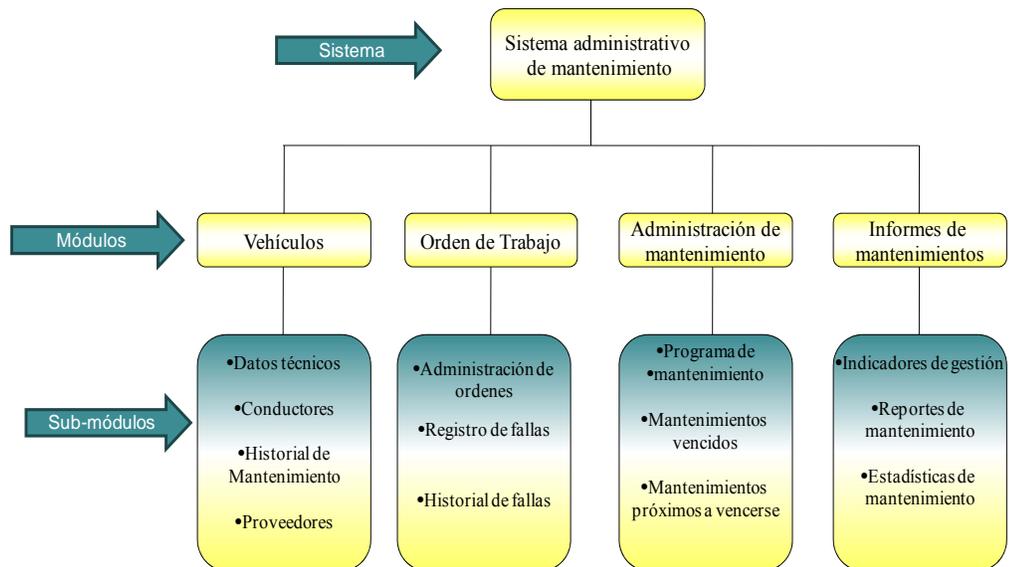


Figura 17. Estructura del sistema administración de mantenimiento

▪ *Modulo 2. Administración de órdenes de trabajo*

A través de este modulo se administran las ordenes de mantenimiento, tanto correctivas como preventivas. También se canalizan las fallas y se realiza el seguimiento de la ejecución de la actividad, registrando los datos correspondientes. Las órdenes de mantenimiento preventivo se crean a partir de la programación de mantenimiento incluido en el modulo siguiente: administración de mantenimiento preventivo.

▪ *Modulo N° 3. Administración de mantenimiento preventivo*

A través de este modulo se podrá cargar el plan de mantenimiento de los vehículos y programarlo trimestralmente. El sistema emitirá una alerta para los mantenimientos vencidos y próximos a vencerse en base al programa establecido.

- *Modulo N° 4. Informes de desempeño*

Este modulo contiene el comportamiento de los indicadores de gestión, y los resúmenes trimestrales que evidencian el resultado de la gestión aplicada. En este módulo se visualiza el valor de los indicadores establecidos y su cálculo se hará según la frecuencia estipulada y se mostraran al final de ese lapso de tiempo, si no ha culminado mostrara el anterior. Se mostrará las tendencias de los indicadores en los últimos trimestres, graficando su comportamiento para una mejor interpretación.

6.5 Propuesta de diseño para las vistas de pantalla del sistema

Como pantalla de inicio se propone la vista de la figura 18, donde además de la bienvenida al sistema se muestra las opciones de seguridad, donde los usuarios autorizados deben ingresar su clave para tener acceso.

Al entrar al sistema se observa la vista del menú donde se muestran los módulos del sistema antes descritos y un resumen que muestra una alerta de las actividades vencidas, próximas a vencerse, ordenes de trabajo abiertas y reportes de fallas que aun no tiene orden de trabajo creada. Ver figura 19.

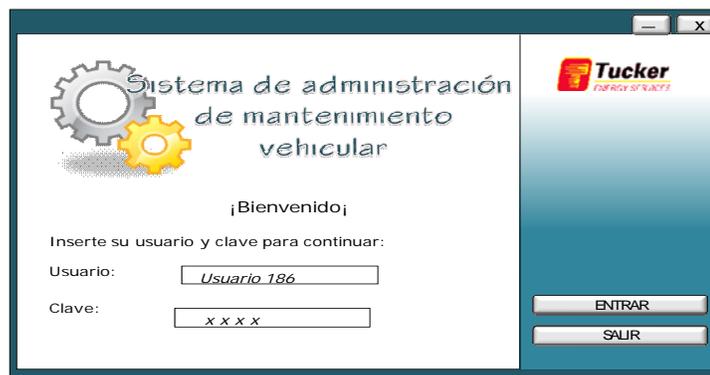


Figura 18. Pantalla de inicio del sistema de administración de mantenimiento vehicular

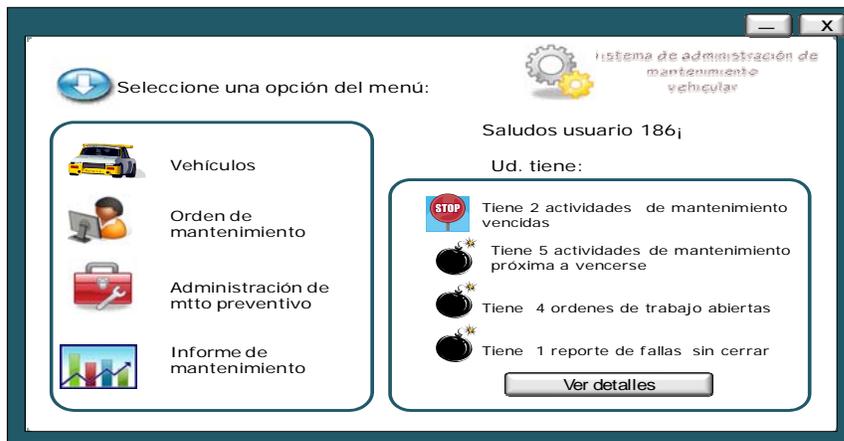


Figura 19. Pantalla de menú de inicio del sistema de administración de mantenimiento vehicular

Al seleccionar cualquiera de las 4 opciones del menú, se despliegan en lado derecho los sub-módulos de cada uno definidos en la figura 18. En la figura 20 se puede observar una representación de cómo se mostrarían los sub-módulos al seleccionar el modulo vehículos.

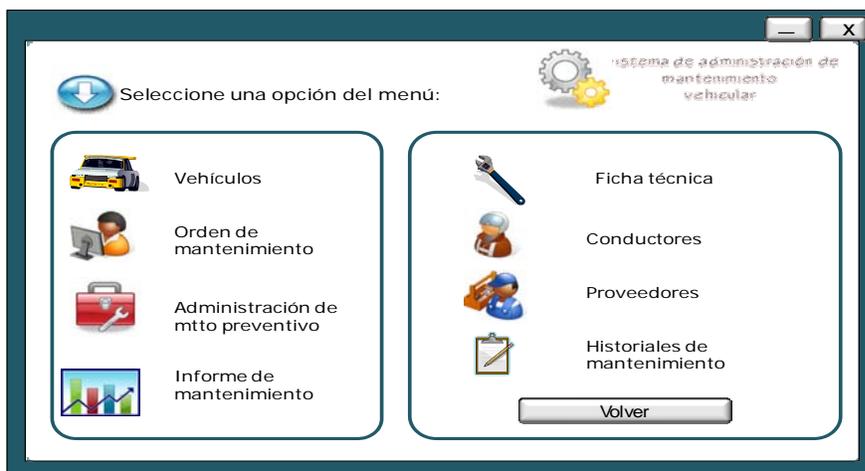


Figura 20. Pantalla de visualización de sub- módulos del sistema de administración de mantenimiento vehicular

De manera similar se manipularían las demás pantallas para visualizar las opciones de los sub-módulos, las cuales se dejaron a criterio del programador, quien

en base a la estructura lógica de los datos y su experiencia podrá realizar la mejor configuración para que la presentación de la información sea amigable al usuario.

Una vez finalizado el diseño lógico del sistema de información, el siguiente paso consiste en programar el sistema con un lenguaje adecuado, hacer los ajustes y pruebas correspondientes del software para hacer entrega del sistema, acciones que estarán a cargo de un programador de sistema.

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN ECONOMICA

La evaluación económica para analizar proyectos de inversión se basa normalmente en el análisis de los ingresos y los egresos relacionados, con el fin de determinar si son suficientes para retribuir adecuadamente el capital.

En el siguiente capítulo se estimará la rentabilidad del proyecto y se evaluará el riesgo económico de la inversión.

7.1 Implantación y ejecución del sistema de información.

Para determinar los costos de implantar el sistema diseñado fue preciso establecer y definir todas las etapas del proyecto así como especificar la duración en meses que se estima de las mismas. Como se observa en la figura 21 las tres primeras etapas ya fueron ejecutadas y constituyen el contenido del presente trabajo. Las etapas restantes se describen brevemente a continuación:

7.1.1 Desarrollo del software

El software será desarrollado por un programador contratado por la empresa para tal fin, el cual realizará su trabajo en dos fases a saber: desarrollo y documentación del software y prueba y mantenimiento de sistema.

7.1.2 Implementación del sistema y adiestramiento del personal

En esta etapa se informa y adiestra el personal en los nuevos procedimientos de planificación y control, mediante la impresión y distribución de boletines informativos, así como breves presentaciones para explicar los nuevos procedimientos.

7.1.3 Implantación de los planes de mantenimiento

El software por sí solo, no traerá los beneficios esperados ni solucionará los problemas que se detectaron en las etapas iniciales del proyecto. Es necesario aplicar los mecanismos de planificación y control diseñados. El plan de mantenimiento preventivo merece atención especial ya que es la herramienta que compromete la mayor cantidad de recursos. Su ejecución permitirá obtener los beneficios tangibles del sistema de información.

Etapas de diseño e implantación de sistema de información vehicular	EJECUTADO				POR EJECUTAR																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Estudio de la situación actual	■																				
Requerimientos de información		■																			
Diseño del sistema lógico			■	■																	
Desarrollo del software						■	■														
Pruebas y mantenimiento del software							■														
Implantación y adiestramiento								■	■												
Ejecución de plan de mantenimiento										■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 21. Diagrama de Gantt de etapas de diseño del sistema

7.2 Estimación de costos para la implantación del sistema de información.

La estimación de costos del plan de mantenimiento se desarrolló utilizando información histórica de costos de actividades similares recientes, donde se encontró

información de los costos de mano de obra y materiales de los proveedores encargados del mantenimiento de los vehículos.

En el caso del software se consultó la opinión de varios expertos en las técnicas de desarrollo propuestas. Cada uno de ellos estimó el costo del proyecto y fueron comparados hasta que se acordó una cantidad según el tamaño y complejidad del sistema. Ver tabla 16.

Tabla 16. Costos estimados de la implantación del sistema de información

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Sub-total (Bs.)
Recursos de ingeniería				
Pasante de ingeniería industrial	meses	6	234.70	1,408.20
Programador de software	meses	4	3,000.00	12,000.00
Consumibles (papel, cartuchos, bolígrafos, etc.)				
Consumibles varios	meses	12	95.00	1,140.00
Plan de mantenimiento anual				
Servicios de mano de obra	trimestre	4	6,382.13	25,528.50
Materiales necesarios	trimestre	4	17,214.12	68,856.48
TOTAL(Bs.)				109,073.18

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la capacitación para el manejo del software, el perfil de la persona encargada (Ingeniero de mantenimiento) cuenta con la competencia de manejo de programas bajo ambiente office, por lo cual no se consideró un adiestramiento aparte, y los recursos de hardware y software necesarios los posee la empresa con las características funcionales y operativas requeridas, por lo cual no fue necesaria una inversión en este rublo.

7.3 Determinación del flujo de caja

Para realizar la estimación del flujo de caja se estableció la inversión inicial en un estimado de lo que se espera recuperar en el período de un año a través de los

ahorros que traerá consigo la implantación del proyecto. Este se fijó en un 30% del costo anual de los materiales del plan de mantenimiento preventivo ya que de todos los costos este es el único que se deprecia, quedando la inversión inicial en 20,656.94 de bolívares. (Ver tabla 16).

7.3.1 Determinación del ahorro estimado

Para calcular el ahorro esperado por la implantación del sistema de información, se estimó la disminución de costos en mantenimiento correctivo, que representa el beneficio tangible ya que los beneficios intangibles han sido ampliamente expuestos en capítulos anteriores.

Para determinar este porcentaje, se utilizó la siguiente metodología:

Con ayuda del personal de mantenimiento se analizaron las fallas ocurridas en el lapso de un año, clasificándolas según su causa en fallas que no pueden ser prevenidas por ser imprevistas, y fallas que pueden ser prevenidas con el plan de mantenimiento propuesto, ya que este incluye inspección constante de componentes para monitorear su estado y un programa de remplazo y mantenimiento basado en la vida útil de los componentes y el kilometraje promedio de los vehículos. Ver tabla 17.

Tabla 17. Análisis de mantenimiento correctivo

Clasificación de fallas	Numero de fallas ocurridas	Costo de fallas ocurridas
Fallas que no pueden ser prevenidas	21	Bs 29,609.00
Fallas que pueden ser prevenidas	24	Bs 40,836.50
TOTAL	45	Bs 70,445.50

Fuente: elaboración propia

Los resultados mostraron que de 45 fallas registradas, 24 pueden ser prevenidas con el sistema de información propuesto, lo que representa una disminución de fallas de 53.33 % significando un ahorro anual de Bs. 40,836.50 equivalente a un ahorro trimestral de Bs. 10,209.13 Ver tabla 18.

Tabla 18. Resumen de resultados de análisis de historial de mantenimiento

Numero de fallas que pueden evitarse		24
Porcentaje de fallas que pueden evitarse	$\% = (24 * 100) \div 45$	53.33 %
Número de fallas promedio por trimestre que pueden evitarse en un año	Promedio= $24 \div 4$	6
Costo total de fallas que pueden evitarse		Bs 40,836.50
Costo promedio de una falla que puede evitarse	C. promedio= $40,836.50 \div 24$	Bs 1,701.52
Ahorro trimestral		Bs. 10,209.13

Fuente: elaboración propia

En la figura 22 se representa el flujo neto del proyecto que se realizó con los datos obtenidos anteriormente.

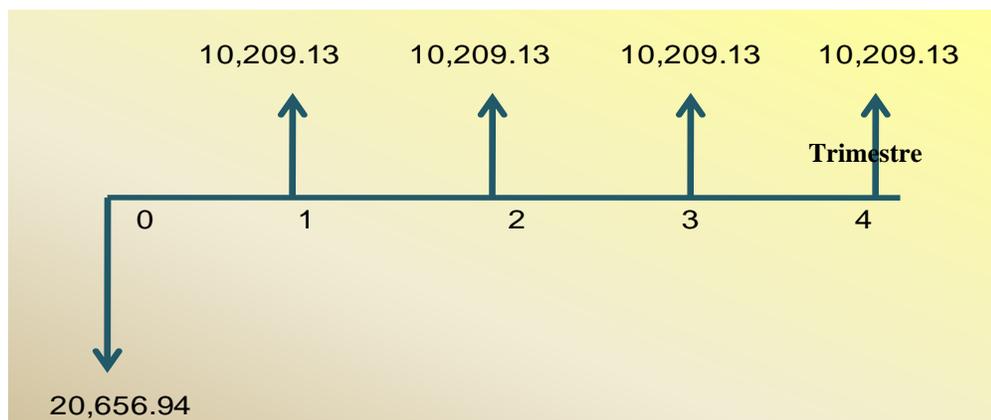


Figura 22. Representación del flujo de caja

7.4 Determinación de la rentabilidad del proyecto

A través del valor presente se actualizó el flujo de caja y se comparó con la inversión inicial para verificar la rentabilidad del proyecto.

7.4.1 Determinación de la tasa de interés (i)

Como la inversión se efectúa en una empresa privada, la misma empresa es quien determina el valor de la tasa de interés y esta dada generalmente por la dirección general de la empresa. Su valor está basado en el riesgo que corra la empresa en forma cotidiana en sus actividades productivas y mercantiles, el cual esta estableció en 10 % trimestral.

7.4.2 Calculo de valor presente (VP)

Una vez determinados los datos de inversión inicial, período, tasa de interés y flujo de efectivo neto para el proyecto a evaluar:

$$P = 20,656.94 \quad n = 4 \text{ (trimestre)} \quad \text{TMAR} = 10\% \quad \text{FNE} = 10,204.13$$

Se desarrolló la Ec.8 y se sustituyeron las variables por los datos:

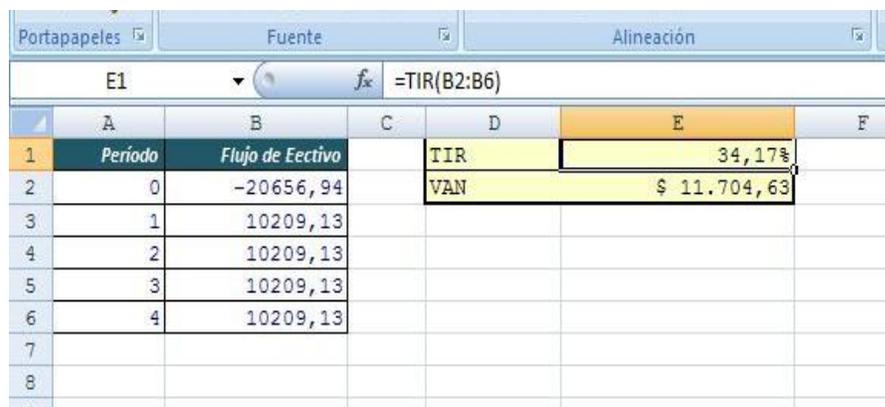
$$VP = 20,656.94 + \frac{10,209.13}{(1 + 0.10)^1} - \frac{10,209.13}{(1 + 0.10)^2} + \frac{10,209.13}{(1 + 0.10)^3} + \frac{10,209.13}{(1 + 0.10)^4}$$

$$VP = 11,704.63$$

Así se obtuvo el valor presente, el cual es mayor que 0 por lo que la inversión es económicamente rentable.

7.4.3 Determinación de la TIR (Tasa interna de retorno)

Para no utilizar el método de ensayo y error, se utilizó en la hoja de cálculo de Excel la fórmula =TIR (matriz que contiene los flujos de caja; valor estimado de la TIR), la cual proporciona este valor basado en la expresión Ec.9. Ver figura 23.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F
1	Período	Flujo de Eectivo		TIR	34,17%	
2	0	-20656,94		VAN	\$ 11.704,63	
3	1	10209,13				
4	2	10209,13				
5	3	10209,13				
6	4	10209,13				
7						
8						

Figura 23. Hoja de cálculo para estimar la TIR

$$TIR = 34.17\%$$

Basado en este análisis, si se quiere que el proyecto sea económicamente rentable, el interés debe estimarse por debajo de la TIR. La tasa de interés calculada para este proyecto es 10 %, por lo tanto es económicamente rentable ya que existe un margen considerable entre ambas tasas de interés.

7.5 Análisis de riesgo de la inversión propuesta

Para evaluar el riesgo de la inversión se decidió desarrollar la distribución de probabilidad del valor presente, tomando el flujo neto de efectivo como una variable aleatoria cuyo comportamiento se simuló mediante la distribución triangular simétrica, para obtener su media y varianza. Luego se obtuvo la media y varianza de

la distribución del valor presente, la cual fue aproximada a la distribución normal, y determinar así la probabilidad que el valor presente sea mayor que cero, si el flujo neto de efectivo no es constante. Para su cálculo fue necesario en primer término, definir algunos aspectos.

7.5.1 Determinación del flujo de efectivo probabilístico

Anteriormente se determinó el flujo de efectivo neto trimestral de 10,209.13 bolívares, equivalente al ahorro de 6 fallas (ver tabla 21). Sin embargo esto en la práctica tiene un espacio confiable reducido, ya que muchos factores externos contribuyen a que existan diferencias entre los flujos de efectivo de cada trimestre.

Sin embargo se puede estimar un rango aproximado de la variación de este valor, determinando lo que se denomina estadísticamente como desviación estándar del número de fallas por trimestre. En este caso la desviación estándar se estimó en 2 fallas, es decir que un trimestre se podrá ahorrar entre 4 fallas (estimación pesimista) y 8 fallas (estimación optimista), siendo 6 el valor más probable. Ver tabla 19.

Tabla 19. Flujos de efectivo triangular

Estimación	Nº Fallas	Flujo de efectivo (Nº de fallas * Costo promedio de falla)
Estimación pesimista (a)	4	Bs 6,806.08
Estimación probable (b)	6	Bs 10,209.13
Estimación optimista (c)	8	Bs 13,612.17
Desviación estándar	2	Bs. 3403.05

Fuente: elaboración propia

7.5.2 Cálculo de la media y la varianza del valor presente

Para calcular la media y varianza del valor presente, se construyó la tabla 20, cuyos valores se determinaron de la siguiente manera:

En la primera columna (A1) se colocaron los períodos definidos en el flujo de caja, (j) desde el período cero hasta el período 4.

En la segunda columna (A2) se calculó el factor (C_j) , en el cual se consideró una tasa de inflación (i_j) . Por ejemplo para el período 0, el factor le corresponde según Ec.15 el valor de -1. Para el período 1, se calculó de la siguiente manera:

Donde $j = 1$ $i_j = 15\%$ $i = 10\%$, sustituyendo se obtuvo:

$$C_1 = \frac{1}{(1 + 0.10)^1(1 + 0.15)^1}$$

$$C_1 = 0.79$$

En la tercera columna (A3) se coloca el valor de la media de los flujos efectivos probabilísticos (μ_j) . Para el período cero, no hay flujo de efectivo, por lo que se coloca el monto de la inversión inicial. Para el resto de los períodos se determinó con la Ec.11.

$$\mu_j = E(X) = \frac{a + c}{2} = b$$

$$\mu_j = E(X) = 10,209.13$$

En la cuarta columna (A4) se calcula el valor esperado del valor presente (E(VPN)), el cual se obtiene para el período 1 multiplicando la segunda columna con la tercera columna, de acuerdo a la Ec.16.

$$E(VPN)_1 = C_1 * E(X)$$

$$E(VPN)_1 = 0.79 * 10,209.13$$

$$E(VPN)_1 = 8,070.46$$

En la quinta columna (A5) el valor del factor C se eleva a la segunda potencia (C_j^2)

$$C_1 = (0.79)^2$$

$$C_1 = 0.62$$

En la columna sexta (A6) se determina la varianza del flujo probabilístico a través de la Ec. 12 (σ_j^2)

$$\sigma_j^2 = \text{VAR}(X) = \frac{1}{24} (6,806.08 - 13,612.17)^2$$

$$\sigma_j^2 = \text{VAR}(X) = 1,930,115,43$$

En la séptima columna (A7) se multiplica el valor de la quinta columna con el valor de la sexta, obedeciendo a la Ec.17 para obtener la varianza del valor presente (VAR (VPN)). Para el período 1 se tiene:

$$\text{VAR}(VPN)_1 = C_1^2 * \text{VAR}(X)$$

$$\text{VAR}(VPN)_1 = 0.62 * 1,930,115.93$$

$$\text{VAR}(VPN)_1 = 1,206,152.53$$

Así se calculó sucesivamente los valores para cada período y luego se realizó la sumatoria de los valores esperados y la varianza respectivamente.

Tabla 20. Valor esperado y varianza del valor presente

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
J	CJ	UJ	E(VPN)	CJ2	OJ2	VAR (VPN)
0	-1.00	20,656.94	-20,656.94	1.00	0.00	0.00
1	0.79	10,209.13	8,070.46	0.62	1,930,115.43	1,206,152.53
2	0.62	10,209.13	6,379.81	0.39	1,930,115.43	753,739.34
3	0.49	10,209.13	5,043.33	0.24	1,930,115.43	471,020.85
4	0.39	10,209.13	3,986.82	0.15	1,930,115.43	294,346.64
Suma total			2,823.47	Suma total		2,725,259.35

Fuente: elaboración propia

Para determinar la probabilidad que el valor presente sea mayor que cero, de acuerdo al teorema del límite central se procedió con la ecuación (Ec.13):

$$\begin{aligned}
 P\{VPN > 0\} &= P\left\{Z > \frac{0 - 2,823.47}{1,650.83}\right\} \\
 &= P\{Z > -1.71\}
 \end{aligned}$$

Luego se buscó el valor de $Z = -1.71$ en la tabla de distribución normal tipificada, al cual le correspondía una probabilidad de 0.9563. Por lo tanto, en las condiciones antes descritas, la implantación del sistema de información diseñado tiene 95.63% de probabilidad que el valor presente sea mayor que cero dentro del rango establecido para los F.N.E., y en consecuencia es económicamente rentable.

CONCLUSIONES

Una vez aplicado el instrumento de recolección de datos, procesados los mismos, y desarrollado la información, se obtuvieron resultados que permitieron presentar el siguiente conjunto de conclusiones:

1. En el diagnóstico operacional realizado al proceso de mantenimiento de la flota vehicular de la división de bombeo de la empresa Tucker Energy Services, se identificaron 13 modos de fallas de los cuales el 80 % tenían alta o media criticidad, siendo las causas principales la ausencia de procedimientos para planificar y controlar la gestión, la ausencia de herramientas computarizadas que faciliten y optimicen la transformación de los datos en información y ausencia de una organización formal para realizar el mantenimiento preventivo.
2. Los requerimientos de información obtenidos se resumieron en la necesidad de planificar y controlar las variables de la gestión de mantenimiento, así como implantar una herramienta computacional para apoyar las actividades donde la información pueda ser registrada y organizada, y así responder a las necesidades de información de los participantes del sistema.
3. Como mecanismos de planificación y control, se diseñó un sistema de orden de trabajo, planes de mantenimiento preventivo e indicadores de gestión, para sistematizar las actividades de mantenimiento y controlar sus resultados, también se estableció un nuevo procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento de la flota vehicular, permitiendo de esta manera la retroalimentación de la gestión.

4. Se establecieron las entradas, salidas, procesamiento y almacenamiento de un sistema de información computarizado llamado sistema de administración de mantenimiento vehicular, el cual está formado por 6 procesos principales y una base de datos con 6 tablas, cuya funcionalidad fue puesta en práctica a través de un prototipo de características seleccionadas en Access 2007 dando los resultados de operatividad esperados. Así mismo se indicó la sintaxis del sistema para programar automáticamente la generación de los índices de desempeños y se definieron los modelos y características generales del sistema, estableciendo las pautas para el diseño físico (software).

5. La implantación del sistema de información diseñado fue evaluado económicamente demostrando que el proyecto es rentable, con un valor presente de Bs.11.704, 63, (mayor que cero) y una TIR de 34% (mayor que la TMAR), cuyo análisis de riesgo arrojó un 95,63 % de probabilidad de que el valor presente sea mayor que cero, y en consecuencia que sea económicamente rentable, en las condiciones establecidas.

RECOMENDACIONES

1. Ejecutar de inmediato los mecanismos de planificación y control diseñados de acuerdo a los lineamientos planteados.
2. Crear el manual de mantenimiento de unidades livianas y documentar los procedimientos de mantenimiento vehicular establecidos.
3. Realizar reuniones constantes entre el personal de mantenimiento y el programador del software para constatar los avances, y dilucidar cualquier duda respecto al diseño físico del sistema que pueda generarse en el proceso.
4. Concientizar e instruir a los conductores de los vehículos acerca del cuidado y el apoyo que deben prestar al departamento de mantenimiento para conservar las unidades en buen estado, así mismo la importancia de seguir los procedimientos establecidos para reportar las fallas.

BIBLIOGRAFÍA

BACA, G. “Formulación y Evaluación de Proyectos Informáticos”. ed. Editorial Mc Graw Hill. México (2006).

BLANK, L. “Ingeniería Económica”, ed. Editorial Mc Graw Hill, Colombia (1999).

BRAVO, L. “Fundamentos de Mantenimiento de Planta”. (2008)

CANNITA, G. “Indicadores de Mantenimiento”. PDVSA. (1998)

COSS BU, R. “Análisis y evaluación de proyectos de inversión”. ed. Limusa Noriega Editores. México (1998).

DUFFUAA, R “Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control” Editorial Limusa. México (2002).

KENDALL, K. “Análisis y Diseño de Sistemas” ed. Editorial Person Educación, México (2005).

Norma Venezolana COVENIN 3049. “Mantenimiento. Definiciones”. (1993)

PRANDO, R. “Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida”. Raúl R. Prando. Guatemala (1996).

TAMAYO, Mario. “El proceso de la Investigación Científica”. 4^a ed. Editorial Limusa. México. (2007).

ANEXOS

ANEXO A
RESULTADOS DEL AMEF

Tabla A-1. Resultados del A.M.E.F realizado al procedimiento de la flota vehicular

N°	ACTIVIDAD	FUNCION	FALLA POTENCIAL(MODO)	EFECTO POTENCIALES DE LA FALLA	CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA
1	Reporte de falla	Reportar la ocurrencia de una falla a tiempo y con detalles para planificar su reparacion y evitar la puesta fuera de servicio de la unidad	No detectar la falla	Accidentes con perdidas humanas y/o materiales	Ausencia de programas de mto preventivo
			Detectar la falla y no solicitar la revision	Aumento de mantenimiento correctivo y por ende aumento de costos	Ausencia de formatos y/o procedimientos formales para reportar la falla
			No registrar la falla reportada	Reportes frecuentes con fallas repetitivas	Ausencia de formatos y/o procedimientos formales para reportar la falla
2	Cumplimiento del kilometraje	Realizar cambio de aceite y filtros cada 10.000 km	No realizar actividad de mto preventivo	Aumento de fallas y reparaciones no programadas, por lo tanto aumento de costos	Ausencia de planes de mantenimiento preventivos especificos
			Realizar la actividad de mto preventivo pasado los 10.000 km	Deterioro y depreciacion acelerada de las unidades	Ausencia de programas de mto preventivo
3	Revision de historial de mantenimiento de flota vehicular	Revisar ultimas actividades realizadas a la unidad para evitar actividades en intervalos de tiempo menor al especificado	Realizar la actividad de mto sin solicitar la revision del historial	Aumento del costo de mantenimiento por ejecucion de actividades innecesarias	No existe un sistema computarizado que facilite el registro y acceso a las revisiones de las unidades
			Revisar el historial y no encontrar los datos de la ultima revision	Descontrol y perdida de confiabilidad en el historial de las unidades	No existe un sistema computarizado que facilite el registro y acceso a las revisiones de las unidades
4	Aprobacion y ejecucion de actividad	Controlar las actividades que se ejecutan y el costo que representan	Ejecucion de actividades sin previa planificacion	Actividades no son controladas ni planificadas en base a los recursos existentes	Ausencia de un sistema de ordenes de trabajo
			No controlar el costo de las actividades aprobadas	Actividades ejecutadas superan el estandar de costos establecido	Ausencia de un sistema de ordenes de trabajo
5	Requisicion de servicio realizado	Realizar la requisicion para iniciar los tramites de pago del servicio	Tardanza en hacer la requisicion	Retraso en los tramites administrativos para la cancelacion del servicio	Olvido del Ing. de mto
			No hacer la requisicion	Suspension del servicio o retencion de la unidad hasta la cancelacion del servicio	Extravio de presupuesto
6	Archivo de soportes de la actividad realizada	Almacenar todos los presupuestos y las requisiciones en el historial de los vehiculos	No archivar todos los soportes del servicio realizado	Perdida de confiabilidad del historial y descontrol de las actividades ejecutadas	No existe un sistema computarizado que facilite el registro y acceso a las revisiones de las unidades
			No retralimentar la gestion con la informacion archivada	Dificultad para estimar eficiencia y eficacia de la gestion actualmente aplicada	Ausencia de un sistema de indicadores de gestion

ANEXO B
FORMATOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO



ORDEN DE TRABAJO VEHICULOS

N° de orden

MATRICULA

FECHA DE SOLICITUD

SOLICITADO POR

CLASIFICACION
 Correctiva Preventiva

PRIORIDAD
 Emergencia Programable Normal

PROVEEDOR

DESCRIPCION DEL TRABAJO

DETALLES DE LA EJECUCION

FECHA DE EJECUCION

DURACION DE LA REPARACION

CALIFICACION DEL TRABAJO
 Conforme No conforme

MANO DE OBRA			Materiales utilizados					
Items	Especialidad	costo total	Items	Cantidad	Descripcion	Costo unitario	Costo total	
COSTO TOTAL DE MANO DE OBRA			COSTO TOTAL DE MATERIALES					

COSTO TOTAL DE LA ORDEN

OBSERVACIONES

Figura B-1. Orden de trabajo

	
<h2>FICHA TECNICA DE VEHICULOS</h2>	
<p>Matricula <input type="text"/></p> <p>Marca <input type="text"/></p> <p>Modelo <input type="text"/></p> <p>Departamento Asignado <input type="text"/></p>	<p>IMAGEN DE VEHICULO</p> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>
<h3>ESPECIFICACIONES GENERALES</h3>	
<p>Altura (mm) <input type="text"/></p> <p>Ancho (mm) <input type="text"/></p> <p>Distancia entre ejes (mm) <input type="text"/></p> <p>Largo total (mm) <input type="text"/></p>	<p>N° de pasajeros <input type="text"/></p> <p>Peso bruto vehicular (Kg) <input type="text"/></p> <p>Peso vacio (Kg) <input type="text"/></p> <p>Tanque de combustible (Lts): <input type="text"/></p>
<h3>ESPECIFICACIONES TECNICAS</h3>	
<p>Suspensión trasera <input type="text"/></p> <p>Traccion <input type="text"/></p> <p>Sistema de combustible <input type="text"/></p> <p>Direccion <input type="text"/></p>	<p>Frenos delanteros <input type="text"/></p> <p>Frenos traseros <input type="text"/></p> <p>Neumaticos <input type="text"/></p> <p>Rines <input type="text"/></p>
<h3>ESPECIFICACIONES DEL MOTOR</h3>	
<p>Modelo <input type="text"/></p> <p>Cilindrada <input type="text"/></p> <p>Potencia (HP@RPM) <input type="text"/></p> <p>Relacion de compresion <input type="text"/></p>	<p>Tipo de transmision <input type="text"/></p> <p>Tipo de combustible <input type="text"/></p> <p>Torque Lb f @ RPM <input type="text"/></p> <p>Bateria <input type="text"/></p>
<h3>ESPECIFICACIONES DE LUBRICANTES</h3>	

Figura B-2. Ficha técnica de vehículos

	PLAN DE MANTENIMIENTO PARA VEHICULOS	CODIGO: man-5
		AREA: Pumping
		REVISION: 0
		FECHA: 21/10/08

Sistema	Codigo	Componente	Actividad	Frecuencia
Motor	mp-001	Aceite de motor	Reemplazar	5.000 km
	mp-002	Filtro de aceite	Reemplazar	5.000 km
	mp-003	Filtro de aire	Revisar y limpiar (reemplazar si es necesario)	10.000 km
	mp-004	Filtro de gasolina	Reemplazo	10.000 km
	mp-005	Correa de accesorios	Inspeccionar	10.000 km
	mp-006	Motor	Limpieza interna del motor (opcional)	25.000 km
	mp-007	Inyectores	Limpieza de inyectores (opcional)	25.000 km
	mp-008	Bujias	Limpiar y calibrar	40.000 km
	mp-009	Bujias	Inspeccionar	40.000 km
	mp-010	Correa de accesorios	Reemplazar	100.000 km
Fluidos	mp-011	Fluidos (Refrigerante, aceite de motor ,transmision, direccion, aire acondicionado)	Inspeccionar niveles	5.000 km
	mp-012	Fluidos(Refrigerante, aceite de motor ,transmision, direccion, aire acondicionado)	Inspeccionar la existencia de fugas	5.000 km
Sistema electrico	mp-013	Bornes de bateria	Limpiar	5.000 km
	mp-014	Luces y fusibles	Inspeccionar	5.000 km
Sistema de direccion	mp-015	Articulaciones y componentes	Lubricar	5.000 km
	mp-016	Sistema de direccion	Inspeccion (Lubricar si es necesario)	5.000 km
Sistema de frenos	mp-017	Resortes del pedal de freno y embrague (sincrónico)	Inspeccionar	5.000 km
	mp-018	Sistema de frenos	Limpiar y graduar	10.000 km
Sistema de transmision de potencia	mp-019	Juntas de eje propulsor y diferencial.	Inspeccionar	5.000 km
	mp-020	Banda de sincronizacion	Reemplace banda de sincronizacion	160.000 km
Sistema de suspension	mp-021	Cauchos	Rotación y ajuste de presion a especificaciones	10.000 km
Sistema de Refrigeracion	mp-022	Sistema de refrigeracion	Reemplazar	50.000km
Sistema de escape	mp-023	Sistema de escape	Inspeccionar	15.000 km

Figura B-3. Plan de mantenimiento propuesto

	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA UNIDADES LIVIANAS															CODIGO: man-5				
																AREA: Pumping				
																REVISION: 0				
																FECHA: 21/10/08				

Intervalo de servicio * 1000 Km. (use la lectura del odómetro)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Aceite del motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Filtro de aceite del motor	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Elemento purificador de aire	-	I	-	I	-	I	-	R	-	I	-	I	-	I	-	R	-	I	-	I	
Filtro del combustible	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	-	R	
Correa de accesorios	-	I	-	I	-	I	-	R	-	I	-	I	-	I	-	R	-	I	-	I	
Bujías	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	
Fuga de aceite y contaminación del motor	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Sistema eléctrico	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Frenos	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	A	I	
Articulación y componentes	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	L	-	
Juntas y ejes	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Banda de sincronización	REEMPLACE CADA 160.000 Km.																				
Concentración del refrigerante del motor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	R	
Fuga de agua en el sistema de enfriamiento	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	
Obstrucción o daño en todas las mangueras y tubos del compartimiento	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	
Comportamiento del motor	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	-	I	
Cauchos	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	
Sistema de escape	-	-	I	-	-	I	-	-	I	-	-	I	-	-	I	-	-	I	-	-	

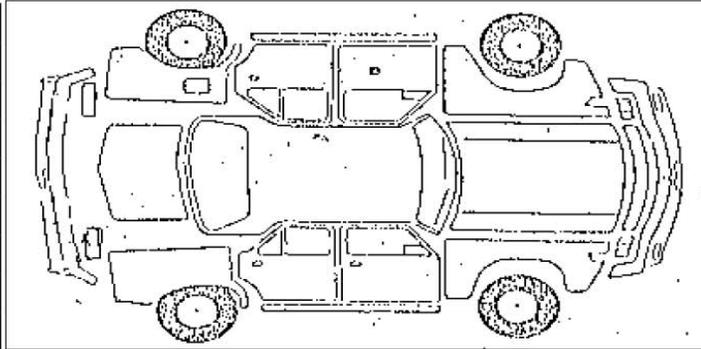
Figura B-4. Programa de mantenimiento propuesto



INSPECCION DE LAS UNIDADES TERRESTRES

CODIGO: HSE-020
 AREA: HSE
 REVISION: 00
 FECHA: 27/05/02

Fecha:	
Vehiculo:	
Asignado a:	
Modelo:	
Kilometraje:	
Placas:	
Color:	
Carroceria:	
Motor:	



Puntos de Revision	Tiene		Estado			Fecha R/C
	Si	No	B	R	M	
Emblemas						
Antenas						
Cepillos Limpia P/B						
Encendedor						
Ceniceros						
Bateria Serial						
Radio Reproductor						
Parrillas						
Ecuizador						
Cornetas de radio						
Reloj Digital						
Retrovisor Interno						
Extintor						
Kit Primeros Auxilios						
Radio comunicador						
Parachoque Atrás						
Parachoque Delante						
Amortiguadores						
Tren delantero						
Radiador						
Espejos retrovisores lat.						
Cinturon de seguridad						
Cambio Aceite Motor						
Cambio Aceite Hidraulico						
Otro						

Puntos de Revision	Tiene		Estado			Fecha R/C
	Si	No	B	R	M	
T. Palanca / Baston						
Aire Acondicionado						
Corneta Claxon						
Tapiceria						
Tapasol						
Alfombras						
Tapa Gasolina						
Caucho de repuesto						
Gato						
Palancas						
Triangulo						
Herramientas						
Lamparas auxiliares						
Caucho Derecho frente						
Caucho Derecho Izquierdo						
Caucho trasero derecho						
Caucho Trasero Izquierdo						
Micas						
Faros						
Placas delante						
Placa atrás						
Filtro Gasolina						
Filtro Aceite						
Otro						
Otro						

OBSERVACIONES:

Nota: Check List Mensual Obligatorio. Fecha R/C: Fecha de revision o cambio Original: En la carpeta del vehiculo Copia: Gerencia HSE

Figura B-5. Formato de inspección de vehículos

ANEXO C
DIAGRAMA ESTRUCTURAL DE DATOS

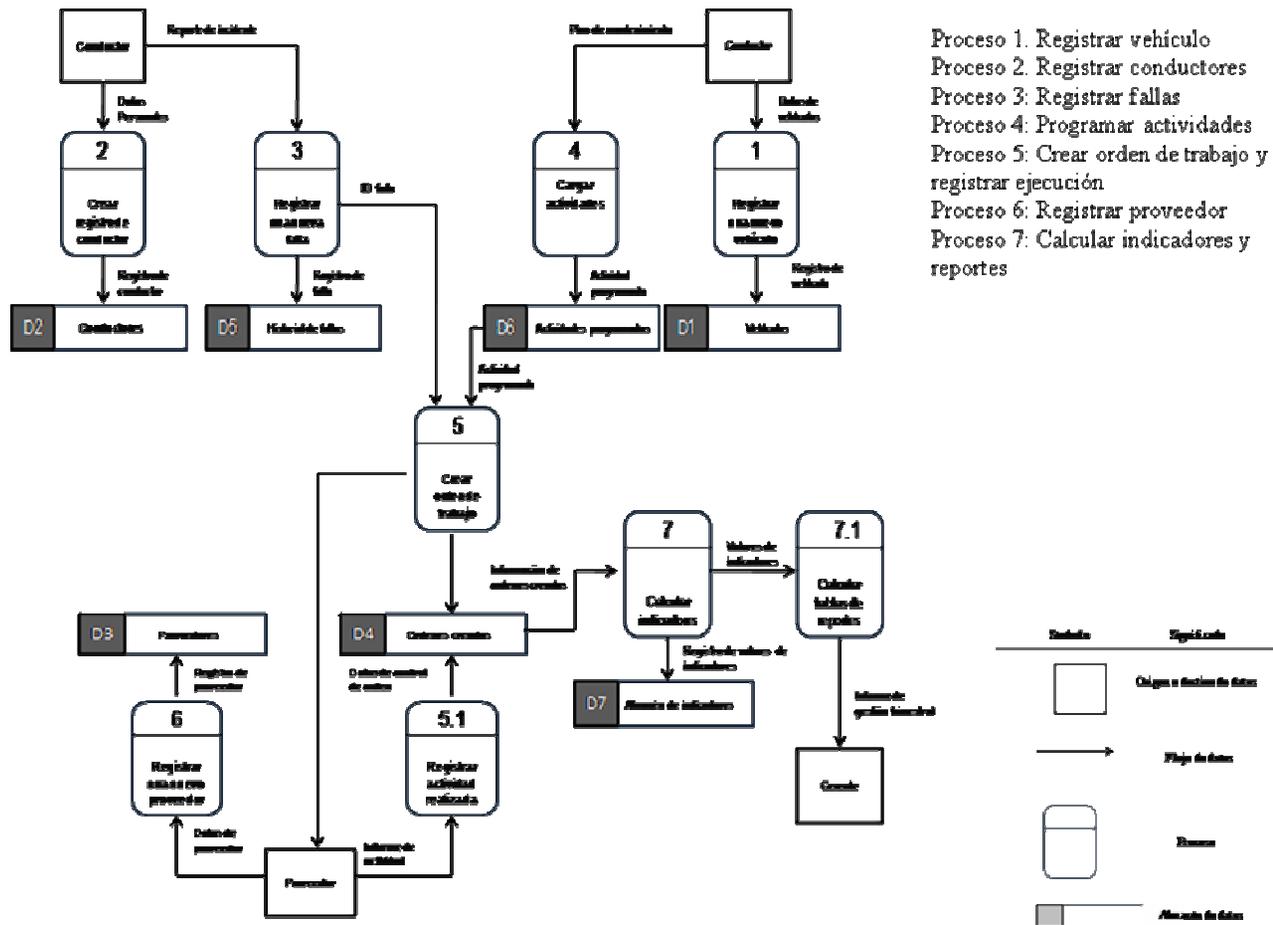


Figura C-1 Diagrama estructural de flujo de datos del sistema de información vehicular

APÉNDICE D
ANÁLISIS DE COSTOS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PROPUESTO

DETALLES DE PLAN DE MANTENIMIENTO						COSTO DE MATERIALES			COSTOS DE MANO DE OBRA		COSTO TOTAL DE PLAN	
Sistema	Componente	Codigo	Actividad	Estimado de frecuencia anual (f)	Referencia de Materiales necesarios	Cantidad de material por actividad (C)	Costo unitario de material (M)	Costo de material anua (CA) CA= f*M*C	Costo de mano de obra por actividad (MO)	Costo de mano de obra anual (MOA) MOA=MO*f	Costo total de material anual por flota	Costo total de mano de obra anual por flota
Motor	Aceite de motor	mp-001	Reemplazar	6	Litros de aceite castroll 15W-40	6	Bs 46.67	Bs 1,680.12	Bs 25.00	Bs 150.00	Bs 15,121.08	Bs 1,350.00
	Filtro de aceite	mp-002	Reemplazar	6	Filtro de aceite	1	Bs 40.00	Bs 240.00	Bs 25.00	Bs 150.00	Bs 2,160.00	Bs 1,350.00
	Filtro de gasolina	mp-003	Reemplazo	6	Filtro de gasolina	1	Bs 74.00	Bs 444.00	Bs 25.00	Bs 150.00	Bs 3,996.00	Bs 1,350.00
	Filtro de aire	mp-004	Reemplazo	2	Filtro de aire	1	Bs 190.00	Bs 380.00	Bs 25.00	Bs 50.00	Bs 3,420.00	Bs 450.00
	Correa de accesorios	mp-005	Inspeccionar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 20.00	Bs 80.00	Bs 0.00	Bs 720.00
		mp-006	Reemplazar	1	Correa multicanal	1	Bs 180.00	Bs 180.00	Bs 20.00	Bs 20.00	Bs 1,620.00	Bs 180.00
	Inyectores	mp-007	Limpieza de inyectores	1	Filtros y orings	16	Bs 0.60	Bs 9.60	Bs 224.00	Bs 224.00	Bs 86.40	Bs 2,016.00
	Bujias	mp-008	Inspeccionar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 20.00	Bs 80.00	Bs 0.00	Bs 720.00
		mp-009	Reemplazar	1	Bujias de platino	8	Bs 30.00	Bs 240.00	Bs 50.00	Bs 50.00	Bs 2,160.00	Bs 450.00
Fluidos	Fluidos (Refrigerante, aceite de motor ,transmision, direccion, aire acondicionado)	mp-010	Inspeccionar niveles y comprobar fugas	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 30.00	Bs 120.00	Bs 0.00	Bs 1,080.00
		mp-011	Reemplazar refrigerante	0.5	Litros de refrigerante	2	Bs 35.00	Bs 35.00	Bs 25.00	Bs 12.50	Bs 315.00	Bs 112.50
Sistema electrico	Bateria	mp-012	Limpiar bornes de bateria	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 30.00	Bs 120.00	Bs 0.00	Bs 1,080.00
	Bateria	mp-013	Reemplazar	1	Bateria	1	Bs 580.00	Bs 580.00	Bs 30.00	Bs 30.00	Bs 5,220.00	Bs 270.00
	Luces y fusibles	mp-014	Inspeccionar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 30.00	Bs 120.00	Bs 0.00	Bs 1,080.00
Sistema de direccion	Articulaciones y componentes	mp-015	Lubricar	4	Grasa azul	2	Bs 35.00	Bs 280.00	Bs 25.00	Bs 100.00	Bs 2,520.00	Bs 900.00
Sistema de frenos	Frenos	mp-016	Limpiar y graduar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 55.00	Bs 220.00	Bs 0.00	Bs 1,980.00
		mp-017	Reemplazo de bandas y pastillas	2	Juego de bandas y Pastillas de frenos	1	Bs 275.00	Bs 550.00	Bs 160.00	Bs 320.00	Bs 4,950.00	Bs 2,880.00
Sistema de transmision de potencia	Juntas de eje propulsor y diferencial.	mp-018	Inspeccionar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 30.00	Bs 120.00	Bs 0.00	Bs 1,080.00
Sistema de suspension	Cauchos	mp-019	Rotacion y ajuste de presion a especificaciones	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 110.00	Bs 440.00	Bs 0.00	Bs 3,960.00
		mp-020	Reemplazo	1	Cauchos	4	Bs 588.00	Bs 2,352.00	Bs 0.00	Bs 0.00	Bs 21,168.00	Bs 0.00
	Amortiguadores	mp-021	Reemplazo	1	Amortiguadores	4	Bs 170.00	Bs 680.00	Bs 180.00	Bs 180.00	Bs 6,120.00	Bs 1,620.00
Sistema de escape	Sistema de escape	mp-022	Inspeccionar	4	-	-	-	Bs 0.00	Bs 25.00	Bs 100.00	Bs 0.00	Bs 900.00
TOTAL							Bs 2,244.27	Bs 7,650.72	Bs 1,164.00	Bs 2,836.50	Bs 68,856.48	Bs 25,528.50

COSTO TOTAL ANUAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA VEHICULAR FORMADA POR 9 VEHICULOS

Bs 94,384.98

Figura D-1 Análisis de costo de mantenimiento preventivo propuesto

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

TÍTULO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS ENERGÉTICOS
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRE	CÓDIGO CULAC / E MAIL
Villalba Salazar, María Virginia	CVLAC: 17.222.329 E MAIL:mvvillalba@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:

Diseño

Mantenimiento.

Planificación

Control

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Industrial

RESUMEN (ABSTRACT):

El presente trabajo tuvo como finalidad, diseñar un sistema de información para la gestión de mantenimiento de la flota vehicular de una empresa de servicios energéticos basado en la planificación y control de las actividades. Para lograrlo se analizó la situación actual bajo la metodología del AMEF, que permitió encontrar las debilidades del sistema y sus causas. Luego se diseñaron herramientas como la orden de trabajo, planes de mantenimiento e indicadores de gestión, que definieron los requerimientos necesarios para corregir las debilidades encontradas y diseñar un sistema de información computarizado de apoyo a las actividades de mantenimiento. Después se determinó la entrada, proceso, almacenamiento y salida del sistema de información computarizado (diseño lógico) y realizó el estudio de costo y posterior evaluación económica, comprobando la rentabilidad del proyecto propuesto.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

CONTRIBUIDORES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Bravo, Luis	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	1.811.447			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
González, Marvelis	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	8.225.106			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Carvajal, Gustavo	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	3.358.186			
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Alva, Yina	ROL	CA	AS	TU	JU
	CVLAC:	24.229.342			
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

2009	03	25
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE. SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
TESIS.Diseño_planificacion_mantenimiento.doc	Aplicattion

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I J K L
M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z. 0 1
2 3 4 5 6 7 8 9.

ALCANCE

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Ingeniero Industrial

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Sistemas Industriales

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y

ASCENSO:

DERECHOS

“Los trabajos de grado son exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”.

AUTOR

AUTOR

AUTOR

TUTOR

JURADO

JURADO

POR LA SUBCOMISION DE TESIS