

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA EL PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA IMECONS LTDA

CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO  
JORGE IVAN MARULANDA MOTOYA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAMECÁNICA  
BUCARAMANGA

2015

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA EL PLAN DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA IMECONS LTDA

CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO  
JORGE IVAN MARULANDA MONTOYA

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director  
ISNARDO GONZALEZ JAIMES  
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA

2015

## DEDICATORIA

*A Lina Marcela que ha sido el motor principal de mi vida desde que nació, brindándome su amor incondicional y felicidad infinita para seguir adelante,*

*A Nelsy Quintero mi madre, quien ha estado ahí siempre, con sus enseñanzas, experiencia, amor de madre y apoyo incondicional durante todo este largo proceso,*

*A Fanor Baeza mi padre, mi motivación principal para convertirme en ingeniero mecánico, y para poder lograr mis metas académicas de la mejor manera,*

*A toda mi familia, que con su amor y compañía han aportado valiosas enseñanzas para mi vida y mi futuro,*

*A mis amigos más cercanos, con quienes compartí este proceso, dejando buenos recuerdos y aprendizajes para mi vida,*

*A todos muchas gracias.*

**Carlos Eduardo Baeza Quintero**

## DEDICATORIA

*A papito Dios que hizo todo esto realidad,*

*A Martha Cecilia Montoya Urrego y Iván Marulanda Osorio mis padres  
agradecerles inmensamente por apoyarme día a día y que gracias a su amor  
logre salir adelante en esta etapa de mi vida los amo demasiado,*

*A mis hermanos y sobrinos Eduard y Johana que estuvieron conmigo en este  
proceso,*

*A mis tíos que también fueron un gran apoyo,*

*A mi familia y amigos por los buenos recuerdos,*

*A todos gracias.*

**Jorge Iván Marulanda Montoya**

## AGRADECIMIENTOS

*A Isnardo González, director del proyecto por su apoyo incondicional, la confianza y respaldo que nos brindó durante la ejecución del trabajo de grado*

*A Pedro Meneses, representante legal de la empresa IMECONS LTDA, por su apoyo, colaboración y confianza.*

*A IMECONS LTDA, por toda la colaboración que nos brindaron en las instalaciones en la ejecución del proyecto.*

*A nuestros docentes y compañeros por todas las enseñanzas y buenos recuerdos que nos entregaron cada uno de ellos.*

*A Sergio Rueda, director de Motum Data.*

CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO  
JORGE IVAN MARULANDA MONTOYA

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	27
1. PERFIL DE LA EMPRESA IMECONS LTDA.....	29
1.1. HISTORIA DE LA EMPRESA IMECONS LTDA.....	29
1.2. MISION DE IMECONS LTDA.....	29
1.3. VISION DE IMECONS LTDA.....	30
1.4. GESTIÓN DE CALIDAD.....	30
1.5. POLITICAS DE HEALTH, SECURITY, ENVIROMENT, QUALITY (HSEQ).30	
1.6. OBJETIVOS DE HSEQ.....	31
1.7. ESTRUCTURA FÍSICA.....	32
1.8. ESTRUCTURACIÓN ORGANIZACIONAL.....	33
1.9. SERVICIOS PRESTADOS.....	33
1.10. UBICACIÓN.....	36
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MANTENIMIENTO.....	37

2.1.	TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	38
2.1.1.	Mantenimiento correctivo.....	38
2.1.1.1.	Etapas del mantenimiento correctivo.....	38
2.1.1.2.	Desventajas del mantenimiento correctivo.....	38
2.1.2.	Mantenimiento preventivo.....	39
2.1.2.1.	Ventajas del mantenimiento preventivo.....	39
2.1.2.2.	Fuentes de información.....	40
2.1.2.3.	Preguntas básicas para un mantenimiento preventivo.....	41
2.1.2.4.	Codificación de las máquinas.....	42
2.1.2.5.	Sistema LEM.....	42
3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	44
3.1.	CLASES DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	44
3.1.1.	Sistemas de procesamiento de transacciones.....	44
3.1.2.	Sistemas de información gerencial.....	45
3.1.3.	Sistemas de apoyo para la decisión.....	45
3.1.4.	Sistemas de información para oficinas.....	45

3.1.5. Gestión del mantenimiento asistida por computadora (GMAC o CMMS).....	46
3.2. ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	46
3.2.1. Elementos de entrada.....	46
3.2.2. Sistema de procesamiento.....	47
3.2.3. Elementos de salida.....	47
3.3. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN.....	47
3.4. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	50
3.5. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EL MANTENIMIENTO.....	51
3.6. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	52
3.6.1. Ejemplo de software para la gestión del mantenimiento.....	53
4. MODELO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	55
4.1. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	55
4.1.1. Objetivo general.....	55
4.1.2. Objetivos específicos.....	55

4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	56
4.2.1. Justificación del mantenimiento de los equipos de la empresa IMECONS LTDA.....	56
4.2.2. Codificación de máquinas y equipos.....	57
4.2.3. Análisis de criticidad.....	59
4.2.3.1. Definiciones importantes.....	59
4.2.3.2. Metodología para el análisis de criticidad.....	60
4.2.4. Resultados del análisis de criticidad para la maquinaria.....	61
4.2.4.1. Resultados individuales de las máquinas.....	61
4.2.4.2. Relación frecuencia consecuencia.....	71
4.2.4.3. Clasificación de la maquinaria.....	71
4.2.5. Consideraciones previas a la realización del plan de mantenimiento.....	74
4.2.5.1. Consideraciones generales de la maquinaria.....	75
4.2.5.2. Consideraciones sobre el talento humano.....	76
4.2.6. Plan de mantenimiento preventivo para las máquinas más críticas.....	76
4.2.6.1. Retroexcavadora ZXL 200.....	77

4.2.6.2.	Compresor de aire 250.....	77
4.2.7.	Definición estrategias para el manejo de los repuestos.....	81
4.2.8.	Resultados del análisis de estrategias en los ítems identificados.....	82
5.	DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE INFORMACION IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA IMECONS LTDA.....	84
5.1.	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	84
5.2.	VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	86
5.3.	DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	87
5.3.1.	Ingresar al sistema de información.....	88
5.4.	MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	89
5.4.1.	Módulo de pendientes.....	92
5.4.1.1.	Submódulo de equipos.....	92
5.4.2.	Módulo operacional.....	93
5.4.2.1.	Submódulo de órdenes de trabajo.....	95
5.4.2.2.	Submódulo de programas de mantenimiento.....	96

5.4.2.3.	Submódulo de consumo.....	100
5.4.2.4.	Submódulo actualizar contadores.....	100
5.4.2.5.	Submódulo de producción.....	100
5.4.2.6.	Submódulo de cambios de estado.....	105
5.4.3.	Módulo de monitoreo.....	105
5.4.3.1.	Submódulo de área operacional.....	105
5.4.3.2.	Submódulo de equipos.....	106
5.4.4.	Módulo de configuración.....	106
5.4.4.1.	Submódulo de administración.....	115
5.4.4.2.	Submódulo de parámetros.....	115
5.4.4.3.	Submódulo de perfil.....	123
5.4.4.4.	Submódulo de reportes.....	123
5.5.	PRUEBAS DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO.....	134
5.5.1.	Pruebas de validación.....	134
5.5.2.	Pruebas de integración.....	134

6. CONCLUSIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA.....	140
ANEXOS.....	141

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Ejemplos de la maquinaria de la empresa IMECONS LTDA.....	34
Figura 2. Estructura organizacional de la empresa.....	35
Figura 3. Registro fotográfico de algunas obras civiles realizadas por la empresa...35	
Figura 4. Ubicación de la empresa en el mapa de Barrancabermeja.....	35
Figura 5. Página principal del software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.....	54
Figura 6. Módulo de equipos del software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.....	54
Figura 7. Codificación de los equipos.....	57
Figura 8. Confiabilidad.....	60
Figura 9. Matriz de análisis de criticidad.....	72
Figura 10. Análisis Pareto para criticidad.....	73
Figura 11. Variables de entrada y salida del sistema de información.....	87
Figura 12. Pantallazo de ingreso al software de la empresa IMECONS LTDA.....	88
Figura 13. Módulos y submódulos del sistema de información.....	89

Figura 14. Página principal del software de mantenimiento.....	90
Figura 15. Diagrama de flujo de submódulo equipos dentro del módulo pendientes.....	93
Figura 16. Interfaz gráfica de submódulo equipos dentro del módulo pendientes....	94
Figura 17. Generación de orden de trabajo a partir de alarma.....	94
Figura 18. Cambio de estado de las órdenes de trabajo pendientes.....	95
Figura 19. Diagrama de flujo del submódulo de órdenes de trabajo.....	97
Figura 20. Interfaz gráfica del submódulo de órdenes de trabajo.....	98
Figura 21. Adición y Edición en el submódulo de órdenes de trabajo.....	98
Figura 22. Seguimiento de las órdenes de trabajo.....	99
Figura 23. Hoja de vida de la orden de trabajo.....	99
Figura 24. Diagrama de flujo del submódulo Programas de mantenimiento.....	101
Figura 25. Interfaz del submódulo Programas de mantenimiento.....	102
Figura 26. Menú de agregar y editar del submódulo Programas de mantenimiento.....	102
Figura 27. Ejecución en el submódulo Programas de mantenimiento.....	103
Figura 28. Diagrama de flujo del submódulo Consumos.....	103

Figura 29. Interfaz del submódulo Consumos.....	104
Figura 30. Menú Nuevo y Editar de los consumos.....	104
Figura 31. Diagrama de flujo del submódulo Actualización de contadores.....	107
Figura 32. Interfaz del submódulo de Actualización de contadores.....	108
Figura 33. Menú de adición y edición del submódulo de Actualizar contadores....	108
Figura 34. Diagrama de flujo del submódulo Producción.....	109
Figura 35. Interfaz del submódulo de Producción.....	110
Figura 36. Menú de adición y edición del submódulo de Producción.....	110
Figura 37. Diagrama de flujo del submódulo cambios de estado.....	111
Figura 38. Interfaz del submódulo cambios de estado.....	112
Figura 39. Menú de Nuevo y Edición del submódulo cambios de estado.....	112
Figura 40. Diagrama de flujo de Área operacional.....	113
Figura 41. Interfaz del submódulo Área operacional.....	113
Figura 42. Menú de Nuevo y Edición del submódulo Área operacional.....	114
Figura 43. Diagrama de flujo del submódulo Equipos.....	116
Figura 44. Interfaz del submódulo Equipos.....	117

Figura 45. Menú de Nuevo y Edición del submódulo equipos.....	117
Figura 46. Hoja de vida del submódulo Equipos.....	118
Figura 47. Menú desplegable para adición de parámetros del módulo Operacional.....	118
Figura 48. Diagrama de flujo general del submódulo Administración.....	119
Figura 49. Diagrama de flujo del parámetro Básico del submódulo Administración.....	119
Figura 50. Diagrama de flujo del parámetro Grupos del submódulo Administración.....	120
Figura 51. Diagrama de flujo del parámetro Diseño del submódulo Administración.....	120
Figura 52. Interfaz de parámetro Básico del submódulo Administración.....	121
Figura 53. Interfaz de parámetro Grupos del submódulo Administración.....	121
Figura 54. Interfaz de parámetro Diseño del submódulo Administración.....	121
Figura 55. Diagrama de flujo del submódulo parámetros.....	125
Figura 56. Interfaz del submódulo de parámetros.....	126
Figura 57. Diagrama de flujo del parámetro agrupación.....	126
Figura 58. Diagrama de flujo del parámetro concepto.....	127

Figura 59. Diagrama de flujo del parámetro empleados.....	127
Figura 60. Diagrama de flujo del parámetro proveedor.....	128
Figura 61. Diagrama de flujo del parámetro repuestos.....	128
Figura 62. Diagrama de flujo del parámetro tipos de falla.....	129
Figura 63. Diagrama de flujo del parámetro tipos de trabajo.....	129
Figura 61. Diagrama de flujo del submódulo de Perfil.....	130
Figura 62. Interfaz gráfica del submódulo de Perfil.....	131
Figura 63. Informes que genera el software de mantenimiento en el submódulo de reportes.....	131
Figura 64. Indicadores que se tienen en cuenta para el software de mantenimiento de la empresa.....	131
Figura 65. Informes de Gastos.....	132
Figura 66. Informe de Utilidad por equipos.....	133
Figura 67. Indicador de Rendimiento.....	133
Figura 68. Indicador de Consumo/Producción.....	134
Figura 69. Prueba de registro de un equipo.....	135
Figura 70. Verificación de registro del equipo.....	135

Figura 71. Prueba para generar orden de trabajo.....	136
Figura 72. Verificación de registro de orden de trabajo.....	136
Figura 73. Prueba para el programa de mantenimiento.....	136
Figura 74. Verificación del programa de mantenimiento.....	137
Figura 75. Verificación del informe de gastos totales.....	137
Figura 76. Verificación del indicador de rendimiento.....	137

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Código para los nombre de los equipos en la empresa IMECONS LTDA.....	58
Tabla 2. Formato para encuesta de análisis de criticidad en la empresa IMECONS LTDA.....	62
Tabla 3. Puntajes de la encuesta de análisis de criticidad en la empresa IMECONS LTDA.....	63
Tabla 4. Resultados del análisis de criticidad de la Retroexcavadora ZXL 200.....	64
Tabla 5. Resultados del análisis de criticidad de la Retroexcavadora 60 (oruga)....	64
Tabla 6. Resultado de análisis criticidad a la camioneta diésel modelo 2006 4x2....	65
Tabla 7. Resultados del análisis de criticidad de la Turbo NPR marca Chevrolet....	65
Tabla 8. Resultados del análisis de criticidad de la Camioneta diésel Kia K2700 4x4.....	66
Tabla 9. Resultados del análisis de criticidad del Equipo de corte victor.....	66
Tabla 10. Resultados del análisis de criticidad del Monta carga Toyota.....	67
Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad del Camión grúa placa SRR815.....	67
Tabla 12. Resultados del análisis de criticidad del Compresor de aire 250.....	68

Tabla 13. Resultados del análisis de criticidad del Moto soldador Lincoln.....	68
Tabla 14. Resultados del análisis de criticidad del Camión de vacío placa SUE319.....	69
Tabla 15. Resultados del análisis de criticidad del Mini cargador Caterpillar.....	69
Tabla 16. Resultados del análisis de criticidad del Camión de platón placa SQC552.....	70
Tabla 17. Resultados del análisis de criticidad de la Volqueta placa KUM285.....	70
Tabla 18. Frecuencia de falla y consecuencias.....	72
Tabla 19. Resultados obtenidos de cada uno de los equipos evaluados en la matriz de criticidad.....	74
Tabla 20. Puntaje de criticidad.....	75
Tabla 21. Características de la Retroexcavadora ZXL 200.....	77
Tabla 22. Compresor de aire 250.....	80
Tabla 23. Matriz de clasificación de repuestos.....	82
Tabla 24. Ponderación de factores de criticidad y costos para los algunos elementos identificados como repuestos.....	83

## ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Programa de mantenimiento de la retroexcavadora 60 y del compresor 250.....	142
Anexo B. Manual del software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.....	148
Anexo C. Autorización de la empresa IMECONS LTDA.....	163
Anexo D. Estrategias para el ordenamiento del inventario.....	164

## RESUMEN

**TITULO:** IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA IMECONS LTDA\*

**AUTORES:** CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO  
JORGE IVAN MARULANDA MOTOYA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MAQUINARIA PESADA, SISTEMAS DE INFORMACIÓN, INDICADORES DE GESTIÓN.

**DESCRIPCION:** El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implementación de un software para el plan de mantenimiento preventivo para la empresa IMECONS LTDA la cual busca fortalecerse en el competitivo sector de la industria de maquinaria pesada para diferentes obras civiles y petroleras en una ciudad en pleno desarrollo económico que demanda este tipo de industrias para su crecimiento económico y social. Primero se presenta a la empresa sus características que la definen como una industria de maquinaria pesada. Posteriormente se presenta la fundamentación teórica necesaria para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo y el sistema de información. En el siguiente capítulo se desarrolla el modelo a seguir para la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto para la empresa, realizando los respectivos análisis de criticidad y de Pareto para las máquinas y los repuestos, mostrando algunas de las rutinas y acciones a realizar sobre las máquinas más críticas. Posteriormente se tendrá el diseño del sistema de información que se hará inicialmente por medio de los diagramas de flujo, partiendo de los requerimientos específicos que tiene la empresa IMECONS LTDA, seleccionando el lenguaje más adecuado y mostrando el resultado final del sistema. Por último se realizaran pruebas para establecer la eficiencia y el aporte que este le hagan a la empresa y su proceso de mejoramiento continuo; y se concluirá a partir de la información recopilada en dichas pruebas.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Isnardo González Jaimes.

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE IMECONS LTDA COMPANY'S PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN \*

**AUTHORS:** CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO  
JORGE IVAN MARULANDA MOTOYA\*\*

**KEY WORDS:** PREVENTIVE MAINTENANCE, HEAVY MACHINERY, INFORMATION SYSTEM, MANAGEMENT INDICATORS.

**DESCRIPTION:** This degree project shows the design and implementation of software for preventive maintenance plan for the company IMECONS LTDA which seeks to strengthen in the competitive sector of the industry of heavy machinery for various civil and oil works in a city in economic development that demands this kind of industry for economic and social growth.

First it is presented the company and its defining characteristics as a heavy machinery industry. Subsequently, it is presented the theoretical foundation necessary to develop a plan of preventive maintenance and also the information necessary to the information system. In the next chapter the needed model to implement the proposed business plan for preventive maintenance is developed, performing the respective criticality and Pareto analysis to all the machines and spare parts, showing some of the routines and actions to be taken on most critical machines.

Later the information system design initially done through the flowcharts, starting from the specific requirements that the company has IMECONS LTDA, selecting the most appropriate language and showing the final result of the system is displayed. Finally tests were carried out to establish the efficiency and the contribution that this will make to the company and its process of continuous improvement; finally it is going to be concluded from the information gathered by those tests.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: Isnardo González Jaimes.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial ha evolucionado de manera positiva en los últimos 30 años, con el desarrollo de nuevas filosofías que permiten a los ingenieros de mantenimiento trabajar por medio de la confiabilidad lo que a su vez se traduce en fábricas, empresas e industrias más eficientes debido a la disminución en los costos de mantenimiento que se produce al implementar estas nuevas filosofías; otro factor importante que ha influenciado positivamente el desarrollo del mantenimiento industrial es la implementación de la tecnología computacional en el mismo, gracias a esto hoy se ven empresas que además de disminuir los costos de mantenimiento están más comprometidas con el medio ambiente al tener solo registros, inventarios, etc... virtuales y no físicos, lo que reduce el gasto innecesario de papel.

El presente proyecto de grado muestra el diseño y la implementación de un software para el plan de mantenimiento preventivo para la empresa IMECONS LTDA la cual busca fortalecerse en el competitivo sector de la industria de maquinaria pesada para diferentes obras civiles y petroleras en una ciudad en pleno desarrollo económico que demanda este tipo de industrias para su crecimiento económico y social.

Primero se presenta a la empresa como una entidad completamente independiente, con su respectiva misión, visión, políticas de seguridad y demás características que la definen como una industria de maquinaria pesada. Posteriormente se presenta la fundamentación teórica que se tiene en cuenta para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo que se requiere dentro de la empresa. Lo siguiente es la fundamentación necesaria para el desarrollo del sistema de información que permitirá optimizar el plan de mantenimiento desarrollado.

En el siguiente capítulo se desarrolla el modelo a seguir para la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto para la empresa, realizando los respectivos análisis de criticidad para las máquinas y de Pareto para los repuestos,

y mostrando algunas de las rutinas y acciones a realizar sobre las máquinas más críticas.

Posteriormente se tendrá el diseño del sistema de información que se hará inicialmente por medio de los diagramas de flujo, los cuales son las estructuras básicas de programación, y partiendo los requerimientos específicos que tiene este sistema para la empresa IMECONS LTDA, seleccionando el lenguaje más adecuado y mostrando algunas de las estructuras de programación requeridas para el desarrollo del sistema.

Por último se realizaran diferentes pruebas que la empresa demande para poder establecer la eficiencia y el aporte que el plan de mantenimiento y el sistema de información del mismo le hagan a la empresa y su proceso de mejoramiento continuo; y se concluirá a partir de la información recopilada en dichas pruebas.

## 1. PERFIL DE LA EMPRESA IMECONS LTDA<sup>1</sup>

IMECONS LTDA es una empresa dedicada a la construcción, mantenimientos y diseño de obras mecánicas, civiles y eléctricas. Al servicio de la industria petrolera, comercial, gobierno y de infraestructura.

Cuenta con una gama de 51 equipos y maquinaria pesada y personal técnico que garantizan la óptima calidad y desempeño de las actividades ejecutadas en cada uno de sus proyectos. Radicada en la ciudad de Barrancabermeja, Departamento de Santander, Colombia, Tiene en su haber más de 20 obras de envergadura realizadas a todo lo largo del territorio, señalándose entre estas la Modernización de diversas plantas productoras y procesadoras de petróleo.

### 1.1. HISTORIA DE LA EMPRESA IMECONS LTDA

El 09 de AGOSTO de 1993 fue constituida la Empresa Contratista IMECONS LTDA como es conocida actualmente, inscrita en la Cámara de Comercio, bajo el No. 00024245. IMECONS LTDA nació haciendo realidad el sueño de hacer actividad empresarial en Barrancabermeja que aportara valor a la ciudad, que contribuyera a integrar los esfuerzos del mundo empresarial con sus clientes y generar empleo y los múltiples servicios de información que se han desarrollado en el primer decenio de actividades de esta sociedad.

### 1.2. MISION DE IMECONS LTDA

Trabajar con integridad, entusiasmo y en forma sostenible, para generar el máximo beneficio a nuestros trabajadores, clientes y medio ambiente, basados en los principios de calidad, seguridad y mejoramiento continuo.

---

<sup>1</sup> IMECONS LTDA. Brochure de la empresa. Barrancabermeja. 2002. p 3-16.

Para IMECONS LTDA, cuidar del medio ambiente y de sus trabajadores es primordial, por lo cual contamos con los recursos humanos y financieros, asegurando una propuesta competitiva y oportuna en el servicio de construcción de obras civiles y complementarias, mecánicas y eléctricas, mediante una atención personalizada y responsable en el cumplimiento de sus deberes.

### 1.3. VISION DE IMECONS LTDA

IMECONS LTDA en 2018 Será una empresa líder por sus excelentes servicios y procesos, con las mejores alternativas que harán viables las exigencias de nuestros clientes dentro del marco del desarrollo sostenible, en busca del mejoramiento continuo y bienestar de sus trabajadores.

### 1.4. GESTIÓN DE CALIDAD

IMECONS LTDA realiza proyectos de construcción, adecuación y mantenimiento relacionados con las diferentes ingenierías; cumpliendo con las necesidades y requerimientos de nuestros clientes a través del uso adecuado de los recursos tanto financiero como talento humano y procurando siempre el mejoramiento continuo de la eficacia de los procesos del sistema de gestión de calidad.

### 1.5. POLITICAS DE HEALTH, SECURITY, ENVIROMENT, QUALITY (HSEQ)

IMECONS LTDA presta servicios de construcción, adecuación y mantenimientos relacionados con las diferentes ingenierías, orientando nuestros esfuerzos para lograr la satisfacción de nuestros clientes, utilizando personal competente y proveedores confiables que suministren productos de excelente calidad con el fin de alcanzar una mayor participación en el mercado. Comprometidos con el cumplimiento de los requisitos legales en seguridad industrial , salud ocupacional y medio ambiente vigentes y aplicables a la actividad económica de la empresa, igualmente con la prevención de enfermedades profesionales, accidentes de trabajo

y con la prevención de la contaminación derivados de las actividades que ejecutamos y que ponen en riesgo el bienestar de los trabajadores y el medio ambiente como: muerte o fracturas por atascamiento en excavaciones, deshidratación y quemaduras por exposición a radiaciones no ionizantes de rayos UV, enfermedades en el sistema respiratorio por la exposición a material fino, muerte o amputaciones por falla de equipos o maquinaria pesada, lesiones en el sistema óseo o muscular, desviación de columna, síndrome del túnel del carpo, generados por adopción de posiciones incorrectas, levantamiento de cargas y el uso del mouse, reducción de recursos forestales por consumo de papel, explotación de los recursos naturales por el uso de agregados pétreos, deterioro del suelo por excavaciones, el manejo adecuado de los residuos sólidos que generamos como bolsas de cemento, contaminación del suelo y cuerpos de agua por derrames de combustibles. De esta forma evitar que se presenten accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y contaminación al medio ambiente, logrando así el crecimiento y viabilidad económica de la organización, buscando siempre la eficacia del mejoramiento continuo del Sistema de Gestión Integral.

#### 1.6. OBJETIVOS DE HSEQ

- Lograr la satisfacción del cliente.
- Alcanzar un óptimo desempeño del personal.
- Sobrepasar los niveles mínimos de rentabilidad por proyecto.
- Identificar peligros, evaluar, jerarquizar y controlar los riesgos que se originan en las áreas de trabajo.
- Reducir la probabilidad de accidentes de trabajo, enfermedades profesionales y ausentismo laboral.
- Minimizar el uso inadecuado de los recursos naturales (consumo de agua generado por las actividades de la empresa).
- Minimizar los residuos sólidos generados por las actividades de la empresa

- Minimizar el consumo de energía eléctrica generado por las actividades de la empresa.

## 1.7. ESTRUCTURA FÍSICA

La empresa IMECONS LTDA cuenta actualmente con una oficina bien equipada de elementos con tecnología de punta para la realización de un excelente trabajo, tales elementos principales son computadores y sus accesorios, fotocopiadora, faxes, teléfonos, internet banda ancha, escritorios en buen estado y todo lo relacionado con el área administrativa para oficina. De igual manera cuenta con equipos en campo para la prestación de los servicios de la empresa, algunos de estos elementos son:

- 4 retroexcavadoras ZXL 200 equivalente a la 320 Caterpillar
- 1 Retroexcavadora 60 (oruga).
- 1 camioneta diésel modelo 2006 4x2.
- 1 turbo NPR marca Chevrolet placa SRS118.
- 1 camioneta diésel KIA K2700 4x4 color blanca modelo 2010.
- 3 vibrador de concreto diésel Warrior 4.7 HP REF: VB4101.
- 3 vibro compactador diésel marca Cimarron CPC 95 motor 4.7 HP HI-FORCE N10032174.
- 1 monta carga Toyota 3 toneladas.
- 5 equipos de corte marca Víctor con doble atrapa llama con mangueras, mezclador y boquillas en buen estado.
- 6 compresores 250 y 185.
- Herramientas menores en general.
- 5 moto soldadores de 450 amperios Lincoln.
- 1 camión grúa placa SRR815 marca Chevrolet con capacidad de 8000kg.
- 1 camión grúa placa SRS111 marca Chevrolet con capacidad de 10 toneladas.

- 1 camión grúa placa SSY367 marca Chevrolet con capacidad de 9234kg.
- 1 camión grúa placa SSY251 marca Chevrolet con capacidad de 8000kg.
- 1 camión de vacío placa SUE319 marca Chevrolet con capacidad de 20 toneladas.
- 6 moto soldadores marca MILLER 400.
- 1 mini cargador Caterpillar Skid Steer.
- 1 retro llanta jcb3c.
- 1 retro de oruga marca Hitachi.
- 1 volqueta placa KUM285 marca Chevrolet capacidad de 10 toneladas.
- 1 camión turbo placa SRS115 marca Chevrolet con capacidad de 3.5 toneladas.
- 1 camión turbo placa SRS116 marca Chevrolet con capacidad de 3.5 toneladas.
- 1 camión de platón placa SQC552 marca JMC.
- 1 buseta placa XWD305 marca Chevrolet con capacidad de 2 toneladas.
- 1 camión placa SOZ762 marca fotón con capacidad de 3000 kg.

En la figura 1 se muestran algunos de los equipos mencionados anteriormente.

## 1.8. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

En la figura 2 se muestra la estructura organizacional de la empresa IMECONS LTDA, donde se identifica la sección de la misma encargada del mantenimiento de las máquinas.

## 1.9. SERVICIOS PRESTADOS

- Limpieza de tanques.
- Servicio de retiro, transporte y tratamiento de lodos.

- Obras mecánicas, civiles y afines (En la figura 3 se muestran algunas obras civiles realizadas por la empresa).
- Construcción y mantenimiento de tanques metálico y vasijas.
- Servicio de mantenimiento industrial menor en pozos, estaciones, líneas de crudo.
- Control y monitoreo de equipos para medición de crudo y gas.
- Obras de construcción, adecuación de bancos de ductos y cableado.
- Atención de emergencia por derrames.
- Control de contaminación y limpieza.
- Levantamientos topográficos.
- Recuperación de crudos.
- Suministro de obras civiles, eléctricas, mecánicas, e instrumentación para montajes de tratadores termo electrostático.

Figura 1. Ejemplos de la maquinaria de la empresa IMECONS LTDA.



Figura 2. Estructura organizacional de la empresa.

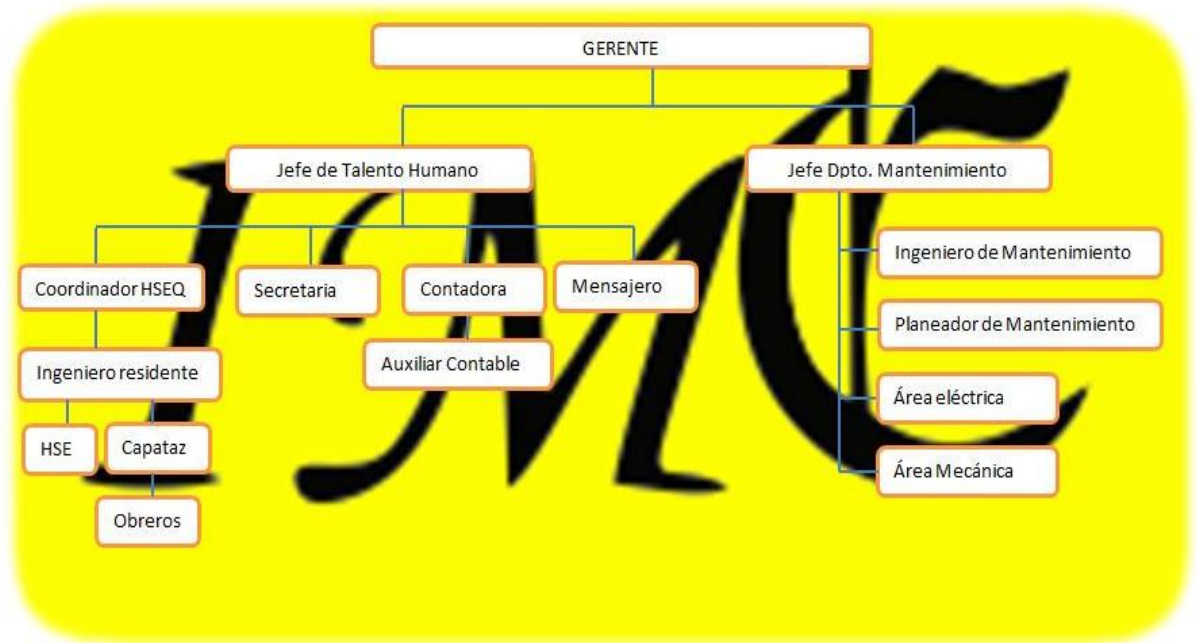


Figura 3. Registro fotográfico de algunas obras civiles realizadas por la empresa.



- Servicio de logística de residuos sólidos industriales.
- Servicio de remoción de costras y biodegradación estimulada de lodos y material vegetal contaminado.
- Alquiler de maquinaria pesada y equipo de transportes (camionetas, turbos, cama baja).

#### 1.10. UBICACIÓN

La empresa IMECONS LTDA se encuentra ubicada en la ciudad de Barrancabermeja en el departamento de Santander, Colombia, en la carrera 20 No. 49-42 del barrio Colombia. En la figura 4 se puede observar la ubicación de la empresa en el mapa de Barrancabermeja.

Figura 4. Ubicación de la empresa en el mapa de Barrancabermeja.



## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL MANTENIMIENTO<sup>2</sup>

La palabra mantenimiento puede ser considerada como la unión integral de un conjunto de actividades y procesos que se le deben realizar a los diferentes equipos, máquinas e instalaciones de una empresa, y tienen como fin aumentar la eficiencia y rentabilidad de la misma, al reducir y prevenir las fallas, logrando que dichos equipos presten su servicio adecuadamente de acuerdo a los criterios para los cuales fue diseñado.

Para lograr lo anterior una empresa por medio de su plan de mantenimiento debe lograr un equilibrio entre los siguientes factores:

- Maximización de los costos de parada del equipo por daños y reparaciones en la filosofía del mantenimiento correctivo.
- Maximización de la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimización de los costos de operación y mantenimiento. Para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

Todas las empresas manejan diferentes niveles tanto administrativos como técnicos dependiendo en buena medida del nivel de industrialización que cada una tiene, el mantenimiento también de ser programado de acuerdo a dichos niveles, así cada empresa tendrá sus sistema de programación y planeación de mantenimiento siguiendo factores como el tipo de industria, la magnitud y el desarrollo de la misma. Uno de los errores que se cometen a la hora de programar un plan de mantenimiento, es que se trabaja solo con los datos técnicos de las máquinas y equipos y no se tiene en cuenta gestión empresarial que es vital para que dicho proceso realmente signifique el equilibrio de los factores anteriormente mencionados.

---

<sup>2</sup> BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá D.C.: SENA DIgeneral, 1991.

## 2.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Dentro de los tipos de mantenimiento en este proyecto será necesario definir dos, mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo:

2.1.1. Mantenimiento correctivo. Como su nombre lo indica es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento. En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas.

2.1.1.1. Etapas del mantenimiento correctivo. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes.

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles.
- Supervisar las actividades por desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuesta de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

2.1.1.2. Desventajas del mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento presenta una serie de inconvenientes en diferentes áreas, los cuales son:

- Personal: inicialmente el personal necesario para la realización del mantenimiento es poco debido a que la maquinaria es nueva, pero con el tiempo y el aumento de número de fallas también será necesario un aumento de personal.

- Máquina: No identifica pequeñas deficiencias que a largo y mediano plazo se pueden convertir en grandes problemas que se pudieron resolver anteriormente.
- Inventario: Normalmente los repuestos necesarios para reparaciones no se encuentran debido al bajo control de los mismos en la empresa.
- Seguridad: La seguridad se verá afectada si la falla coincide con un evento inaplazable en la producción y se obliga a los equipos a trabajar en condiciones de riesgo tanto para el personal, como para la maquinaria.
- Calidad: La calidad del producto se verá seriamente afectada, ya que el desgaste progresivo de los equipos ocasionará una caída de esta.

2.1.2. Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo es aquel que se realiza mediante una programación previa de actividades, con el fin de evitar en lo posible la mayor cantidad de daños imprevistos, disminuir los tiempos muertos de producción por tallas y por ende disminuir los costos de la misma. El mantenimiento preventivo no es un remedio para todos los problemas que se presentan durante un proceso productivo; es simplemente una organización sistemática de lo que tradicionalmente se ha venido haciendo.

2.1.2.1. Ventajas del mantenimiento preventivo. Las ventajas del mantenimiento preventivo son:

- Con un adecuado mantenimiento preventivo, el equipo se conservará en óptimas condiciones de trabajo, permitiendo que la producción continúe su flujo normal sin interrupciones. Los niveles de productividad subirán considerablemente.
- Las personas que laboran con estos equipos se sentirán más satisfechas y trabajarán con un alto grado de motivación.
- Los equipos no sufrirán un deterioro mayor cuando han sido sometidos continuamente a un mantenimiento preventivo.
- Habrá menos desperdicio de materia prima, al no ocurrir daños inesperados.

- Se cumplirá con las fechas de entrega ofrecidas a los clientes, los cuales estarán satisfechos con el cumplimiento y la calidad.
- La fuerza de ventas estará más contenta y motivada para realizar más ventas.
- Al reducirse la improductividad de los equipos, los costos por máquina se reducirán también, pudiéndose fijar precios más competitivos.
- Por otro lado se podrán hacer los presupuestos Y proyecciones con más exactitud.
- En cuanto al inventario se refiere, se podrá establecer fácilmente la cantidad máxima y mínima de repuestos, lo cual es más racional. Se podrán adquirir los repuestos con la debida anticipación.
- Se dispondrá de las herramientas necesarias.
- Se podrá programar el trabajo del personal de mantenimiento; esto facilita el que se tenga el necesario para cumplir con las labores previstas.
- Se evitará en lo posible que fallas pequeñas, que no se manifiesten, ocasionen daños mayores. Se podrán planear las reposiciones o reparaciones generales del equipo de acuerdo con producción.
- Se podrán establecer índices para los costos de mantenimiento.
- En conjunto, se disminuirán los costos por una adecuada distribución de los recursos humanos, físicos y financieros.

2.1.2.2. Fuentes de información. Cuando se vaya a implantar un programa de mantenimiento preventivo, deberá hacerse una primera programación y contar en este momento con las siguientes fuentes de información:

- Catálogos de fabricantes.
- Manuales de fabricantes.
- Planos levantados a la maquinaria (si no existen).
- Memorias de cálculo si se han realizado mejoras o reparaciones.

- Experiencia de los peritos y técnicos en lubricación, electricidad y mecánica, que ayuden a responder las preguntas propias de una programación.
- Listados que contengan la disponibilidad de personal y equipos de mantenimiento.
- Información de los supervisores de producción acerca de tiempos picos, flojos y paradas obligadas de producción, que permitan distribuir de tal manera las tareas de mantenimiento buscando minimizar los tiempos muertos de producción por mantenimiento.

2.1.2.3. Preguntas básicas para un buen mantenimiento preventivo. Se puede llevar a cabo ahora, con esta información, una primera programación, respondiendo siempre, tanto para esta como para las futuras programaciones, las siguientes preguntas:

- ¿Qué hay que mantener?
- ¿Qué hay que hacer para mantenerlo en funcionamiento?
- ¿Cuándo y cada cuánto hay que hacerlo?
- ¿Cómo hay que hacerlo?
- ¿Qué personal se requiere para hacerlo?
- ¿Cuánto tiempo requiere hacerlo?

Se tendrán ahora programadas por semana, las actividades de mantenimiento. Cuando llegue la respectiva semana programada, el sistema de información expedirá una orden de mantenimiento que indique la ejecución de dicha actividad. Esta deberá contener: nombre, código, localización, elemento que se va a mantener, actividad por realizar, quien debe realizarla, tiempo estimado de duración y un lugar en blanco donde la gente de producción colocará el día específico de la semana y la hora en la cual se adelantará dicho mantenimiento, también se colocarán observaciones acerca del tiempo real de duración, posibles correcciones

a la frecuencia, métodos, herramientas, etc. A su vez, se informa acerca del estado del equipo, solicitando reparaciones o reposiciones inmediatas o posteriores.

La orden ahora ejecutada y corregida vuelve a las manos del sistema, quien la tomará como una fuente más de información para la próxima programación, que tendrá que ser cada vez más real y acertada debido a la constante corrección y a la continua realimentación del programa.

2.1.2.4. Codificación de las máquinas. Con el fin de simplificar en lo posible el contenido de la orden de mantenimiento, así como el de dar un mejor manejo a los costos, el sistema buscara codificar los datos que esta contenga; por ejemplo:

- Nombre de la máquina: Se tendrá que trabajar las máquinas por códigos, de acuerdo al nombre de la misma.
- Tipo de actividades: Se especificará procedimientos, elementos, herramientas y precauciones de manera clara y concisa, y se reunirán en grupos similares para que puedan ser codificados.
- Consecutivo: Se le asignará un número consecutivo a la máquina de acuerdo a la cantidad de existencias.

2.1.2.5. Sistema LEM. El manual de mantenimiento del Sena realizado con Fedemetal, propone un sistema de mantenimiento denominado LEM, el cual está basado en tres principios que surgieron a partir de investigaciones realizadas por el ingeniero inglés John Castles<sup>3</sup>, se tienen que cumplir los principios mencionados anteriormente para que un mantenimiento preventivo sea efectivo en todos sus aspectos, los principios que debe responder son:

- Que el mantenimiento sea fácil de organizar.
- Que el mantenimiento sea fácil de entender.

---

<sup>3</sup> BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá D.C.: SENA DIgeneral, 1991. p 42-50.

- Que el mantenimiento sea fácil de administrar.

A partir de lo anterior se diseñó el LEM cuyas siglas se refieren a:

- L: Actividades de lubricación; estas son las que se tienen en mayor cantidad debido a la gran necesidad que se presenta de esta por parte de la maquinaria de la empresa.
- E: Actividades eléctricas y electrónicas; es la que menos actividades presenta debido a que los sistemas eléctricos y electrónicos no sufren desgaste debido a que no hay movimiento de partes entre ellos.
- M: Actividades mecánicas; debido a que los elementos de una máquina presentan desgaste por fricción la cantidad de actividades que se realiza es mayor que las eléctricas y electrónica pero menor que la de lubricación.

Esto quiere decir que el sistema LEM es básicamente un programa de mantenimiento preventivo con la ventaja de que las actividades se agrupan en tres especialidades a tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento, mencionadas anteriormente.

Este sistema puede llegar a ser una opción al momento de la programación del mantenimiento. Sin embargo, es necesario tener en cuenta las necesidades de la empresa para así determinar cuál es la mejor alternativa para la estrategia de mantenimiento, de acuerdo a esto se plantea el sistema de información correspondiente.

### 3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Un sistema de información es “un conjunto de personas, datos y procedimientos que funcionan armónicamente; dichos componentes buscan llegar a un objetivo común para el apoyo de las actividades de la organización; estas incluyen las operaciones diarias de la empresa, la comunicación de los datos e informes, la administración de las actividades y la toma de decisiones”.

La importancia del uso de los sistemas de información es que potencian las capacidades no solo de los directivos de una empresa sino también del personal y los recursos que esta posee. Básicamente estos sistemas son generadores de información por lo tanto poseen la capacidad de brindársela a los gerentes o administradores en forma de datos y procesos cognoscibles que van a interpretar posteriormente y a tomar decisiones acerca del gerenciamiento del mantenimiento de la empresa.

#### 3.1. CLASES DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Dentro del mundo de los sistemas de información se pueden distinguir diferentes clasificaciones de los mismos, sin embargo, para la realización de este proyecto se necesita analizar y estudiar aquella que tiene en cuenta la jerarquización de una empresa y los sistemas de producción de la misma; siguiendo este orden de ideas en el proyecto se tratarán principalmente cuatro clases que tienen en cuenta los niveles anteriormente mencionados:

3.1.1. Sistemas de procesamiento de transacciones. Maneja datos concernientes a las transacciones. El procesamiento se realiza por medio de la siguiente razón: registro, procesamiento, orden, cálculo, síntesis, almacenamiento, visualización (o despliegue) de los resultados.

Las actividades empresariales son las tenidas en cuenta al momento del procesamiento de los datos en este sistema; por ejemplo: ventas, colocación de pedidos y movimiento de almacén e inventario. Su función se basa en la operación metódica de cualquier empresa u organización. La clasificación, el cálculo, distribución, resumen y almacenamiento de datos son razones para la aplicación del procesado de transacciones.

3.1.2. Sistemas de información gerencial. La información proporcionada por este sistema es útil en el apoyo para la toma de decisiones en los casos en los cuales ya están identificados los requisitos de investigación, es decir, todo aquello que un administrador necesita se obtiene a un posterior análisis minucioso de la situación.

3.1.3. Sistemas de apoyo para la decisión. Apoya a los gerentes en la toma de decisiones únicas y no reiteradas que relativamente no están estructuradas. Parte del proceso de la decisión consiste en determinar los factores a considerar, cuál es la información necesaria. Estos sistemas existen a fin de responder a condiciones inesperadas y propias de la información. Además son particularmente importantes para los altos niveles de dirección que debe tratar constantemente problemas cambiantes y tomar decisiones en caso que surgen de improviso. Un área especial de los sistemas de apoyo para las decisiones son los sistemas expertos, que utilizan programas de computación que almacenan datos y reglas con objeto de reproducir el proceso de toma de decisiones de los expertos humanos.

3.1.4. Sistemas de información para oficinas. Combina actividades del procesamiento de datos, teletransmisión de datos y procesamiento de palabras destinadas a automatizar el manejo de la información para la oficina. Frecuentemente extrae datos almacenados como resultado de procesamiento de datos. Incluye el manejo de la correspondencia, reportes y documentos.

3.1.5. Gestión del mantenimiento asistida por computadora (GMAC o CMMS). Un software para la gestión del mantenimiento asistida por computadora mantiene una base de datos computarizada sobre las operaciones de mantenimiento de una organización.

El objetivo principal de dicha información es el de la asistencia a los técnicos del mantenimiento a realizar dichos trabajos más efectivamente, y al mismo tiempo el de ayudar en la toma de decisiones sobre el mantenimiento y su gestión dentro de dicha organización.

Los paquetes de CMMS son comúnmente usados por organizaciones que requieren mejoras en el mantenimiento de sus equipos, bienes y propiedades.

Algunos productos son enfocados en sectores particulares de la industria así como otros pueden ser más generales.

## 3.2. ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Un sistema de información se encarga de realizar tres funciones principales, la primera es la de recibir datos que ingresan al sistema para ser procesados, la siguiente función es precisamente la de ejecutar el procesamiento de estos datos lo que al final de esta etapa produce una salida de información útil para los procesos y procedimientos que se realicen en la empresa, la cual es la tercera función de dicho sistema.

Teniendo en cuenta las funciones que se mencionaron un sistema de información también tiene tres elementos principales que se clasifican de acuerdo a la función que está desempeñando:

3.2.1. Elementos de entrada. Son todos los datos que ingresan al sistema; para el caso específico de este proyecto los datos de entrada son todos aquellos que tienen

que ver con la maquinaria y el mantenimiento de la misma, las hojas de vida, los inventarios de repuestos, todos los trabajos realizados, etc...

3.2.2. Sistema de procesamiento. Se encarga de procesar dichos datos de entrada para así por medio de la programación del mantenimiento preventivo realizado para la empresa se generen los respectivos datos de salida.

3.2.3. Elementos de salida. Es aquella información útil que dependiendo del tipo de sistema de información será utilizada de una forma u otra. Normalmente se representa en alarmas e indicadores que informan al ingeniero de mantenimiento y a los técnicos los momentos propicios en los cuales se requiere la realización de las diferentes actividades de mantenimiento.

### 3.3. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

La necesidad de que la velocidad de programación y de procesamiento de datos sea elevada, es un factor determinante para utilizar la computación como medio para la construcción del sistema de información, dentro de este medio se tienen diferentes lenguajes utilizados a nivel mundial para el desarrollo de dichos sistemas, algunos de estos lenguajes son:

- HTML: es el lenguaje que se emplea para el desarrollo de páginas de internet. Está compuesto por una serie de etiquetas que el navegador interpreta y da forma en la pantalla. HTML dispone de etiquetas para imágenes, hipervínculos que nos permiten dirigirnos a otras páginas, saltos de línea, listas, tablas, etc.
- Java Script: es un lenguaje de programación que se utiliza principalmente para crear páginas web dinámicas. Una página web dinámica es aquella que incorpora efectos como texto que aparece y desaparece, animaciones, acciones que se activan al pulsar botones y ventanas con mensajes de aviso al usuario.

Técnicamente, JavaScript es un lenguaje de programación interpretado, por lo que no es necesario compilar los programas para ejecutarlos. En otras palabras, los programas escritos con JavaScript se pueden probar directamente en cualquier navegador sin necesidad de procesos intermedios.

- PHP: es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página Web resultante. PHP ha evolucionado por lo que ahora incluye también una interfaz de línea de comandos que puede ser usada en aplicaciones gráficas independientes. Puede ser usado en la mayoría de los servidores web al igual que en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin ningún costo. Se considera uno de los lenguajes más flexibles, potentes y de alto rendimiento conocidos hasta el día de hoy. Lo que ha atraído el interés de múltiples sitios con gran demanda de tráfico como Facebook, para optar por PHP como tecnología de servidor.
- ASP.NET: ASP.NET es un framework para aplicaciones web desarrollado y comercializado por Microsoft. Es usado por programadores y diseñadores para construir sitios web dinámicos, aplicaciones web y servicios web XML. Apareció en enero de 2002 con la versión 1.0 del .NET Framework, y es la tecnología sucesora de la tecnología Active Server Pages (ASP). ASP.NET está construido sobre el Common Language Runtime, permitiendo a los programadores escribir código ASP.NET usando cualquier lenguaje admitido por el .NET Framework.
- JSP: JavaServer Pages (JSP) es una tecnología que ayuda a los desarrolladores de software a crear páginas web dinámicas basadas en HTML, XML, entre otros tipos de documentos. JSP es similar a PHP, pero usa el lenguaje de programación Java. Para desplegar y correr JavaServer Pages, se requiere un servidor web compatible con contenedores servlet como Apache Tomcat o Jetty. TagLibs -> JSP -> Servidor Aplicaciones (Servlets) -> Cliente (Navegador). El

rendimiento de una página JSP es el mismo que tendría el servlet equivalente, ya que el código es compilado como cualquier otra clase Java. A su vez, la máquina virtual compilará dinámicamente a código de máquina las partes de la aplicación que lo requieran. Esto hace que JSP tenga un buen desempeño y sea más eficiente que otras tecnologías web que ejecutan el código de una manera puramente interpretada.

- Python: es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma. Es administrado por la Python Software Foundation. Posee una licencia de código abierto, denominada Python Software Foundation License, que es compatible con la Licencia pública general de GNU a partir de la versión 2.1.1, e incompatible en ciertas versiones anteriores.

- Ruby: Ruby es un lenguaje de programación interpretado, reflexivo y orientado a objetos, creado por el programador japonés Yukihiro "Matz" Matsumoto, quien comenzó a trabajar en Ruby en 1993, y lo presentó públicamente en 1995. Combina una sintaxis inspirada en Python y Perl con características de programación orientada a objetos similares a Smalltalk. Comparte también funcionalidad con otros lenguajes de programación como Lisp, Lua, Dylan y CLU. Ruby es un lenguaje de programación interpretado en una sola pasada y su implementación oficial es distribuida bajo una licencia de software libre.

Para el desarrollo del sistema de información para el mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA se utilizará el lenguaje de programación PHP, puesto que permite trabajar el software desde cualquier lugar que posea conexión a internet y es muy versátil en la realización del mismo y proporciona una interfaz amigable y fácil de manejar para los diferentes usuarios posibles dentro de la empresa. Al mismo tiempo la base de datos que se utilizará para el desarrollo del sistema de información es MySQL la cual es el segundo sistema de gestión de bases de datos

relacionales más usado en el mundo y posee gran versatilidad para el manejo de software para la gestión del mantenimiento.

#### 3.4. OBJETIVOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN<sup>4</sup>

El objetivo fundamental del sistema de información para el mantenimiento es presentar continuamente la base de datos esencial para la correcta y oportuna planificación del mantenimiento y la evaluación de su gestión.

Los objetivos de un buen sistema de información que regule una planta de producción deben estar relacionados con los objetivos propios del departamento de mantenimiento al que va a respaldar, teniendo en cuenta los criterios económicos y encausados a obtener una reducción en los costos generales de producción. Algunos de los principales objetivos de los sistemas de información, se pueden resaltar:

- Proporcionar datos oportunos y exactos que permitan tomar decisiones acertadas y mejorar la relación entre los recursos de la empresa.
- Garantizar información exacta y confiable, así como su almacenamiento de tal forma que esté disponible cuando se necesite.
- Servir como herramienta para que los gerentes realicen planeación, control y toma de decisiones en la empresa.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones al máximo posible.
- Controlar el costo directo de mantenimiento, mediante el uso adecuado y eficiente del tiempo, materiales, mano de obra y servicios.

---

<sup>4</sup> DUARTE, David y GONZALES, Luis Rafael. Diseño e implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento en la empresa INYESA LTDA. Trabajo de grado Ingeniero mecánico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2012. p 122-125.

Establecer objetivos en la implementación de un sistema de información que se reconoce como un recurso para la organización es un aspecto fundamental para la empresa.

Esto tiene valor porque influye en la manera cómo opera la empresa, carecer de una estructura del sistema puede ocasionar que los administradores cometan errores, pierdan oportunidades y enfrenten a graves problemas de mantenimiento. Los sistemas de información hacen posible lograr nuevos niveles de eficacia y eficiencia.

### 3.5. IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EL MANTENIMIENTO

La importancia de los sistemas de información en mantenimiento se deriva de la necesidad de que en mantenimiento se cuente con una organización sólida que permita restablecer en el menor tiempo las condiciones de operación de cualquier equipo o sistema para reducir al mínimo las pérdidas de producción. En consecuencia, el mantenimiento con un buen sistema de información es un medio eficaz para obtener utilidades, ya que es un soporte para conservar la planta en el grado más alto de productividad y competencia al impedir las interrupciones de operación de las máquinas.

Debido a la gran cantidad de información que se necesita tener organizada y actualizada para llevar a cabo una buena gestión de mantenimiento, resulta necesario auxiliarse de un sistema computarizado que permita documentar y mantener accesible toda esa información, la cual debe garantizar una continuidad en los procesos de producción y además prolongue la vida útil de los equipos. Una eficiente gestión de mantenimiento sólo puede ser posible con un eficiente sistema de información que lo asista. Los sistemas de información ofrecen a la gestión de mantenimiento el dato preciso en el instante oportuno, son fuente para la obtención de los indicadores de gestión, los costos del sistema de mantenimiento implantado,

y el análisis estadístico, además de facilitar la presentación de informes y contribuir con el control de las posibles variaciones en los objetivos trazados en las políticas gerenciales del mantenimiento. Para llevar a cabo una buena Gestión de Mantenimiento es necesario ejercer un control inteligente sobre los siguientes factores:

- La planeación y la programación de los trabajos de mantenimiento organizados en un sistema de información. Esto con el objetivo de disminuir el costo mínimo unitario para obtener una rentabilidad óptima del mantenimiento.
- Las reparaciones de emergencia.
- El tiempo muerto en reparación ocasionado por el mantenimiento correctivo.
- Las reparaciones del equipo.
- Los materiales usados en las reparaciones y el desperdicio de los mismos que pueda ser imputado a mantenimiento.
- La seguridad de los trabajadores y de la planta
- La cantidad de mano de obra de mantenimiento
- La depreciación de los equipos y las instalaciones.

### 3.6. GESTIÓN DE MANTENIMIENTO ASISTIDO POR COMPUTADORA

La Gestión de mantenimiento asistido por computadora u ordenador, (también por las siglas GMAC). También se nombra en ocasiones como CMMS, acrónimo de Computerized Maintenance Management System (CMMS). En esencia es una herramienta software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento.

Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.

Las plataformas de gestión del mantenimiento asistido por computadora pueden ser utilizadas por cualquier organización que necesite gestionar el mantenimiento de sus equipos, activos y propiedades.

Algunas de las soluciones existentes están enfocadas a mercados específicos (mantenimiento de flotas de vehículos, infraestructuras sanitarias, etc.) aunque también existen productos que enfocados a un mercado general.

El software ofrece una amplia variedad de funcionalidades, dependiendo de las necesidades de cada organización, existiendo en el mercado un gran rango de precios; a este se puede acceder vía web, mientras que la aplicación se encuentra alojada en los servidores de la empresa que vende el producto, o por medio de un proveedor de servicios de las tecnologías de la información o también puede tener acceso vía LAN si la empresa adquisidora del producto lo aloja en su propio servidor.

#### 3.6.1. Ejemplo de software para la gestión del mantenimiento.

- Software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA: El propósito de este proyecto es el diseño e implementación de un software para la gestión del mantenimiento la empresa IMECONS LTDA, por esta razón este software se pondrá como ejemplo en este aparte del proyecto.

En la figura 5 se puede observar la página principal del software que este caso es PHP, es decir se abre en una página web desde cualquier navegador de internet; y en la figura 6 se observa el módulo de equipos del mismo, en donde se encuentran algunos de los diferentes equipos que maneja la empresa para la realización de sus actividades industriales.

Figura 5. Página principal del software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.

Id	Descripción	Equipo	Tipo	Ejecución	Ejecutar
158	Camion de platon	Camión de platón	Programa de Mantenimiento	20/06/2015 365000Km	Aplicar
154	Camion de platon	Camión de platón	Programa de Mantenimiento	18/06/2015 524300Km	Aplicar
25	CAMION JMC	camion jmc	Orden de Trabajo	10/06/2015	Seguimiento
24	adsdad	torno	Orden de Trabajo	09/06/2015	Seguimiento

Figura 6. Módulo de equipos del software de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.

Nombre del Equipo	Referencia (placa)	Fecha de Registro	Fecha de Ingreso	Contador	Área	Estado
Camión de platón	SQC552	07/05/2015 11:33	20/05/2015	Kilometros	Barrancabermeja	Operativo
Camión de vacío	SUE319	07/05/2015 11:33	20/05/2015	Kilometros	Barrancabermeja	Operativo
Camión grúa	SRR815	07/05/2015 11:33	20/05/2015	134.005	Barrancabermeja	Operativo
Camión grúa	SRS111	07/05/2015 11:33	20/05/2015	Kilometros	Barrancabermeja	Operativo

#### 4. MODELO PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA IMECONS LTDA.

El mantenimiento preventivo es la base del modelo de mantenimiento que se aplicara a la empresa IMECONS LTDA, de esta manera se entiende que todos los procesos y acciones realizadas por el departamento de mantenimiento de la empresa van a estar enfocadas en la operación constante y consciente de la maquinaria con una cantidad de fallas reducida al mínimo posible, sin embargo, cuando algún imprevisto surja también tiene que soportar de la mejor manera dicha falla sin sufrir tantas consecuencias tanto para la seguridad como la operación de las máquinas.

##### 4.1. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

A continuación se muestran los objetivos planteados para el modelo de la administración del mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA.

4.1.1. Objetivo general. Garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de la maquinaria de la empresa IMECONS LTDA, realizando la función de mantenimiento eficientemente, con la técnica adecuada, segura y lo más económica posible, contribuyendo con el cumplimiento de las políticas de calidad preestablecidas por la empresa.

4.1.2. Objetivos específicos. Los objetivos específicos del plan de mantenimiento son:

- Aumentar la vida útil de la maquinaria de la empresa.
- Disminuir los costos asociados al manejo de materiales y al mantenimiento.
- Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento las máquinas que afecten de manera directa los procesos realizados por las mismas.

- Minimizar los tiempos muertos en producción asociados a las paradas por mantenimiento.

## 4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En esta parte del capítulo se mostrara las consideraciones y acciones que se tuvieron en cuenta para la mejora del modelo de gestión de mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA dichas acciones son basadas principalmente en el hecho de que conducen a un mantenimiento realizado de forma más eficiente, técnica, segura y económica posible, llegando a la solución de problemas que se encontraron en el estudio realizado en este libro.

4.2.1. Justificación del mantenimiento de los equipos de la empresa IMECONS LTDA. El estudio realizado a la planificación del mantenimiento y estado de los equipos en la empresa IMECONS LTDA, arroja resultados que concluyen en la necesidad de rediseñar e implementar un nuevo modelo de los criterios que se tienen en cuenta para la programación del mantenimiento, como también un procedimiento para manejar de forma efectiva los recursos que son dirigidos al área de mantenimiento y de esta forma optimizar los indicadores de gestión dentro de la empresa, reduciendo costos, aumentando la disponibilidad de las máquinas, ampliando la seguridad en la operatividad de los equipos y optimizando la labor del mantenimiento reduciendo tiempos empleados en este, aplicando, basándose y desarrollando un sistema de información en el departamento de mantenimiento el cual es de suma importancia para el crecimiento industrial y optimización de los recursos de la empresa.

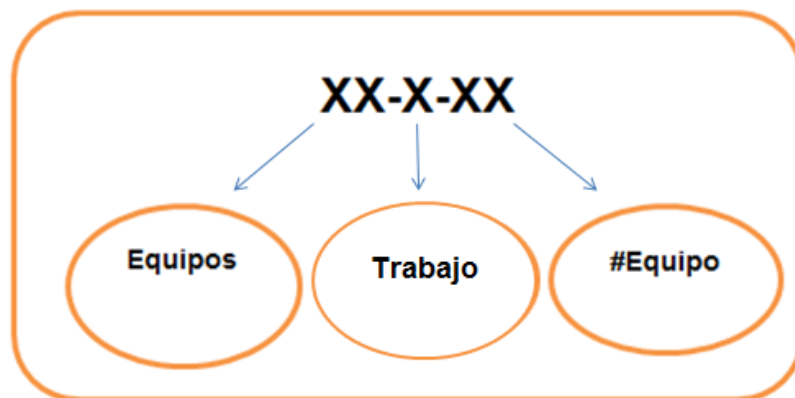
Estas nuevas acciones y consideraciones a implementar que permitan a la empresa avanzar en aspectos de producción, es conveniente realizar un análisis de criticidad de los equipos de la planta de producción, el cual permita hacer una clasificación y ubicación de los diferentes tipos de mantenimiento y las acciones correspondientes

a realizar en cada equipo, de acuerdo al impacto que se tiene en la producción, el tiempo de servicio, la complejidad tecnológica de los equipos, complicación del equipo y acciones de mantenimiento, requisitos y recomendaciones de mantenimiento.

4.2.2. Codificación de máquinas y equipos. En la empresa IMECONS LTDA en la cual se está desarrollando la implementación de un software de mantenimiento. Se va a implementar un sistema de codificación e identificación de la maquinaria, para lo cual se realizó un diseño de codificación alfanumérico, que consta de 5 caracteres, como se ilustra en la figura y se aplica de la siguiente manera.

- Dos letras que determinan el nombre del equipo (Abreviatura).
- Una letra determina el trabajo que realiza el equipo.
- Dos números que identifican el equipo dentro del trabajo que realiza.

Figura 7. Codificación de los equipos.



La empresa IMECONS LTDA no contaba con un sistema de codificación que le ayudara a identificar fácilmente los equipos, y poder tener una mayor comodidad a la hora de generar un plan de mantenimiento a la parte automotora de la empresa.

Tabla 1. Código para los nombre de los equipos en la empresa IMECONS LTDA.

Código del equipo	Nombre del equipo
RCR-01	Retroexcavadora ZXL 200
RCR-02	Retroexcavadora ZXL 200
RCR-03	Retroexcavadora ZXL 200
RCR-04	Retroexcavadora ZXL 200
ROR-01	Retroexcavadora 60 (oruga)
CDT-01	Camionetas diésel modelo 2006 4x2
TUT-01	Turbo NPR marca Chevrolet
CDT-02	Camioneta diésel KIA K2700 4x4
EVC-01	Equipos de corte Víctor
EVC-02	Equipos de corte Víctor
EVC-03	Equipos de corte Víctor
EVC-04	Equipos de corte Víctor
MCC-01	Monta carga Toyota
CGT-01	Camión grúa placa SRR815
COC-01	Compresor de aire 250
COC-02	Compresor de aire 125
MSS-01	Moto soldadores Lincoln
MSS-02	Moto soldadores Lincoln
CGT-02	Camión grúa placa SRS111
CGT-03	Camión grúa placa SSY367
CGT-04	Camión grúa placa SSY251
CVT-01	Camión de vacío placa SUE319
MCR-01	Mini cargador Caterpillar
VOT-01	Volqueta placa KUM285
CTT-01	Camión turbo placa SRS115
CTT-02	Camión turbo placa SRS116
CPT-01	Camión de platón placa SQC552

CVT-01	Camión de vacío placa SUE319
CTT-01	Camión turbo placa SRS115
CTT-02	Camión turbo placa SRS116
CPT-01	Camión de platón placa SQC552

Estos son los criterios que se van a tener en cuenta a la hora de realizar el código para cada equipo.

- Si el nombre del equipo tiene una sola palabra se coloca las dos primeras letras.
- Si el nombre del equipo tiene dos o más palabras se colocan las dos primeras palabras.
- La última se coloca de acuerdo al trabajo que ejecuta el equipo.

Para estos se hace un inventario de toda la parte automotora de la empresa y se le asigna su respectivo código a cada máquina como se ve en la tabla 1.

4.2.3. Análisis de criticidad. El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, dirigiendo el esfuerzo y los recursos a las áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional basado en la realidad actual.

4.2.3.1. Definiciones Importantes. A continuación se definen algunos términos importantes sobre la criticidad en los equipos.

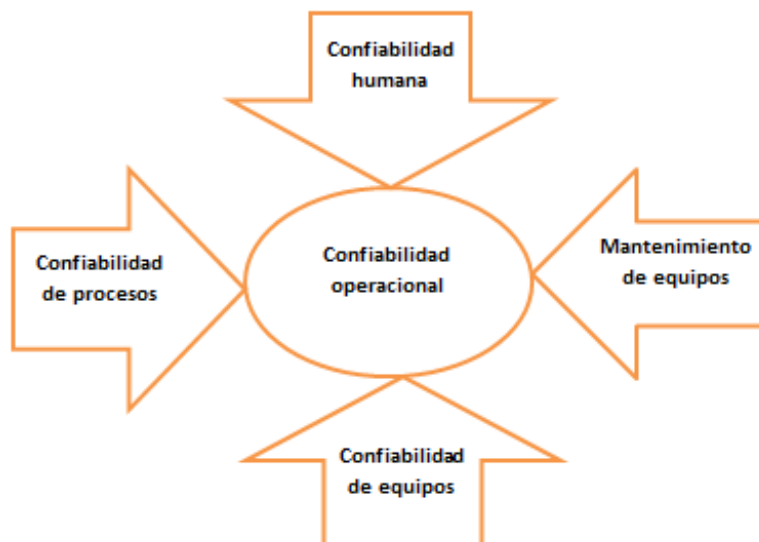
- Análisis de Criticidad: Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un

método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

- **Confiabilidad:** Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.
- **Confiabilidad Operacional:** Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.

Figura 8. Confiabilidad.



4.2.3.2. Metodología para el análisis de criticidad. Este es un método bastante sencillo y práctico, soportado en el concepto del riesgo. A continuación se presenta de forma detallada la expresión utilizada para calcular la criticidad:

- Criticidad= Frecuencia o tasa de falla \* Consecuencia de la falla.
- Frecuencia= Rango de fallas en un tiempo determinado.
- Consecuencia= (Impacto operacional \* Flexibilidad) + Costo de mantenimiento + Impacto seguridad, ambiente e higiene.

El máximo valor de criticidad que se puede obtener a partir de los factores ponderados evaluados es de 200.

En la tabla 2 se muestra el formato de la encuesta realizada al jefe de mantenimiento de la empresa para el análisis de criticidad de todos los equipos de la empresa, en la tabla 3 están plasmados los valores de ponderación para las respuestas a dicha encuesta.

4.2.4. Resultados del análisis de criticidad. Los resultados del análisis de criticidad se muestran divididos en tres partes; la primera son los resultados individuales del análisis de criticidad de los equipos y máquinas, la segunda es la relación frecuencia consecuencia obtenida a partir de la matriz del análisis de criticidad, esta se muestra gráficamente y la tercera es la clasificación de los equipos y maquinaria de acuerdo a sus resultados teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos para los equipos:

- Críticos.
- Medianamente críticos.
- No críticos.

4.2.4.1 Resultados individuales de las máquinas. Los resultados individuales de los equipos y máquinas de la empresa se muestran en las tablas 4 hasta la 17 en estas tablas se muestran los puntajes ponderados de acuerdo a los valores obtenidos de la encuesta realizada a cada equipo y al final se muestra el valor de criticidad obtenido a partir de la suma de los valores anteriormente mencionados.

Tabla 2. Formato para encuesta de análisis de criticidad en la empresa IMECONS LTDA.

1. Frecuencia de falla	
	Alta - 2 fallas por año
	Media -1 y 2 fallas por año
	Baja - 0.5 y 1 fallas por año
	Nula 0.5 fallas por año

2. Impacto operacional	
	Parada total de la obra
	Parada del proceso o subproceso de la obra con repercusión en otros procesos
	Impacta en niveles de inventario calidad
	No genera ningún efecto significativo sobre la operación y la obra

3. Flexibilidad operacional	
	No existe continuidad en la obra y no hay función de repuesto
	Hay opción de repuesto compartido/almacén
	Función de repuestos disponibles

4. Costo de reparación (\$)	
	Mayor o igual a 2.000.000 \$
	Inferior a 2.000.000 \$

5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene	
	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la empresa
	Afecta el ambiente/obra
	Afecta la obra causando daños severos
	Provoca daños menores (ambiente – seguridad )
	No provoca ningún tipo de daños a personas, obra o al ambiente

Tabla 3. Puntajes de la encuesta de análisis de criticidad en la empresa IMECONS LTDA.

Puntaje	1. Frecuencia de falla
4	Alta - 2 fallas por año
3	Media -1 y 2 fallas por año
2	Baja - 0.5 y 1 fallas por año
1	Nula 0.5 fallas por año

	2. Impacto operacional
10	Parada total de la obra
7	Parada del proceso o subproceso de la obra con repercusión en otros procesos.
4	Impacta en niveles de inventario calidad
1	No genera ningún efecto significativo sobre la operación y la obra

	3. Flexibilidad operacional
4	No existe continuidad en la obra y no hay función de repuesto
2	Hay opción de repuesto compartido/almacén
1	Función de repuestos disponibles

	4. Costo de reparación (\$)
2	Mayor o igual a 2.000.000 \$
1	Inferior a 2.000.000 \$

	5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene
8	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la empresa
7	Afecta el ambiente/obra
5	Afecta la obra causando daños severos
3	Provoca daños menores (ambiente – seguridad )
1	No provoca ningún tipo de daños a personas, obra o al ambiente

Tabla 4. Resultados del análisis de criticidad de la Retroexcavadora ZXL 200.

EQUIPO: Retroexcavadora ZXL 200	
CODIGO: RCR-01 TRABAJO : REMOCIÓN DE MATERIAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	4
Impacto operacional	10
Flexibilidad operacional	4
Costo de reparación (\$)	2
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>196</b>

Tabla 5. Resultados del análisis de criticidad de la Retroexcavadora 60 (oruga).

EQUIPO: Retroexcavadora 60 (oruga)	
CODIGO: ROR-01 TRABAJO : REMOCIÓN DE MATERIAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	10
Flexibilidad operacional	4
Costo de reparación (\$)	2
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>98</b>

Tabla 6. Resultado de análisis criticidad a la camioneta diésel modelo 2006 4x2.

EQUIPO: Camioneta diésel modelo 2006 4x2	
CODIGO: CDT-01 TRABAJO:TRANSPORTE DE PERSONAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>18</b>

Tabla 7. Resultados del análisis de criticidad de la Turbo NPR marca Chevrolet.

EQUIPO: Turbo NPR marca Chevrolet	
CODIGO: TUT-01 TRABAJO : TRANSPORTE DE CARGA	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>30</b>

Tabla 8. Resultados del análisis de criticidad de la Camioneta diésel kia K2700 4x4.

EQUIPO: Camioneta diésel kia K2700 4x4	
CODIGO: CDT-02 TRABAJO:TRANSPORTE DE PERSONAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>18</b>

Tabla 9. Resultados del análisis de criticidad del Equipo de corte victor.

EQUIPO: Equipo de corte victor	
CODIGO: EVC-01 TRABAJO : CORTE DE MATERIALES	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	8
<b>CRITICIDAD</b>	<b>16</b>

Tabla 10. Resultados del análisis de criticidad del Monta carga Toyota.

EQUIPO: Monta carga Toyota	
CODIGO: MCC-01 TRABAJO : CARGA DE MATERIAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costo de reparación (\$)	2
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>46</b>

Tabla 11. Resultados del análisis de criticidad del Camión grúa placa SRR815.

EQUIPO: Camión grúa placa SRR815	
CODIGO: CGT-01 TRABAJO :TRANSPORTE DE EQUIPOS	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>30</b>

Tabla 12. Resultados del análisis de criticidad del Compresor de aire 250.

EQUIPO: Compresor de aire 250	
CODIGO: COC-01 TRABAJO : COMPRESIÓN DE AIRE	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	4
Impacto operacional	10
Flexibilidad operacional	4
Costo de reparación (\$)	2
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>100</b>

Tabla 13. Resultados del análisis de criticidad del Moto soldador Lincoln.

EQUIPO: Moto soldador Lincoln	
CODIGO: MSS-01 TRABAJO : SOLDAR	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	8
<b>CRITICIDAD</b>	<b>16</b>

Tabla 14. Resultados del análisis de criticidad del Camión de vacío placa SUE319.

EQUIPO: Camión de vacío placa SUE319	
CODIGO: CVT-01 TRABAJO : TRANSPORTAR FLUIDOS	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	2
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	2
Costo de reparación (\$)	2
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>46</b>

Tabla 15. Resultados del análisis de criticidad del Mini cargador Caterpillar.

EQUIPO: Mini cargador Caterpillar	
CODIGO: MCR-01 TRABAJO : RECOLECTOR DE TIERRA	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	2
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>10</b>

Tabla 16. Resultados del análisis de criticidad del Camión de platón placa SQC552.

EQUIPO: Camión de platón placa SQC552	
CODIGO: CPT-01 TRABAJO : TRANSPORTE DE MATERIAL	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto operacional	1
Flexibilidad operacional	2
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>10</b>

Tabla 17. Resultados del análisis de criticidad de la Volqueta placa KUM285.

EQUIPO: Volqueta placa KUM285	
CODIGO: VOT-01 TRABAJO: TRANSPORTE DE RESIDUOS	
PARÁMETROS	PUNTAJE
Frecuencia de falla	1
Impacto operacional	7
Flexibilidad operacional	1
Costo de reparación (\$)	1
Impacto en seguridad, ambiente e higiene	7
<b>CRITICIDAD</b>	<b>15</b>

4.2.4.2. Relación frecuencia consecuencia. En la tabla 18 se muestra la comparación entre la frecuencia y consecuencia del análisis de criticidad de los equipos relacionados a los códigos de los mismos.

4.2.4.3. Clasificación de la maquinaria. Para obtener el nivel de criticidad de los sistema se toman los valores totales individuales de cada uno de los factores principales: frecuencia y consecuencia y se ubican en la matriz de criticidad-valor de frecuencia en el eje Y, de consecuencia en el eje X. la matriz de criticidad mostrada en la figura 9 permite jerarquizar los sistemas en tres áreas como se muestran a continuación.

- Área de Sistemas No Críticos (NC): son los equipos que en el caso de fallar no repercutirán de manera importante en el proceso productivo.
- Área de sistemas Medianamente Críticos (MC): son los equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería.
- Área de Sistemas Críticos (C): son los equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente.

En la tabla 19 se encuentran los equipos ya clasificados de acuerdo a su nivel de criticidad. Teniendo en cuenta la información de la tabla 19, se observa la maquinaria con su respectividad área de criticidad.

A continuación en la tabla 20 el puntaje obtenido por cada máquina en la evaluación de ponderaciones y en el área correspondiente de criticidad.

Se mostrara en forma de barras los valores ponderados de lo arrojado por el estudio de criticidad, y a si se tendrá una gráfica de resultados.

Tabla 18. Frecuencia de falla y consecuencias.

Código	Frecuencia	Consecuencia
RCR-01	4	49
ROR-01	2	49
CDT-01	2	9
TUT-01	2	15
CDT-02	2	9
EVC-01	1	16
MCC-01	2	15
CGT-01	2	15
COC-01	4	49
MSS-01	1	16
CVT-01	2	23
MCR-01	1	10
CPT-01	1	10
VOT-01	1	15

Figura 9. Matriz de análisis de criticidad.

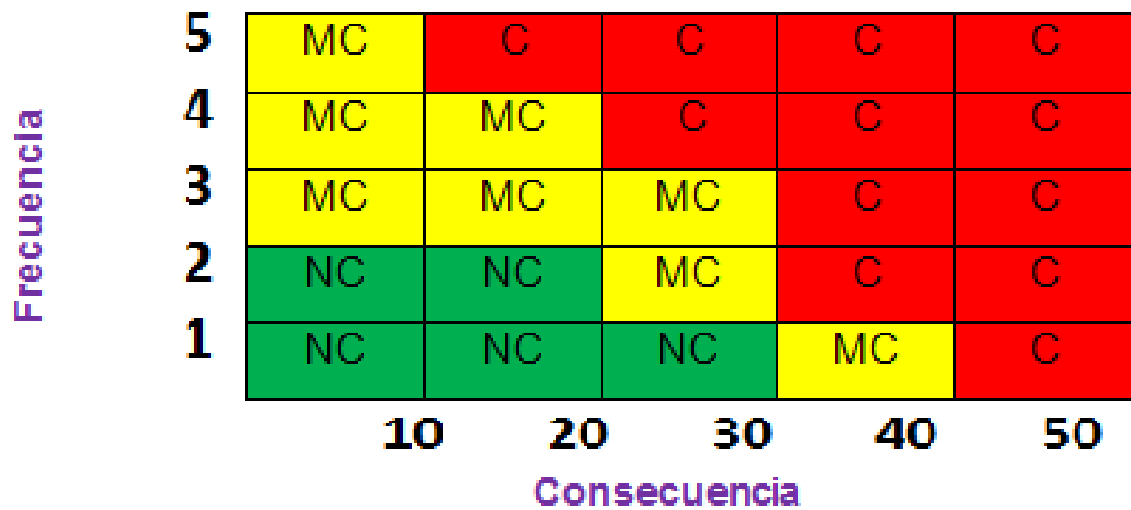
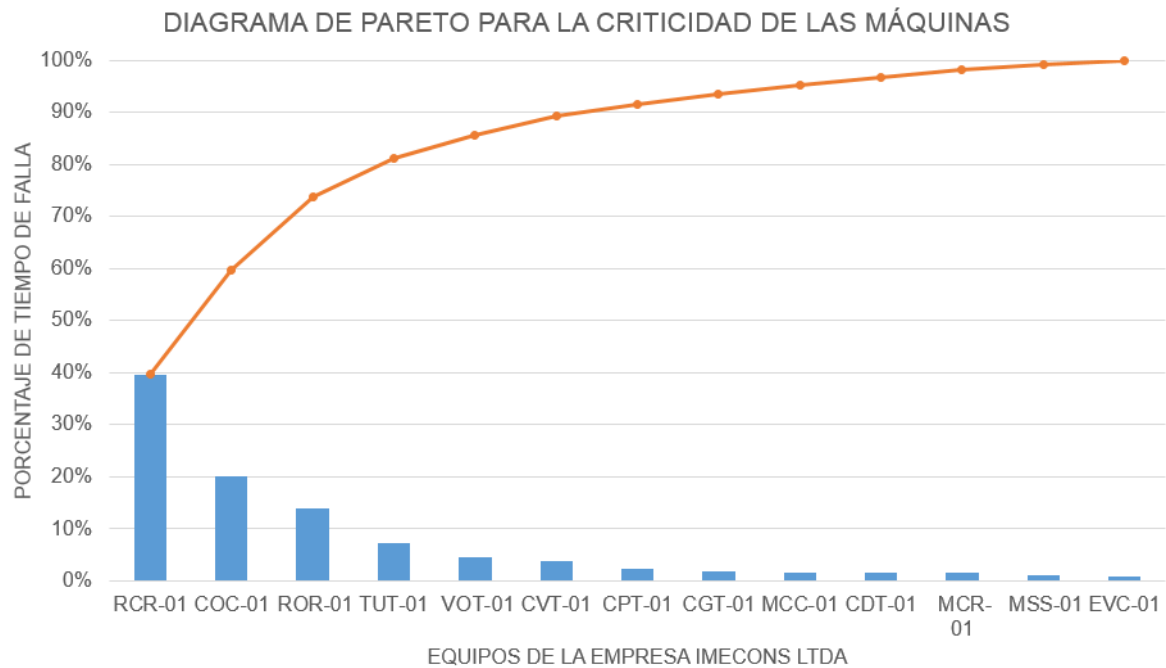


Figura 10. Análisis Pareto para criticidad.



Con el estudio, los equipos tendrán su nivel de criticidad dentro de la empresa, el cual se debe tener en cuenta como prioridad, con el fin de llevar los proyectos de la empresa con el mayor éxito posible.

Con el análisis de Pareto, se puede establecer los cuatro equipos que tengan el mayor nivel de criticidad. Posteriormente se llevara a cabo mediante un estudio minucioso de un plan de mantenimiento para cada uno de ellos que se presentara a continuación en este libro. Esto son los equipos.

- Retroexcavadora ZXL 200.
- Retroexcavadora 60 (oruga).
- Camión de vacío placa SUE319.
- Camioneta diésel modelo 2006 4x2.




Tabla 19. Resultados obtenidos de cada uno de los equipos evaluados en la matriz de criticidad.

Código	Maquinaria	Área
<ul style="list-style-type: none"> <li>• RCR-01</li> <li>• ROR-01</li> <li>• COC-01</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retroexcavadora ZXL 200</li> <li>• Retroexcavadora 60 (oruga)</li> <li>• Compresor de aire 250</li> </ul>	Maquinaria crítica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CVT-01</li> <li>• MCC-01</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camión de vacío placa SUE319</li> <li>• Monta carga Toyota</li> </ul>	Maquinaria medianamente crítica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CDT-01</li> <li>• TUT-01</li> <li>• EVC-01</li> <li>• CGT-01</li> <li>• MSS-01</li> <li>• MCR-01</li> <li>• CPT-01</li> <li>• VOT-01</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Camionetas diésel modelo 2006 4x2</li> <li>• Turbo NPR marca Chevrolet</li> <li>• Equipos de corte Víctor</li> <li>• Camión grúa placa SRR815</li> <li>• Moto soldadores Lincoln</li> <li>• Mini cargador Caterpillar</li> <li>• Camión de platón placa SQC552</li> <li>• Volqueta placa KUM285</li> </ul>	Maquinaria no crítica

4.2.5. Consideraciones previas a la realización del plan de mantenimiento. Las acciones de mantenimiento que se muestran a continuación fueron desarrolladas con base en el sistema de trabajo que maneja la empresa, la cual tiene diferentes tipos de servicios que demandan o no un nivel de esfuerzo a la maquinaria que se utilice en cada uno, de acuerdo a esto y en conjunto con los manuales de mantenimiento de las máquinas a las cuales se le desarrolla el plan, la empresa desarrolla diferentes acciones de mantenimiento a la misma máquina de acuerdo al tipo de trabajo y al tiempo que se maneje, siendo el último el factor común que le dice a los operarios cuando realizar dichas acciones, por lo tanto este es el contador principal y la fuente de alarmas más común que se usa en el software.

Tabla 20. Puntaje de criticidad.

Código de la maquina	Nombre de la maquina	Puntaje de criticidad
• RCR-01	• Retroexcavadora ZXL 200	196
• ROR-01	• Retroexcavadora 60 (oruga)	98
• COC-01	• Compresor de aire 250	196
• CVT-01	• Camión de vacío placa SUE319	46
• MCC-01	• Monta carga Toyota	46
• CDT-01	• Camionetas diésel modelo 2006 4x2	18
• TUT-01	• Turbo NPR marca Chevrolet	30
• EVC-01	• Equipos de corte Víctor	16
• CGT-01	• Camión grúa placa SRR815	30
• MSS-01	• Moto soldadores Lincoln	16
• MCR-01	• Mini cargador Caterpillar	10
• CPT-01	• Camión de platón placa SQC552	10
• VOT-01	• Volqueta placa KUM285	15

	Maquinaria critica
	Maquinaria medianamente crítica
	Maquinaria no crítica.

4.2.5.1. Consideraciones generales de la maquinaria. Las máquinas que tiene la empresa IMECONS LTDA en su mayoría son parte de la industria pesada y realizan mayormente obras civiles o en el caso específico de la empresa obras para la industria petrolera, esta condición aumenta las exigencias de trabajo de las mismas sobre todo las máquinas hidráulicas ya que en los trabajos de dicha industria se mueven grandes volúmenes de tierra, esto se tiene que tener en cuenta ya que depende de este factor la periodicidad con la que se realizan las revisiones y los cambios de repuestos en las máquinas; también es importante añadir al sistema de información y al plan de mantenimiento las condiciones en las que se encuentra

dicha maquinaria al momento de la implementación del mismo ya que en las alarmas de mantenimiento se tienen en cuenta los contadores de kilometraje y tiempo de trabajo de las mismas.

4.2.5.2. Consideraciones sobre el talento humano. Es importante que todo el personal encargado del mantenimiento de la empresa IMECONS LTDA se capacite en la manutención y el manejo de los equipos de la misma para que los trabajos que realice la empresa sean de calidad, tener el conocimiento de los límites admisibles de carga de trabajo en las máquinas es importante para alargar la vida útil de trabajo de la máquina, por lo que el operario debe tener prudencia y destreza para manipular la máquina asignada. Por parte del departamento de mantenimiento de la planta, los funcionarios encargados deben estar en la capacidad de reparar de forma eficiente, rápida, económica y segura los equipos que reportan daños y paradas de producción no programadas.

El talento humano de los funcionarios de la empresa IMECONS LTDA se encuentra focalizados en sus respectivas actividades de trabajo, sin mezclarse en las demás labores de la empresa, a pesar de esto cada persona que labora en la planta procura tener un máximo desempeño en su respectivo trabajo dentro de la empresa. A continuación se presenta el resultado del análisis del plan de mantenimiento elaborado para la planta de producción en la empresa IMECONS LTDA.

Con base a las consideraciones presentadas en los manuales de los fabricantes de equipos similares, la experiencia recogida por parte de los funcionarios activos del departamento de mantenimiento y algunos operarios, al estudio realizado de la literatura correspondiente al mantenimiento de equipos, se elaboró el programa de mantenimiento preventivo en los equipos, como se muestra a continuación.

4.2.6. Plan de mantenimiento preventivo para las máquinas más críticas. A continuación a modo de muestra se muestra el plan de mantenimiento de dos de

las máquinas más críticas de la empresa que se obtuvieron en el análisis de criticidad realizado anteriormente en este proyecto.

4.2.6.1 Retroexcavadora ZXL 200. En la tabla 21 se muestran las características.

Tabla 21. Características de la Retroexcavadora ZXL 200.

MAQUINA: Retroexcavadora ZXL 200	
CODIGO: RCR-01	
Peso [kg]	21326
Dimensiones [m]	2.8X9.7X3.2
Potencia [kW]	118
RPM motor	2000

- Panel de control

Componente: Panel de control
Acción: Revisar

- Frecuencia de la revisión: la revisión del panel se debe hacer antes de ejecutar cada trabajo.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Señalar y asegurar zona de trabajo.
  - ❖ Verificar que los comandos estén funcionando en buen estado.
  - ❖ Ordenar y limpiar la zona de trabajo, dejándola libre de objetos extraños
  - ❖ Revisar que ningún comando este en una posición indebida.
  - ❖ Pruebas de operación.

- Motor.

Componente: Motor
Acción: Lubricación

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer cada vez que se va a operar la máquina.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar el nivel de aceite.
  - ❖ Revisar el aceite siempre que el vehículo se encuentre frío (sin haber utilizado el motor por lo menos 3 horas antes).
  - ❖ Para saber si el aceite se encuentra a un nivel adecuado, utilizar la varilla medidora de aceite, debe encontrarse entre los límites máximo y mínimo.

- Mangueras hidráulicas.

Componente: Mangueras hidráulicas
Acción: Cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer frecuentemente ya que son de mucho cuidado
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar fugas en las mangueras.
  - ❖ Revisar las conexiones.
  - ❖ Revisar el estado de las mangueras.

- Calzas

Componente: Calzas
Acción: Cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer cada vez que haya que reemplazarla.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar si están en buen estado, no presentan roturas.

- Balde.

Componente: Balde
Acción: Cambio

- Frecuencia de la revisión: cuando se termina cada trabajo se revisa para saber el estado.
- Procedimiento para la acción:
- ❖ Revisar para determinar si necesita ser cambiado.

- Cilindros hidráulicos.

Componente: Cilindros hidráulicos
Acción: Cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer dependiendo las horas de trabajo de la máquina.
- Procedimiento para la acción:
- ❖ Lubricar periódicamente y revisar si el aceite está sucio.
- ❖ Despresurizar el sistema.
- ❖ Una vez desconectadas las mangueras, coloque los protectores anti polvo a los enchufes rápidos.
- ❖ Engrasar las zonas expuestas a desgaste u oxidación.
- ❖ Antes de un almacenamiento a largo plazo, extienda y recoja el émbolo totalmente una vez y guarde el cilindro boca abajo.

4.2.6.2 Compresor de aire 250. En la tabla 22 se muestran las especificaciones principales del compresor.

- Aceite, agua y ruido.

Componente: Aceite, agua y ruido
Acción: Revisar

Tabla 22. Compresor de aire 250.

MAQUINA: Compresor de aire 250	
CODIGO: COC-01	
Peso [kg]	50
Dimensiones [cm]	59x34x69
Potencia [kW]	1,5
RPM motor	1080

- Frecuencia de la revisión: Diariamente.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar el nivel de aceite en caso de ser compresor lubricado.
  - ❖ Drenar cualquier condensación de agua en el tanque.
  - ❖ Revisar cualquier ruido o vibración.

- Filtro y válvulas de seguridad.

Componente: Filtro y válvulas de seguridad
Acción: Limpiar y revisar

- Frecuencia de la revisión: semanal.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Limpiar el filtro de aire.
  - ❖ Limpiar todas las partes externas del compresor.
  - ❖ La válvula de seguridad se debe revisar para asegurarse que no esté atorada.

- Lubricante y válvulas.

Componente: Lubricante y válvulas.
Acción: Revisar y cambiar.

- Frecuencia de la revisión: cada 3 meses.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Cambiar el lubricante.

- ❖ Revisar las válvulas generalmente de todo el compresor.

4.2.7. Definición de estrategias para el manejo de los repuestos. Es posible minimizar el capital invertido en el inventario sin poner en riesgo los equipos y el tiempo de inactividad de producción o de las interrupciones ocasionadas por el mantenimiento preventivo cíclico. Para lograr este objetivo la administración debe implementar algunas estrategias que le permitan controlar de forma adecuada los inventarios de repuestos y herramientas. Algunas de las medidas a utilizar serían:

- Mejorar los procesos para la creación de un inventario de las necesidades previstas.
- Mejorar el cálculo del stock seguridad.
- Mejorar los procesos de necesidades de partes no previstas.
- Optimizar pedido de partes y piezas.

El estudio realizado por los autores del proyecto concluye que las estrategias a utilizar en parque automotor de la empresa IMECONS LTDA para una buena gestión de manejo de inventario en el departamento de mantenimiento, se clasifican en tres estrategias, las cuales son:

- Estrategia 1: para las partes agrupadas como clase 1, hay mantener una cantidad dada de ítems. El stock inicial puede ser estimado mediante una aproximación analítica. Cuando ocurra una falla, se gestiona el remplazo del ítem cuando fue consumido por la reparación.
- Estrategia 2: para las partes agrupadas en la clase 2, el modelo estándar de EOQ puede ser usado y mantener un stock de seguridad para trabajar durante el periodo de abastecimiento.
- Estrategia 3: en casos donde las partes pueden ser almacenadas para una duración larga sin deterioro y donde las partes no están disponibles rápidamente en el mercado, se calcularán los requerimientos de este o para un periodo más largo que el indicado. También se puede usar la estrategia 2 para esta clase de partes.

Para evaluar los elementos de repuestos y ubicarlos dentro de las estrategias planteadas anteriormente, la matriz de clasificación representada en la tabla 25. Permite ubicar a cada ítem dentro su de su estrategia correspondiente.

Para utilizar la matriz de clasificación en un ítem en particular, se identifica en la zona correspondiente según el diagrama de Pareto ya sea A, B o C y se enfrenta a la criticidad establecida para ese ítem.

Los valores 1, 2 y 3 corresponden al tipo de estrategia a utilizar para el ítem analizado.

Tabla 23. Matriz de clasificación de repuestos.

Costo	Criticidad		
	$C_A$	$C_M$	$C_B$
A	1	1	2
B	1	2	2
C	2	3	3

Fuente: ESPINOZA, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento<sup>5</sup>

4.2.8. Resultados del análisis de estrategias en los ítems identificados. Las ponderaciones correspondientes para cada elemento identificado como repuestos se muestran en la tabla 23. En esta tabla se enlistan como columna los equipos identificados y su respectiva clasificación según la criticidad ya sea alta, media o baja y clasificación según costos en las zonas A, B o C, según sea el caso.

De esta forma se visualizan los elementos que presentan mayor importancia dentro del taller de mantenimiento para el sostenimiento del parque automotor y cada uno de los equipos que la conforman, identificando el tipo de estrategia que se debe implementar en cada uno de los elementos que conforman el inventario la tabla 24, muestra la clasificación de estrategias en la que se encuentra cada ítem evaluado en el proceso, de esta forma se procede a implementar las medidas de proyección

<sup>6</sup> ESPINOSA FUENTES, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento. Chile.: Universidad de Talca, 2005. 7 p.

y apoyo en el sistema de información para la gestión de repuestos en la administración del mantenimiento, y así de esta forma contribuir en el desarrollo industrial y económico de la empresa IMECONS LTDA. Eliminando los costos asociados a la mala distribución de los recursos para el sostenimiento de la planta de producción de la empresa.

Al aplicar dichas estrategias para cada uno de los repuestos especificados en la tabla se encontraron los siguientes valores de stock para los mismos, mostrados en la tabla. La forma de hallar estos valores se encuentran en el anexo D, donde se encuentran por separados las estrategias implementadas y los cálculos realizados.

Tabla 24. Ponderación de factores de criticidad y costos para los algunos elementos identificados como repuestos.

EQUIPO	CRITICIDAD	COSTO	ESTRATEGIA A IMPLEMENTAR	NUMERO DE REPUESTOS
Mangueras	CA	A	1	6
Filtros	CA	A	1	8
Calzas	CM	A	1	16
Amortiguadores	CM	B	2	9
Batería	CM	A	1	2
Cadena	CA	A	1	12
Bujes	CM	C	2	20

## 5. DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE INFORMACION IMPLEMENTADO EN LA EMPRESA IMECONS LTDA.

Este capítulo se centrará principalmente en el diseño y el funcionamiento del sistema de información que se implementó la empresa IMECONS LTDA haciendo un énfasis importante en el tipo de herramienta que se usa para el mismo, los requerimientos del sistema de cómputo al que se va a implementar y los alcances de la herramienta para los módulos presentes dentro del sistema de información.

### 5.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.

Cuando el mantenimiento de los diferentes equipos de la empresa se realiza manualmente, pueden resultar muchos problemas de eficacia y eficiencia en las diferentes actividades que se realizan durante las inspecciones, los análisis y los respectivos controles necesarios para el mejoramiento de la empresa, debido a que se tiene que registrar los diferentes procesos que se llevan a cabo en formatos que son anexados en carpetas junto con la hoja de vida de los diferentes equipos, este proceso llega a resultar tedioso cuando el volumen de los mismos es considerable y se vuelve ineficaz al momento de la búsqueda de información y la retroalimentación requerida para analizar incrementos o decrementos e la producción. Estos problemas fueron determinados a partir del análisis previo de las condiciones de la empresa en el momento que se tomó la decisión de realizar el SI la misma; esta fase del análisis se denomina fase de inspección y se responde a las pregunta, ¿merece la pena el proyecto? Como se dijo anteriormente los resultados de la fase de inspección permitieron determinar que es necesaria la aplicación de un sistema que mejore la eficiencia del mantenimiento que se va a realizar en la empresa y de esta forma responder positivamente al interrogante realizado en esta fase del análisis, la mejor opción que soporta esta condición y que cumple con los requerimientos de eficiencia, es un sistema de información que permita tener acceso a todos los aspectos de la empresa de manera rápida y simple, este sistema de información permitirá la creación de informes en tiempo real para que la empresa

pueda conocer el estado de sus equipos de manera rápida y eficaz. Para determinar los requerimientos del sistema de información para la empresa es necesario inicialmente tener un conocimiento completo de todos los procesos que se llevan a cabo actualmente para el mantenimiento de los equipos de la misma; este proceso es la segunda fase del análisis, la cual se denomina fase de estudio y en esta es necesario conocer el entorno de la empresa, identificar las falencias y los procesos que deben ser mejorados para que el SI cumpla con los objetivos para los cuales de desarrollará y analizar las oportunidades de solución de dichas falencias.

La tercera fase de este análisis es la fase de definición en la cual se responde a la pregunta, ¿qué necesita y quiere el usuario en el sistema?, para esto se definen las necesidades de la empresa de acuerdo las falencias y a las oportunidades mencionados anteriormente, también se requiere definir las actividades de la empresa que cumplen las normas y que son correctas y bien aplicadas dentro de la misma y por último se determina para el sistema y sus desarrolladores una flexibilidad absoluta en lo que se refiere a futuras elecciones de diseño.

Posteriormente al análisis realizado a la empresa IMECONS LTDA se define que el sistema de información tendrá requerimientos básicos y específicos diferentes de acuerdo a si el mismo es para el soporte de transacciones o para la toma de decisiones; de acuerdo a esto y teniendo en cuenta que la empresa requiere de un sistema que soporte la toma de decisiones se pueden encontrar los siguientes requerimientos para el mismo.

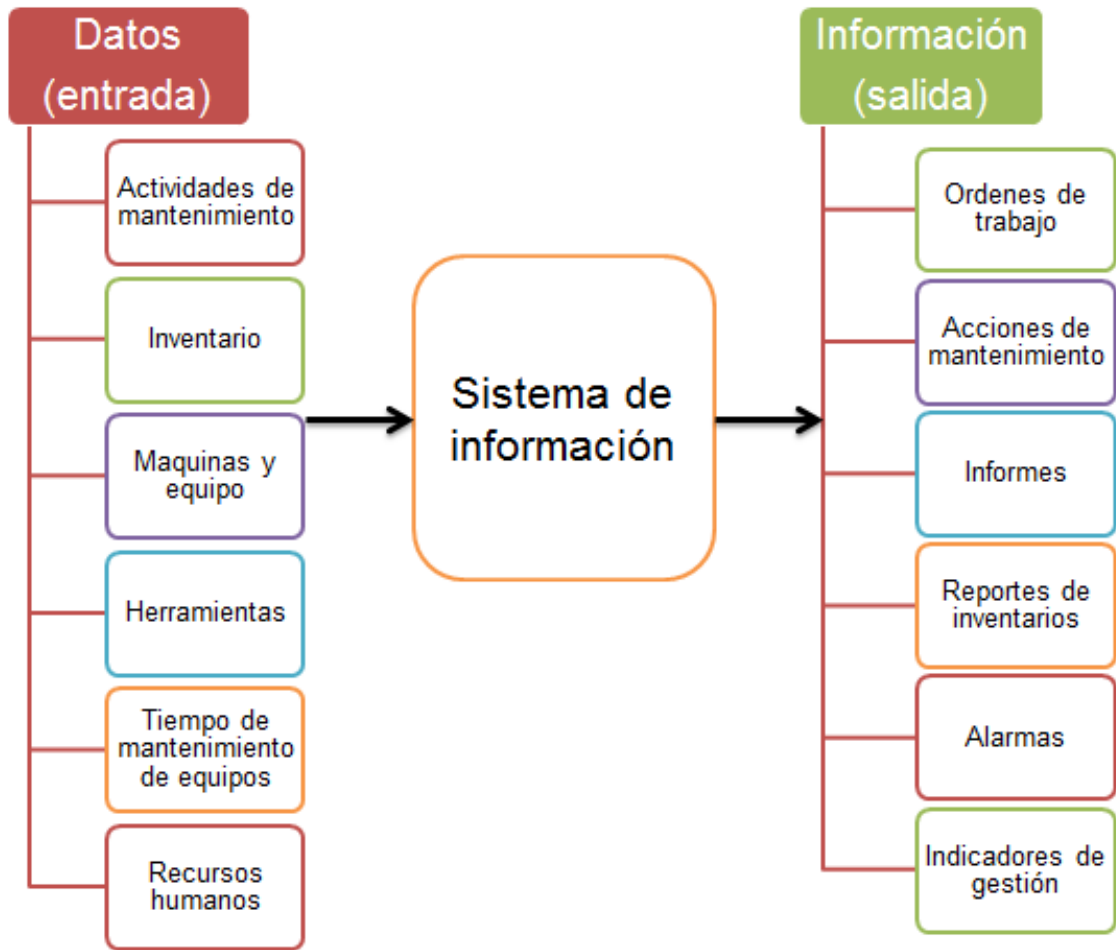
- Un programa de mantenimiento preventivo: el sistema de información debe permitir la programación de rutinas de mantenimiento preventivo para toda la maquinaria disponible en la empresa.
- Información detallada de cada uno de los encargados y de los procesos: debe llevar un registro completo de todas y cada una de las labores de mantenimiento que se efectúan en los equipos.

- Creación de solicitudes de servicio y órdenes de trabajo: debe contener información detallada sobre las actividades de mantenimiento a realizar en los equipos y también deber ser útil para su posterior incorporación en la hoja de vida de dichos equipos.
- Datos de proveedores y servicios técnicos: es importante para el sostenimiento de la empresa que la información de proveedores y servicios técnicos sea completa.
- Indicadores de la gestión del mantenimiento: deben proporcionar información cuantificable que permita la evaluación de la eficiencia de la planta por medio de los mismo indicadores, estos se deben elegir de tal manera que puedan proporcionar la información más cercana a la realidad y más cuantificable.
- Control de inventarios: debe llevar un registro del inventario completo en el almacén, y debe indicar si hay; exceso o falta de algún repuesto, material o insumo.

## 5.2. VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.

Todo sistema de información se basa en el procesamiento de ciertos datos o información que tiene que pasar por tres etapas principales; entrada de datos, procesamiento y salida de datos, la información que se maneja en la entrada y salida de datos se denomina como variables de entrada y salida; para que el sistema de información cumpla con los objetivos para los que se implementa, es necesario que dichas variables sean definidas correctamente; las de entrada para que no exista sobre saturación de información y al mismo tiempo para que sea la necesaria, y las variables de salida para que permitan la medición y valoración de los diferentes indicadores de gestión del mantenimiento y así poder influir positivamente en la toma de decisiones por parte de la empresa para el desarrollo e implementación eficiente del mismo. Las variables de entrada y salida que se consideraron para el software de la empresa se encuentran esquematizadas en la figura 11.

Figura 11. Variables de entrada y salida del sistema de información.



### 5.3. DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA LA ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

A partir del estudio realizado sobre la empresa IMECONS LTDA por parte de los autores del proyecto para analizar las condiciones de operación y de mantenimiento de la misma también se pueden concluir los que para el sistema de información se requieren determinados módulos que permitan satisfacer todas las necesidades en cuanto a mantenimiento y eficiencia de la empresa.

5.3.1. Ingresar al sistema de información. Una de las características más importantes que un sistema de información debe tener es que sea seguro para que la información de la empresa sea confiable y esté completamente salvaguardada, esto se logra gracias a que para ingresar al sistema se debe ser un usuario registrado y tener la clave que se le adjudique al momento del registro, y al mismo tiempo el administrador puede permitir o no el uso de todos los módulos de forma parcial o total de acuerdo al nivel o cargo del usuario que ingrese. Al sistema de información se puede ingresar desde cualquier navegador de internet con el link del mismo, posteriormente se ingresa el usuario que en este caso es el correo de dicho usuario y la contraseña y se permite el uso del mismo. En la figura 12 se muestra un pantallazo de la entrada al software.

Figura 12. Pantallazo de ingreso al software de la empresa IMECONS LTDA.

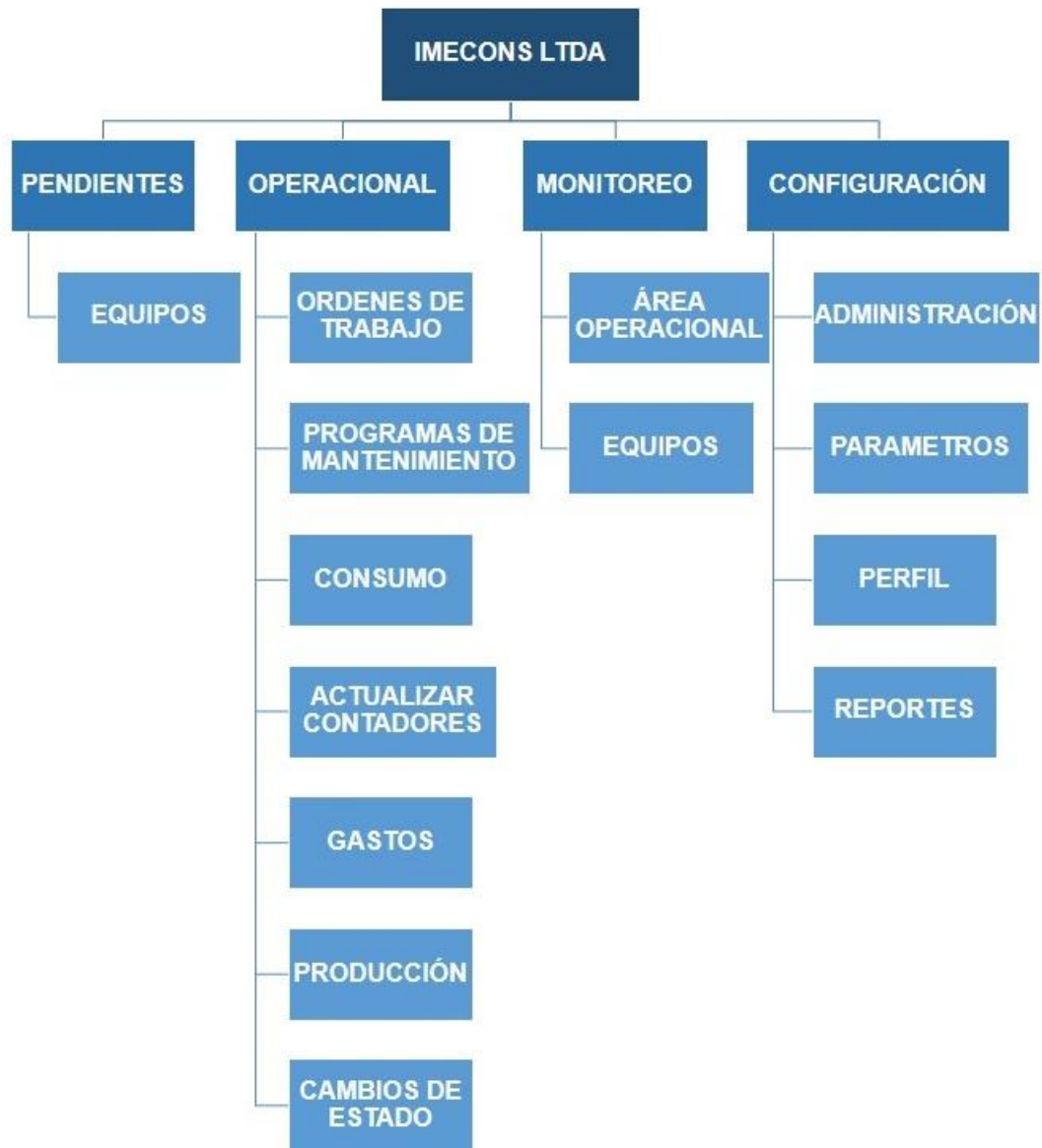


Luego de haber proporcionado la información del ingreso al sistema se entra a la página principal del mismo que se muestra en la figura 14, en esta se muestra el módulo de equipos que se tienen en la empresa.

#### 5.4. MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.

Los módulos y submódulos del sistema de información de la empresa IMECONS LTDA se muestran de forma esquemática en la figura 13.

Figura 13. Módulos y submódulos del sistema de información.



Los diferentes módulos del sistema se encuentran ubicados en la parte derecha de la pantalla principal, en la parte superior derecha de la misma se encuentra el ID del usuario que ha ingresado así como el logo de la empresa, y en la parte principal de

esta se encuentran las alarmas que muestra el sistema referentes al programa de mantenimiento y a las acciones programadas de acuerdo a los parámetros definidos ya sea por tiempo o por la activación de contadores predeterminados, también se pueden observar las acciones que cada uno de los usuarios del sistema ha realizado en el mismo para así poder mantener actualizado y controlado todos los movimientos que se le realizan a la herramienta, sin excepciones de ningún aspectos.

Figura 14. Página principal del software de mantenimiento

The screenshot displays the main interface of the IMC software. At the top, there is a navigation bar with the IMC logo, a 'Manual' button, a user profile for 'Carlos Eduardo Baeza Quintero', and a 'Salir' button. Below this is a sidebar menu with options like 'Pendientes', 'Equipos', 'Operacional', 'Ordenes de Trabajo', 'Programas de Mantenimiento', 'Consumo', 'Actualizar Contadores', 'Gastos', 'Producción', and 'Cambios de Estado'. The main content area is titled 'Equipos' and features a search bar with the placeholder '¿Qué buscas?'. Below the search bar is a table with the following data:

Id	Descripción	Equipo	Tipo	Ejecución		Ejecutar
158	<a href="#">Camion de platon</a>	<a href="#">Camión de platón</a>	Programa de Mantenimiento	20/06/2015	365000Km	
154	<a href="#">Camion de platon</a>	<a href="#">Camión de platón</a>	Programa de Mantenimiento	18/06/2015	524300Km	
25	<a href="#">CAMION_JMC</a>	<a href="#">camion_jmc</a>	Orden de Trabajo	10/06/2015		
24	<a href="#">adsdad</a>	<a href="#">torno</a>	Orden de Trabajo	09/06/2015		

The bottom of the screenshot shows a Windows taskbar with various application icons and a system tray displaying the time as 7:41 a.m. on 26/06/2015.

Dentro de cada uno de los módulos que tiene el sistema se deben poder realizar las siguientes acciones ya sean sobre estos o dentro de los mismos:

- Nuevo: Permite crear un nuevo registro cuya característica depende del módulo donde se trabaje.
- Editar: Permite realizar cambios en los registros que ya han sido agregados anteriormente.

- Guardar: Está inmerso dentro de las acciones anteriores y permite guardar ya sea los cambios o los nuevos registros realizados dentro de los mismos.
- Cancelar: Anula cualquier acción mencionada en los dos primeros ítems.
- Eliminar: Elimina del sistema cualquier registro creado anteriormente, sin embargo sus procesos ya registrados no se eliminan pasan a existir solo en la base de datos de los procesos del sistema.
- Búsqueda: Permite realizar búsquedas rápidas ya sea con el nombre, código o número de registro, encontrando dicha información en menos tiempo.
- Navegar: Permite desplazarse dentro del módulo, y así se facilita la búsqueda de información.

Los módulos del sistema de información se encuentran distribuidos en cuatro grandes módulos por motivos administrativos, y de organización de páginas web. El primero es el módulo de pendientes el cual tendrá internamente un submódulo de equipos que realmente es en el que inicia la pantalla principal del sistema, es decir en este se muestran las alarmas de acciones que se tienen que realizar o que se tendrán que realizar posteriormente, es principalmente informativo, sin embargo se puede cambiar el estado de esta alarma desde este módulo.

El segundo es el módulo operacional, en este aparecen seis submódulos internos que le permiten a la empresa la realización de las acciones de mantenimiento, ya sea desde la programación hasta la ejecución de las mismas, y también apoyan en el proceso de recopilación y muestra de información por parte del software.

El tercero es el módulo de monitoreo, en este se encuentran, el área operacional de la empresa y las hojas de vida de los equipos de la empresa, desde este módulo también se pueden realizar cambios y se pueden crear registros, procesos y acciones que se realizan desde el módulo operacional.

El cuarto es el módulo de configuración, desde donde se realizan los cambios del sistema, se pueden realizar los procesos administrativos de ingreso de usuarios del sistema y la delegación y habilitación de módulos para dichos usuarios; dentro de este módulo se podrán realizar cambios a las agrupaciones de equipos predefinidas, se ingresaran las diferentes características que se requieren para las acciones de mantenimiento, el concepto, los empleados, proveedores, repuestos, etc... que serán necesarios al momento de realizar las acciones de mantenimiento y se encontrarán registrados en el sistema por cada vez que se usen; desde este también se pueden realizar los cambios y modificaciones del perfil del usuario que tenga abierto el software y por último en este módulo se muestran los reportes de desempeño de la empresa de acuerdo a los análisis de eficiencia que este mismo realice.

Ahora se mostraran los submódulos en los que se realicen las diferentes acciones de mantenimiento y se omitirán los informativos, por separado y también la estructura básica de los mismos.

5.4.1. Módulo de pendientes. En este módulo se muestran las alarmas generadas por la activación de contadores desde los programas de mantenimiento, y también se muestran las órdenes de trabajo que se tienen que realizar y las que aún están en ejecución, esto se muestra en el submódulo de Equipos que se muestra en el mismo.

5.4.1.1. Submódulo de equipos. En este submódulo se muestran las alarmas generadas por los planes de mantenimiento, así como las órdenes de trabajo pendientes que fueron creadas a partir de las alarmas mencionadas anteriormente, a través de este submódulo se puede generar una respectiva orden de trabajo para la alarma respectiva, y también permite cambiar el estado de las ordenes de trabajo pendientes.

En la figura 15 se muestra el diagrama de flujo del submódulo de equipos dentro del módulo de pendientes, en la figura 16 se muestra la interfaz gráfica del mismo, en la figura 17 se muestra la generación de la nueva orden de trabajo y en la figura 18 se muestra el menú de cambio de estado de las ordenes de trabajo pendientes.

5.4.2. Módulo operacional. En este módulo se encuentran todos los aspectos operacionales que se le pueden agregar, editar y eliminar a un equipo que ha sido previamente agregado al software, dentro de este se encuentran los 7 submódulos que se explicarán a continuación.

Figura 15. Diagrama de flujo del submódulo equipos dentro del módulo pendientes.

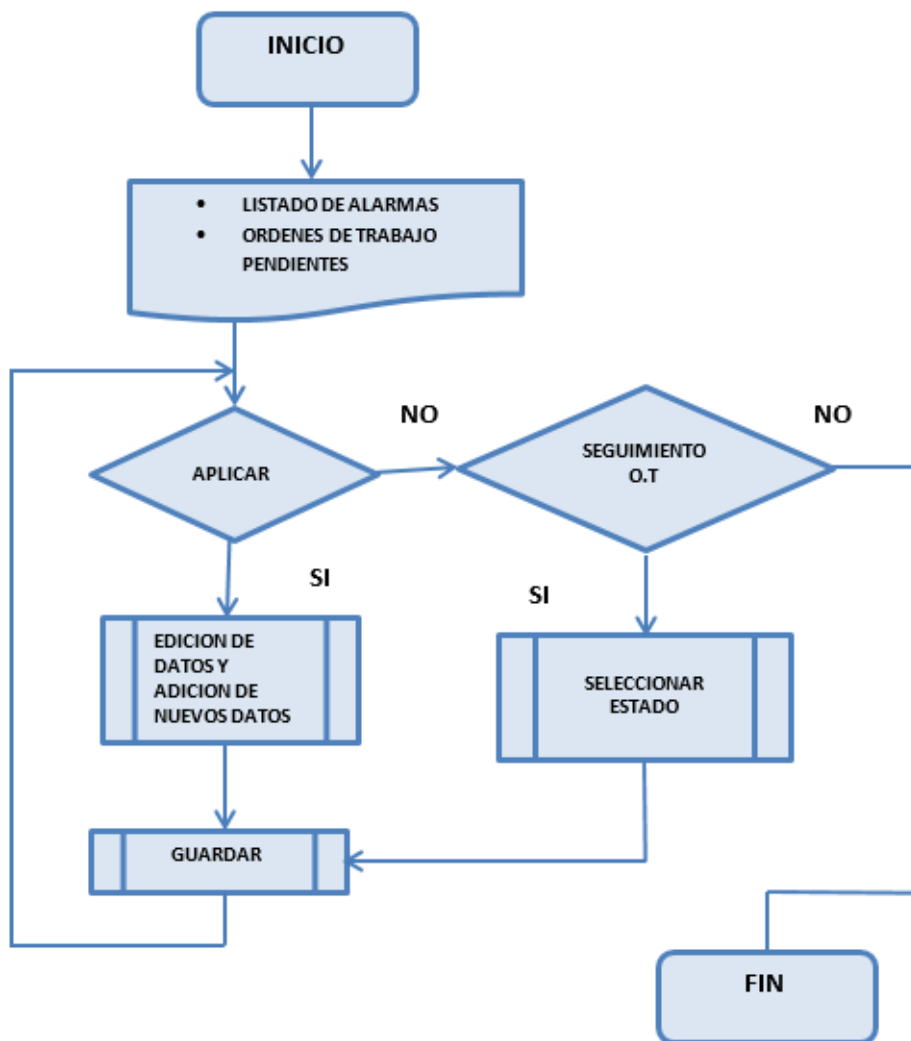


Figura 16. Interfaz gráfica del submódulo equipos dentro del módulo pendientes.

» Equipos							
¿Qué buscas? <input type="text"/>							
	Id	Descripción	Equipo	Tipo	Ejecución		Ejecutar
Operacional	158	<a href="#">Camion de platon</a>	<a href="#">Camión de platón</a>	Programa de Mantenimiento	20/06/2015	365000Km	<input checked="" type="checkbox"/> Aplicar
Operativos de Trabajo	154	<a href="#">Camion de platon</a>	<a href="#">Camión de platón</a>	Programa de Mantenimiento	18/06/2015	524300Km	<input checked="" type="checkbox"/> Aplicar
Programas de Mantenimiento	25	<a href="#">CAMION JMC</a>	<a href="#">camion.jmc</a>	Orden de Trabajo	10/06/2015		<input type="checkbox"/> Seguimiento
Consumo	24	<a href="#">adsdad</a>	<a href="#">torno</a>	Orden de Trabajo	09/06/2015		<input type="checkbox"/> Seguimiento
Actualizar Contadores							
Gastos							
Producción							
Cambios de Estado							
Monitoreo							
Area Operacional							

Figura 17. Generación de orden de trabajo a partir de alarma.

Nuevo
✕

Equipo

Descripción

Fecha

Tipo de Mantenimiento

Responsables

Tipo de Trabajo

Observaciones

Gasto General

Gasto	Valor	Eliminar

Figura 18. Cambio de estado de las órdenes de trabajo pendientes.

Seguimiento

Fecha  
10/06/2015

Estado  
Selección un estado  
En Ejecución  
Pendiente por Repuestos  
Pendiente por Mano de Obra  
Pendiente por Otras Causas  
Cerrada NO Ejecutada  
Cerrada EJECUTADA

Aceptar

5.4.2.1. Submódulo de órdenes de trabajo. Este submódulo le permite al usuario la creación de órdenes de trabajo para las actividades de mantenimiento que se generen cuando las alarmas se activen en el módulo de Plan de mantenimiento y al mismo tiempo sean mostradas en el módulo pendiente, al permitir elegir el tipo de mantenimiento también está disponible para la realización de otros tipos aparte del preventivo, también permite el correctivo, predictivo y otros; en este submódulo también se delega un responsable de realizar la actividad contemplada en dicha orden de trabajo, al mismo tiempo permite agregar costos de dicha actividad de mantenimiento y estos van a los informes; cuando la orden de trabajo es generada se crea con el estado de Por ejecutar y cuando es ejecutada se puede cambiar en el menú de la orden de trabajo por medio de la opción Seguimiento en la cual se encuentran los diferentes estados por los que puede pasar una orden de trabajo y la actividad que tiene que realizarse por medio de esta. En la figura 19 se muestra el diagrama de flujo contemplado para el submódulo de órdenes de trabajo y en la figura 20 se muestra el submódulo seleccionado en la interfaz gráfica del software, en este podemos ver las opciones principales que son las de agregar, editar la orden de trabajo, en la figura 21 se muestra el menú que

aparece cuando se selecciona Nuevo o Editar en la interfaz de Órdenes de trabajo, en la figura 22 se muestra el seguimiento y las opciones de estado para la orden de trabajo determinada y en la figura 23 se muestra la hoja de vida y los estados por los que ha pasado la orden de trabajo así como el registro de gastos que esta misma ha generado.

5.4.2.2. Submódulo de Programas de mantenimiento. Este submódulo le permite al usuario agregar las diferentes acciones programadas de mantenimiento de acuerdo a los dos tipos de generadores de alarma, ya sea por tiempo o por la activación de un contador, este es el submódulo responsable de la generación de alarmas en el módulo de pendientes de equipos y en el cual se planean las actividades y acciones del mantenimiento preventivo que se planteó en el capítulo cuatro.

En este submódulo también permite la edición de los programas de mantenimiento ya agregados así como sus alarmas, cuando una alarma es generada se activa la opción en el menú de pendientes y en esta parte se permite realizar la ejecución de dicha actividad, cuando esto sucede es ubicada en el programa, acción o actividad agregada en este submódulo, por lo tanto se van guardando todas las ejecuciones en la hoja de vida del equipo al cual se le asignó dicha actividad.

En la figura 24 se muestra el diagrama de flujo del submódulo Programa de mantenimiento. La interfaz del submódulo de programa de mantenimiento se muestra en la figura 25, donde se han agregado ya las actividades definidas en el capítulo del modelo para la administración del mantenimiento.

El menú para agregar una actividad se encuentra en la figura 26, en esta se muestra las opciones para la generación de las respectivas alarmas, esta figura se asemeja a la que aparece cuando se requiere editar una actividad previamente agregada en el módulo. La lista de ejecución se encuentra en la figura 27 donde se muestra una actividad de mantenimiento específica de uno de los equipos.

Figura 19. Diagrama de flujo del submódulo de órdenes de trabajo.

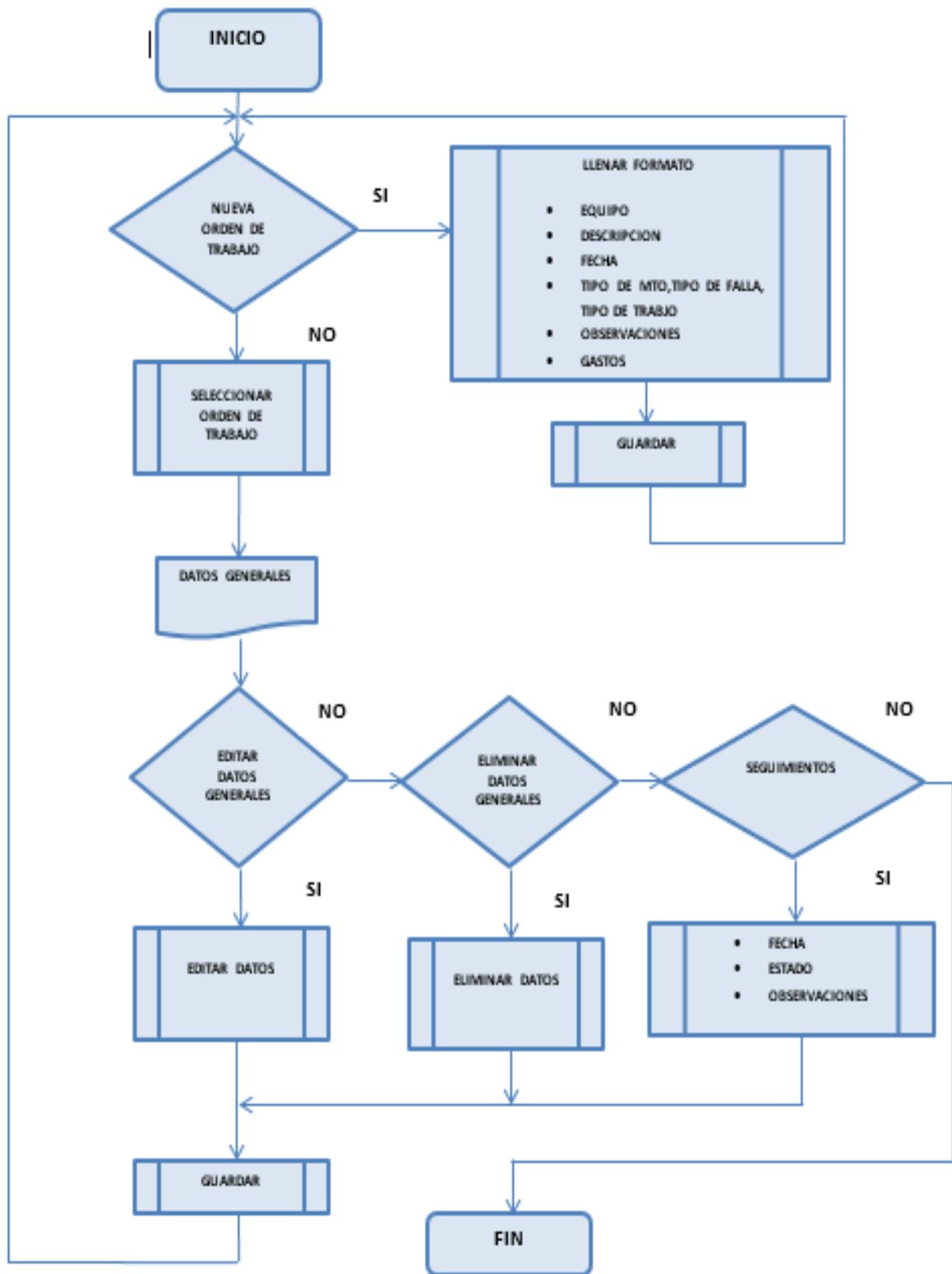


Figura 20. Interfaz gráfica del submódulo de órdenes de trabajo.

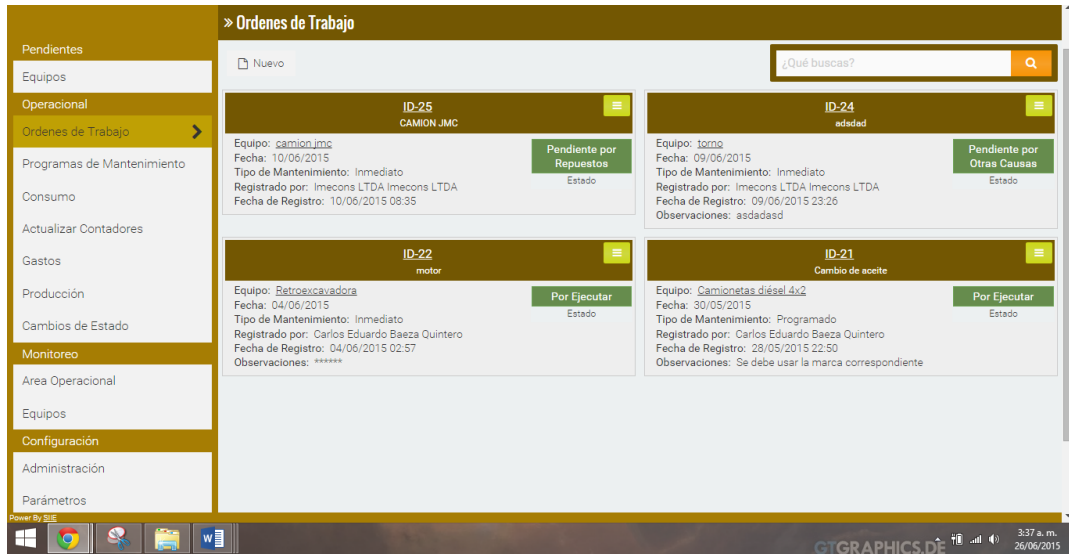


Figura 21. Adición y Edición en el submódulo de órdenes de trabajo.

The screenshot shows the 'Nuevo' (New) form for adding a work order. The form includes the following fields and options:

- Equipo:** Text input field.
- Descripción:** Text input field.
- Fecha:** Text input field with the value '26/06/2015'.
- Tipo de Mantenimiento:** Dropdown menu with the selected option 'Asignar tipo de mantenimiento'.
- Responsables:** Dropdown menu with the selected option 'Vincular empleado'.
- Tipo de Falla:** Text input field.
- Tipo de Trabajo:** Text input field.
- Observaciones:** Text input field.
- Gasto General:** A table with columns 'Gasto', 'Valor', and 'Eliminar'.
- Buttons:** 'Agregar' (orange) and 'Aceptar' (green).

Figura 22. Seguimiento de las órdenes de trabajo.

Seguimiento
✕

Fecha

10/06/2015

Estado

Selección un estado
▼

Selección un estado

En Ejecución

Pendiente por Repuestos

Pendiente por Mano de Obra

Pendiente por Otras Causas

Cerrada NO Ejecutada

Cerrada EJECUTADA

Aceptar

Figura 23. Hoja de vida de la orden de trabajo.

ID-25 CAMION JMC	Seguimiento				
Equipo: <a href="#">camion.jmc</a> Fecha: 10/06/2015 Tipo de Mantenimiento: Inmediato Tipo de Falla: lubricacion Tipo de Trabajo: Mecánico Registrado por: Imecons LTDA Imecons LTDA Fecha de Registro: 10/06/2015 08:35	Fecha	Estado	Observaciones	Editar	Eliminar
	10/06/2015	Pendiente por Repuestos		<span style="background-color: #90ee90; padding: 2px 5px;">✎ Editar</span>	<span style="background-color: #90ee90; padding: 2px 5px;">🗑 Eliminar</span>
	10/06/2015	Pendiente por Repuestos		<span style="background-color: #90ee90; padding: 2px 5px;">✎ Editar</span>	<span style="background-color: #90ee90; padding: 2px 5px;">🗑 Eliminar</span>
Pendiente por Repuestos <small>Estado</small>	Registro de Gastos				
▼ Otros	Descripción	Valor			
	ACEITE	\$80,000.00			
	FILTRO AIRE	\$20,000.00			

5.4.2.3. Submódulo de consumo. Debido a que la empresa IMECONS LTDA trabaja principalmente con equipos automotores, el consumo de combustible es un factor importante en las finanzas de la misma, por lo tanto este submódulo se encarga de cuantificar el uso de los mismos y de otros consumibles importantes que requieran de especial atención. En este submódulo la entrada se presenta de acuerdo al equipo o máquina que se especifique y los consumibles estarán definidos anteriormente en el submódulo de parámetros donde se tienen los repuestos, dentro de estos repuestos se especifican los consumibles para realizar en este submódulo los consumos. En la figura 28 se muestra el diagrama de flujo del submódulo de consumo en el cual también se puede modificar los consumos ya establecidos anteriormente. En la figura 29 se muestra la interfaz de los consumos que se tienen en el software. En la figura 30 se muestra el menú de Nuevo y Editar los consumos que agregan de acuerdo a los equipos que estén trabajando.

5.4.2.4. Submódulo Actualizar contadores. Cuando el sistema de información se implemente en la empresa los equipos van a estar con sus hojas de vida y los contadores que se requieran no van a iniciar en ceros por lo tanto es necesario realizar una actualización de los mismos cuando ingresen al sistema, esta es la función que cumple el submódulo de Actualizar contadores; de esta forma se mantiene el sistema actualizado a las condiciones reales de las máquinas y equipos que la empresa tenga y adquiera posteriormente a la implementación del software. En la figura 31 se muestra el diagrama de flujo del submódulo, en la figura 32 la interfaz del mismo y en la figura 33 el menú de adición y edición de las actualizaciones de contadores.

5.4.2.5. Submódulo de Producción. El submódulo de producción aplicado a la empresa IMECONS LTDA se refiere a la documentación de los ingresos por los conceptos que se generen de acuerdo a los servicios que la misma da, este submódulo es importante debido a que de este dependen los posteriores reportes que se realicen y a partir del análisis de estos se determina la eficiencia del software y del plan de mantenimiento preventivo, por lo tanto es necesario que los datos que

Figura 24. Diagrama de flujo del submódulo Programa de mantenimiento.

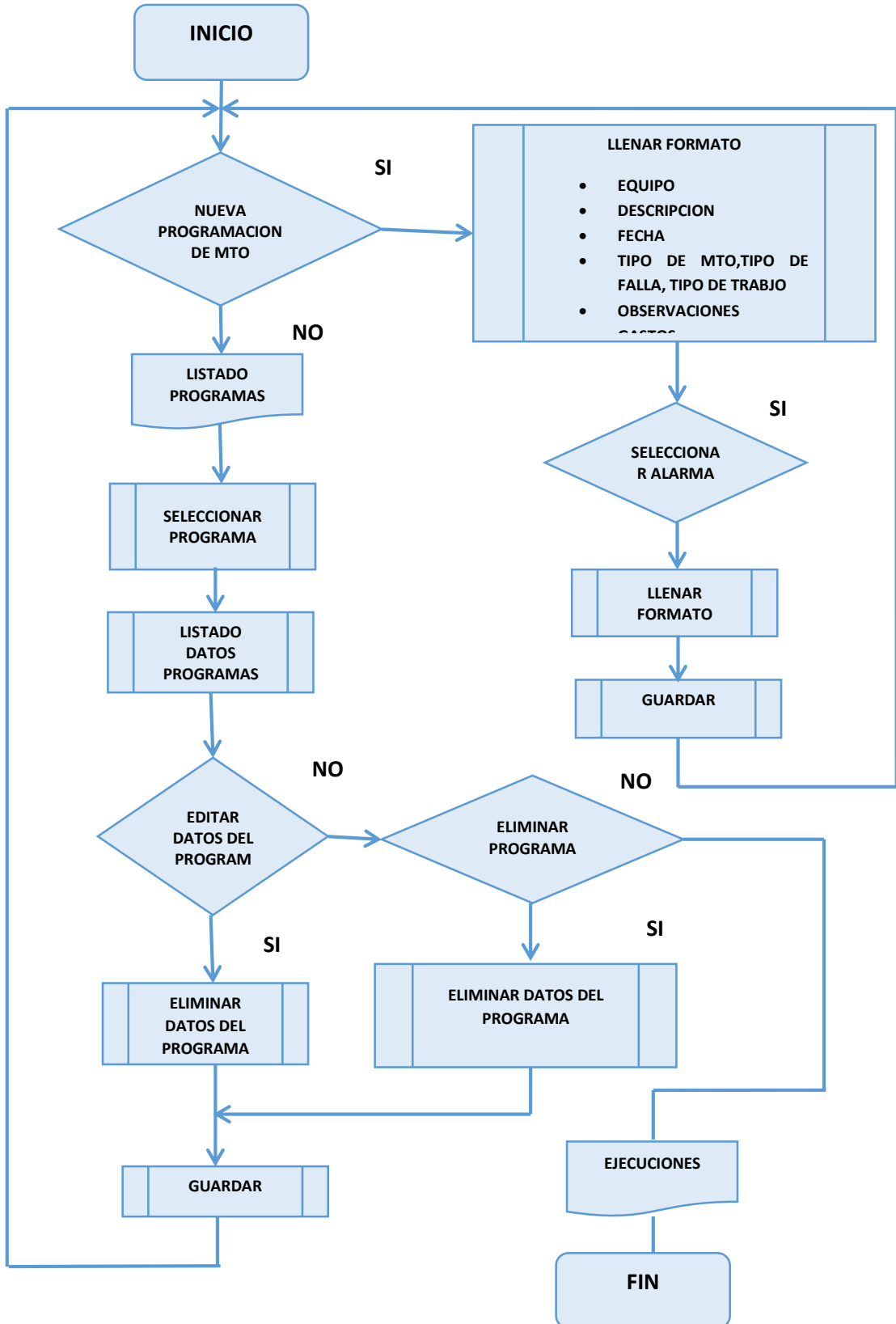


Figura 25. Interfaz del submódulo Programa de mantenimiento.



Figura 26. Menú de agregar y editar del submódulo Programa de mantenimiento.

The 'Nuevo' form is used for adding a new maintenance program. It includes the following fields and options:

- Equipo:** Searchable text field.
- Descripción:** Text area.
- Observaciones:** Text area.
- Criterios:**
  - Por Contadores:**
    - Si  No
    - Se ejecuta cada:
    - Próxima Ejecución:  Si  No
    - Cuando llegue a:
  - Por Tiempo:**
    - Si  No
    - Se ejecuta cada:  **Dias** (dropdown)
    - Próxima Ejecución:  Si  No
    - El día:
- Aceptar:** Green button at the bottom.

Figura 27. Ejecución en el submódulo Programa de mantenimiento.



Figura 28. Diagrama de flujo del submódulo Consumos.

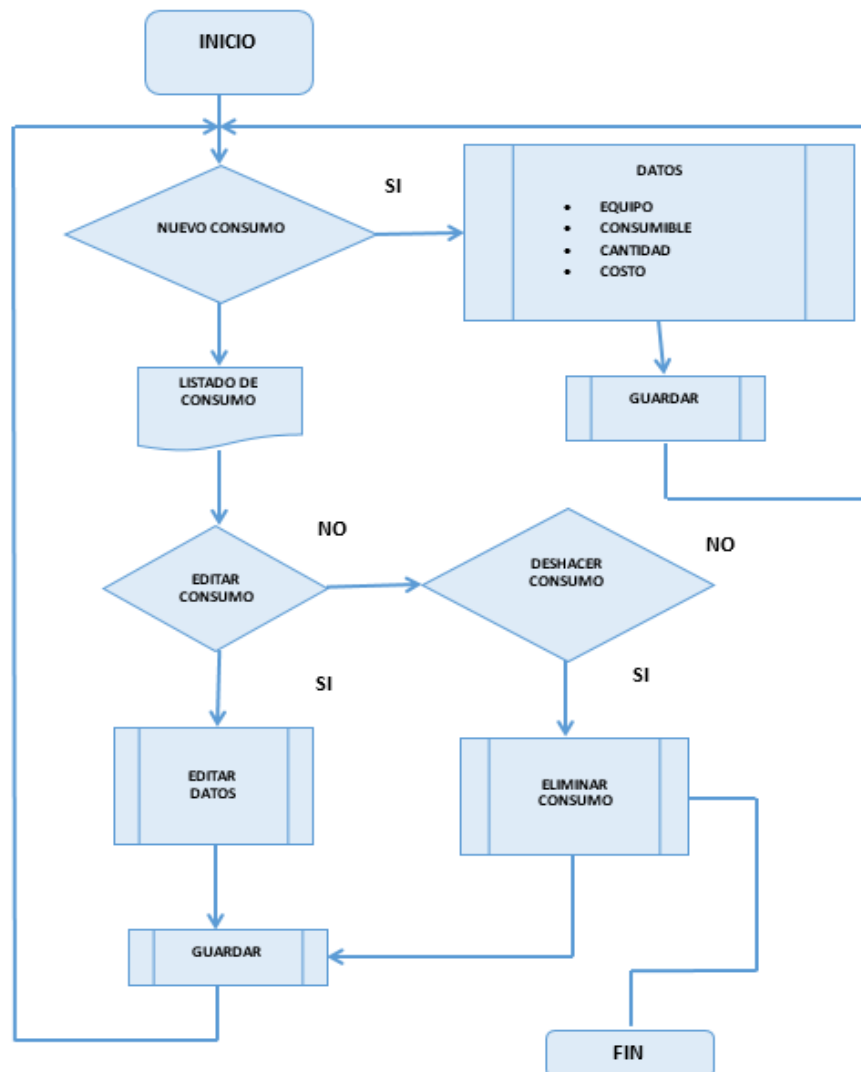


Figura 29. Interfaz del submódulo Consumos.

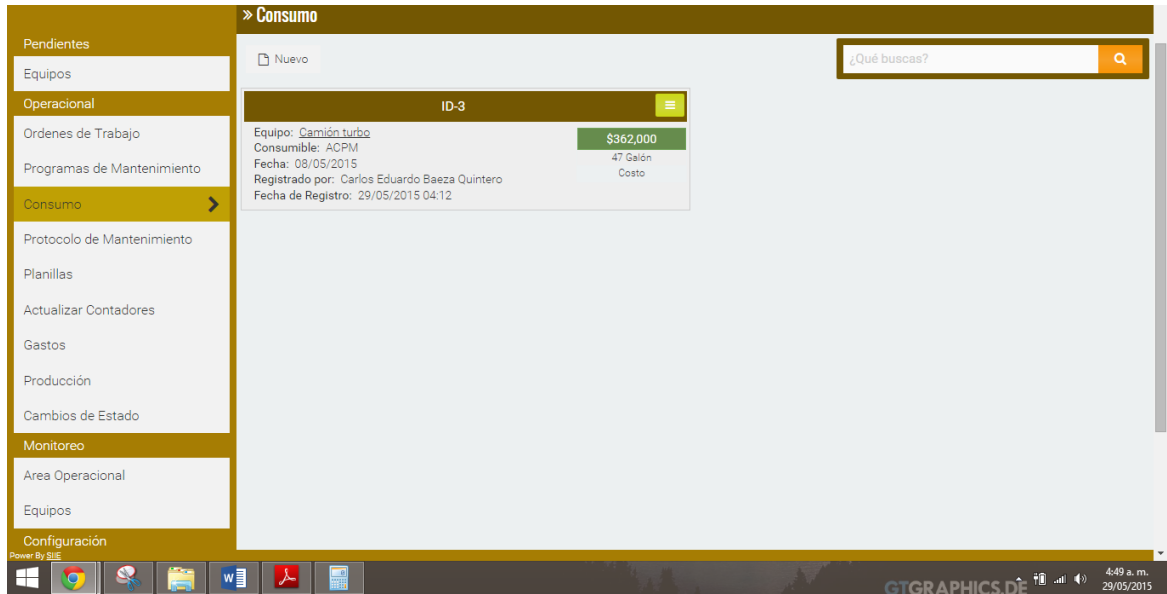
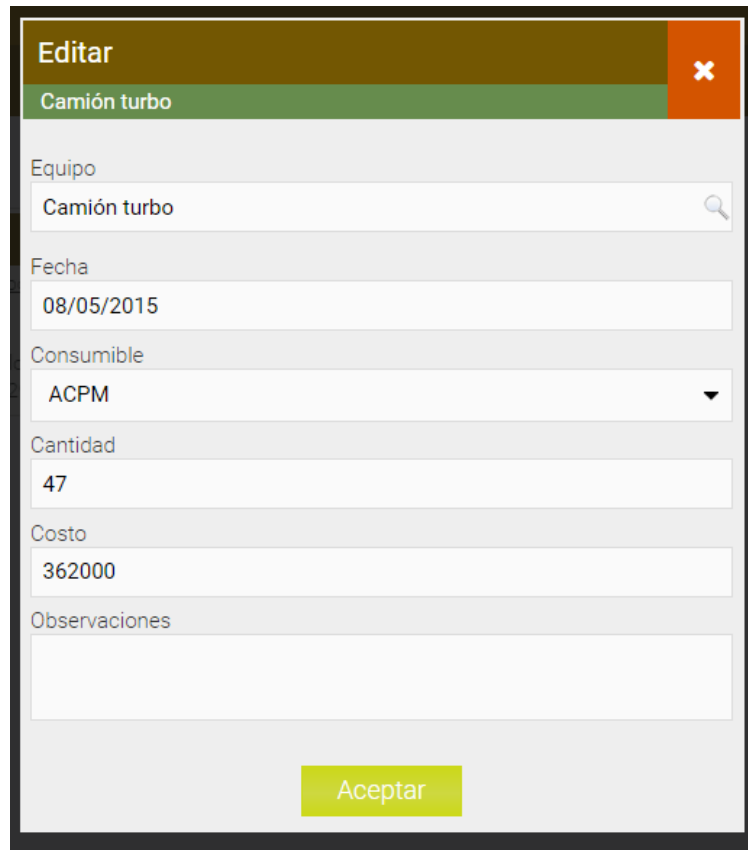


Figura 30. Menú Nuevo y Editar de los consumos.



se ingresen sean los más precisos posibles para que los reportes estén de acuerdo a las condiciones reales; una de las características más importantes es que este submódulo de puede relacionar con diferentes contadores y variables que le permitan introducir todo esto en la hoja de vida, relacionando por ejemplo la distancia recorrida y el tiempo gastado con los ingresos debido a este trabajo.

En la figura 34 se muestra el diagrama de flujo del submódulo, en la figura 35 la interfaz del mismo y en la figura 36 el menú de adición y edición de los ingresos de la empresa en el submódulo de producción.

5.4.2.6. Submódulo de cambios de estado. En este submódulo se pueden realizar los cambios de estado en el cual se encuentra cada equipo en el momento que se registra el mismo al software, dentro de estos estados se encuentran, Operativo, Fuera de operación, En mantenimiento, etc... de esta forma facilitará a los operadores y en especial al ingeniero de mantenimiento saber exactamente la ubicación de dicho equipo. En este módulo es necesario agregar los equipos y luego si añadir su estado actual para que así posteriormente se pueda cambiar de acuerdo a la ubicación del mismo. En la figura 37 se muestra el diagrama de flujo del submódulo, en la figura 38 se muestra la interfaz del mismo dentro del software y en la figura 39 se muestra el menú Nuevo y Edición de los estados de los equipos.

5.4.3. Módulo de monitoreo. En este módulo se permite realizar el monitoreo general de la infraestructura de la empresa, definida anteriormente en el primer capítulo del presente libro, contiene dos submódulos que se explicarán a continuación.

5.4.3.1. Submódulo de área operacional. Este submódulo tiene principalmente una función informativa, ya que se muestra el área de la empresa dedicada a la administración de la misma, y su ubicación dentro de la ciudad, dentro de este se pueden agregar todos los lugares que pertenecen a la empresa y al mismo tiempo se pueden modificar y añadir el mapa donde se observe su exacta ubicación. En la

figura 40 se muestra el diagrama de flujo del submódulo, en la figura 41 se muestra la interfaz del mismo dentro del software y en la figura 42 se muestra el menú Nuevo y Edición de las áreas de la empresa.

5.4.3.2. Submódulo de equipos. El submódulo de equipos se encuentra dentro del módulo de monitoreo, dentro del cual también se encuentra el submódulo de área operacional, sin embargo al ser solo informativo no se analiza a fondo, en el submódulo de equipos se pueden realizar todas las tareas que se realizan en el módulo operacional donde se encuentran los submódulos mencionados anteriormente, ya que en este se pueden agregar, editar y eliminar equipos, y dentro de los mismos también se puede realizar las ordenes de trabajo, los programas de mantenimiento, los consumos, la producción los gastos, los cambios de estado y la actualización de los contadores de dichos equipos, este submódulo concentra los anteriores en uno solo y permite tener las hojas de vida de los respectivos equipos desde que fueron agregados, y estas tienen toda la información que la empresa necesita para saber el desempeño y para tomar las decisiones de mantenimiento más acertadamente teniendo el registro histórico de los equipos.

En la figura 43 se muestra el diagrama de flujo del submódulo de equipos. En la figura 44 se muestra la interfaz del mismo.

En la figura 45 se muestra la interfaz de Nuevo y Edición. En la figura 46 se muestra la hoja de vida del equipo.

En la figura 47 se muestra el menú desplegable desde donde se pueden gestionar los parámetros del módulo operacional.

5.4.4. Módulo de configuración. En este módulo como su nombre lo indica se pueden modificar los aspectos tanto del software como de los parámetros de mantenimiento y los usuarios que están y que se agregan al software, el módulo posee cuatro submódulos que se explicarán a continuación.

Figura 31. Diagrama de flujo del submódulo Actualización de contadores.

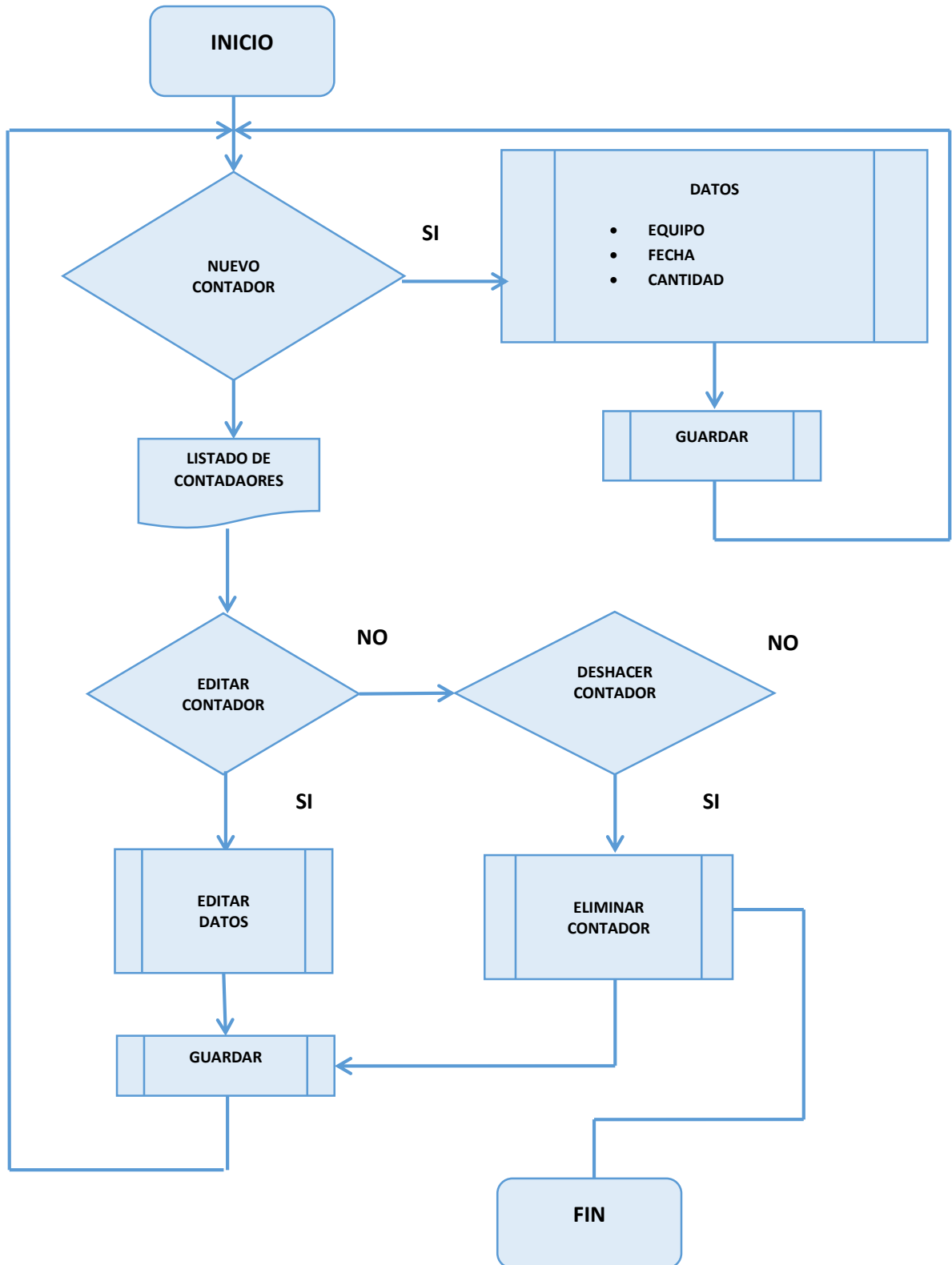


Figura 32. Interfaz del submódulo de Actualización de contadores.

» Producción

Nuevo

ID-5	ID-6
Equipo: <u>camion_imo</u> Concepto: Movimiento de Tierra Fecha: 10/06/2015 Valor: 2.000.000,00 Registrado por: Imecons LTDA Imecons LTDA Fecha de Registro: 10/06/2015 08:47	Equipo: <u>camion_imo</u> Concepto: Movimiento de Tierra Fecha: 10/06/2015 Valor: 2.000.000,00 Registrado por: Imecons LTDA Imecons LTDA Fecha de Registro: 10/06/2015 08:48
ID-4	ID-2
Equipo: <u>torno</u> Concepto: Alquiler Fecha: 09/06/2015 Valor: 33,00 Registrado por: Imecons LTDA Imecons LTDA Fecha de Registro: 09/06/2015 23:42	Equipo: <u>Camión de vacío</u> Concepto: Alquiler Fecha: 29/05/2015 Valor: 500.000,00 Registrado por: Carlos Eduardo Baeza Quintero Fecha de Registro: 29/05/2015 05:31

Figura 33. Menú de adición y edición del submódulo de Actualizar contadores.

**Editar** ✕

**Camión grúa**

Fecha

Cantidad

**Aceptar**

Figura 34. Diagrama de flujo del submódulo Producción.

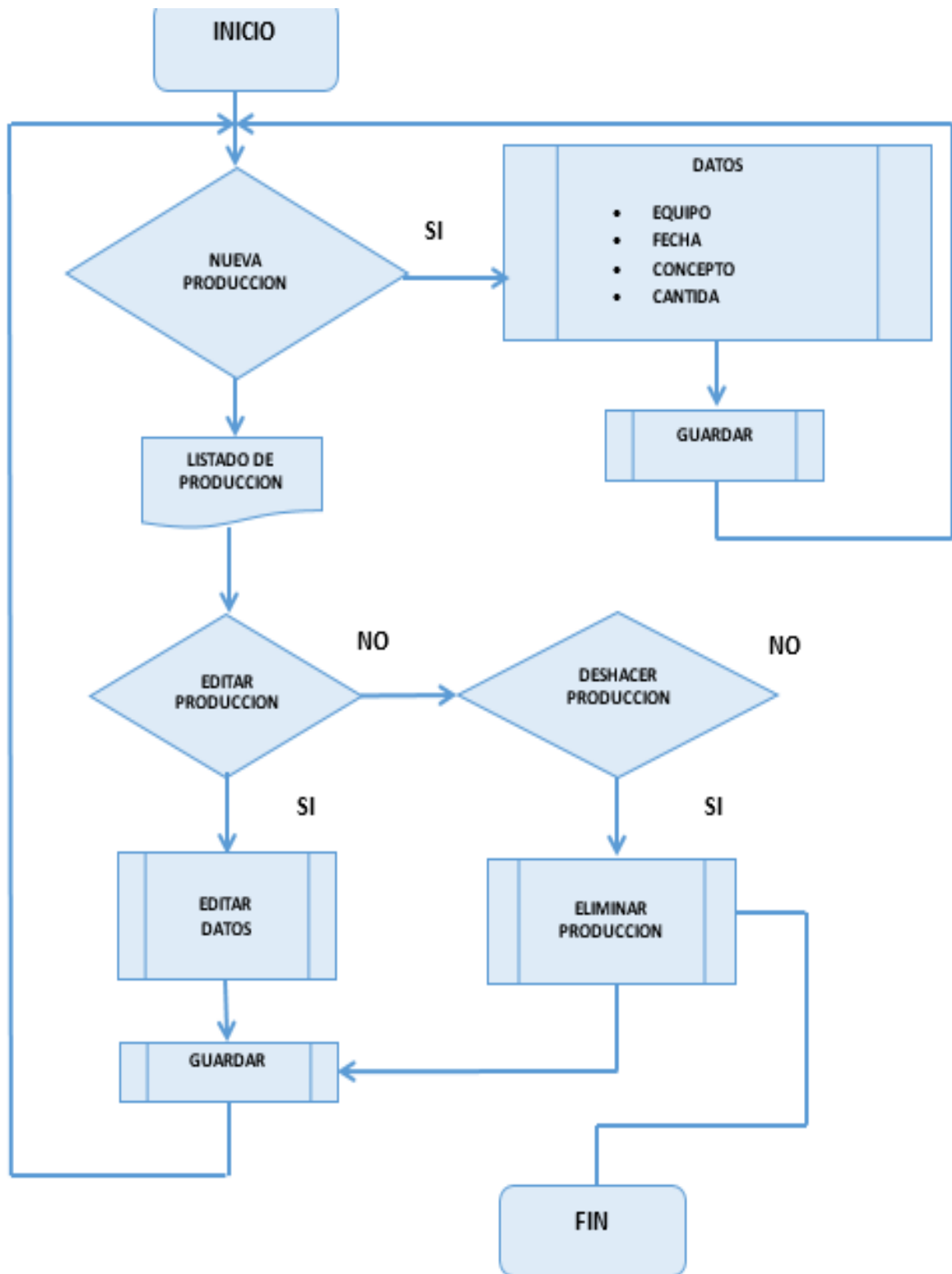


Figura 35. Interfaz del submódulo de Producción.

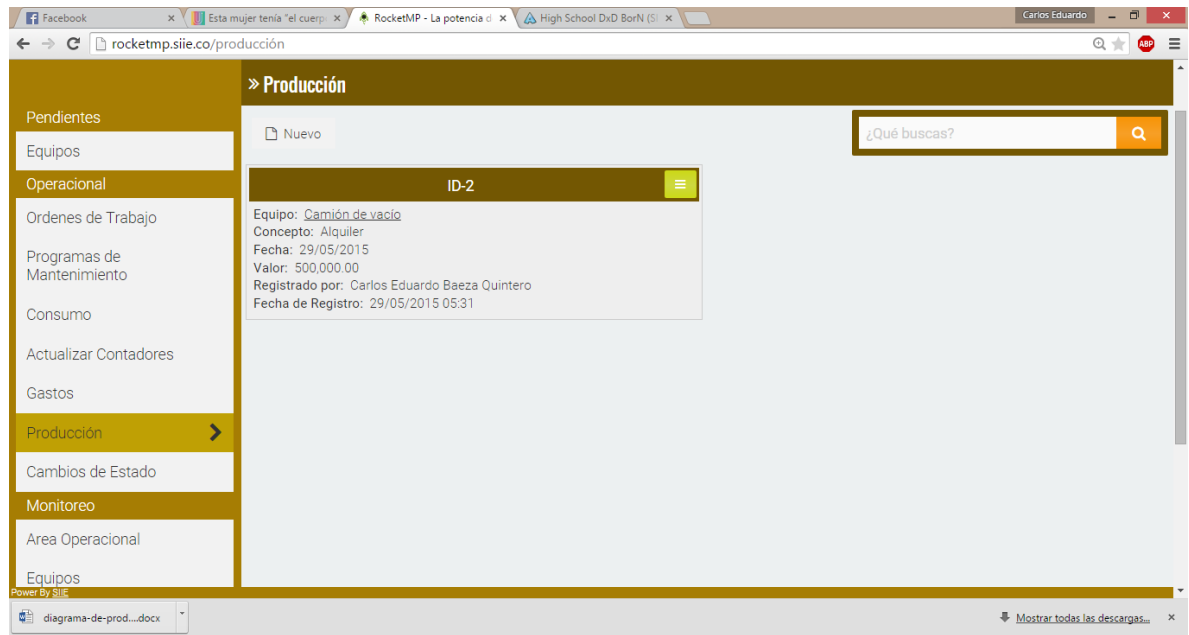


Figura 36. Menú de adición y edición del submódulo de Producción.

The screenshot shows a modal form titled 'Editar' with a close button (X) in the top right corner. The form is for editing a record of 'Camión de vacío'. It contains the following fields and options:

- Equipo:** Camión de vacío (with a search icon)
- Fecha:** 29/05/2015
- Concepto:** Alquiler (dropdown menu)
- Cantidad:** 0
- Relacionar con:** A section with two columns: 'Contador' and 'Variable'. Each column has radio buttons for 'Si' and 'No', with 'No' selected in both.

At the bottom of the form is a large green 'Aceptar' button.

Figura 37. Diagrama de flujo del submódulo cambios de estado.

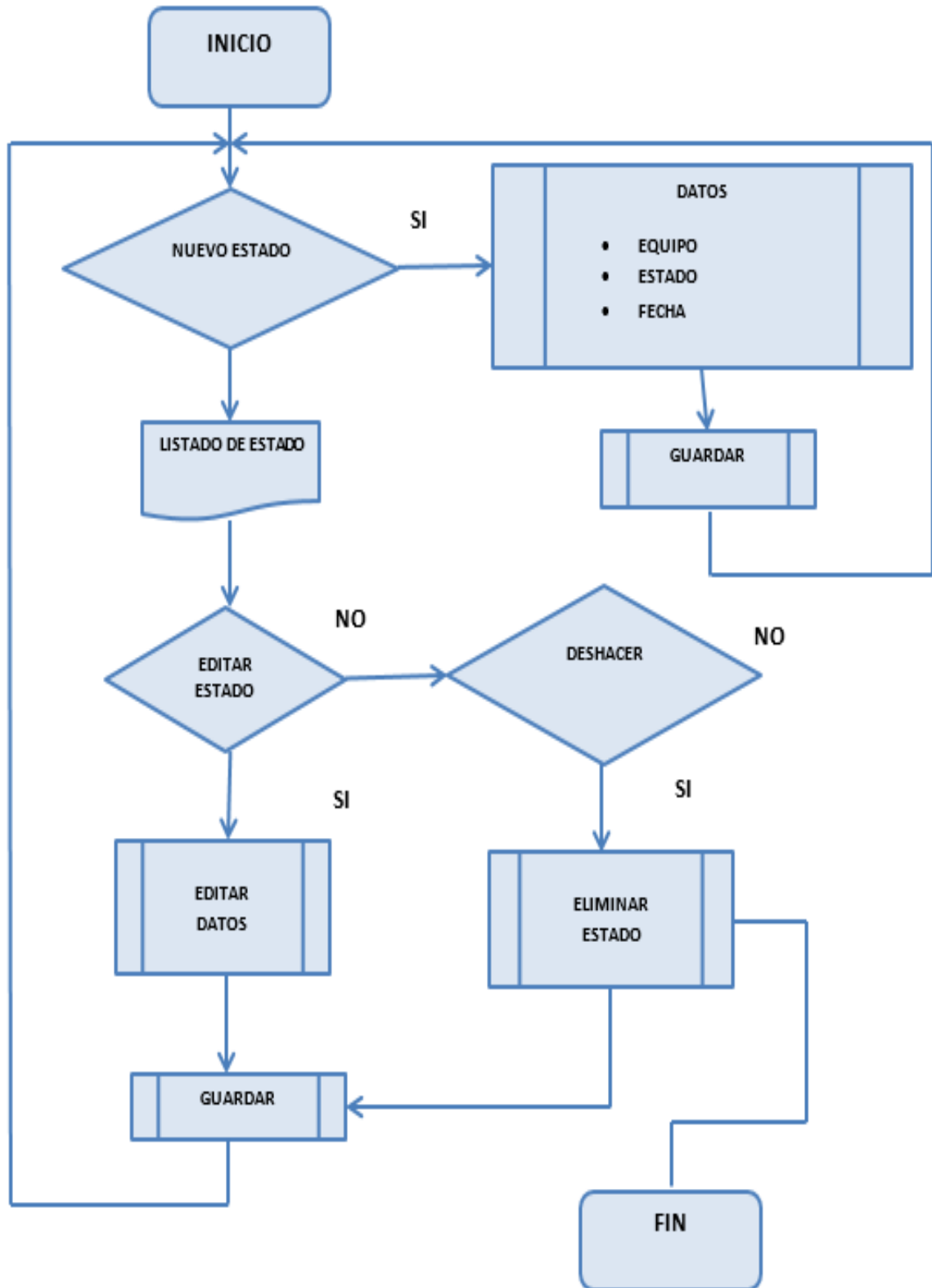


Figura 38. Interfaz del submódulo cambios de estado.

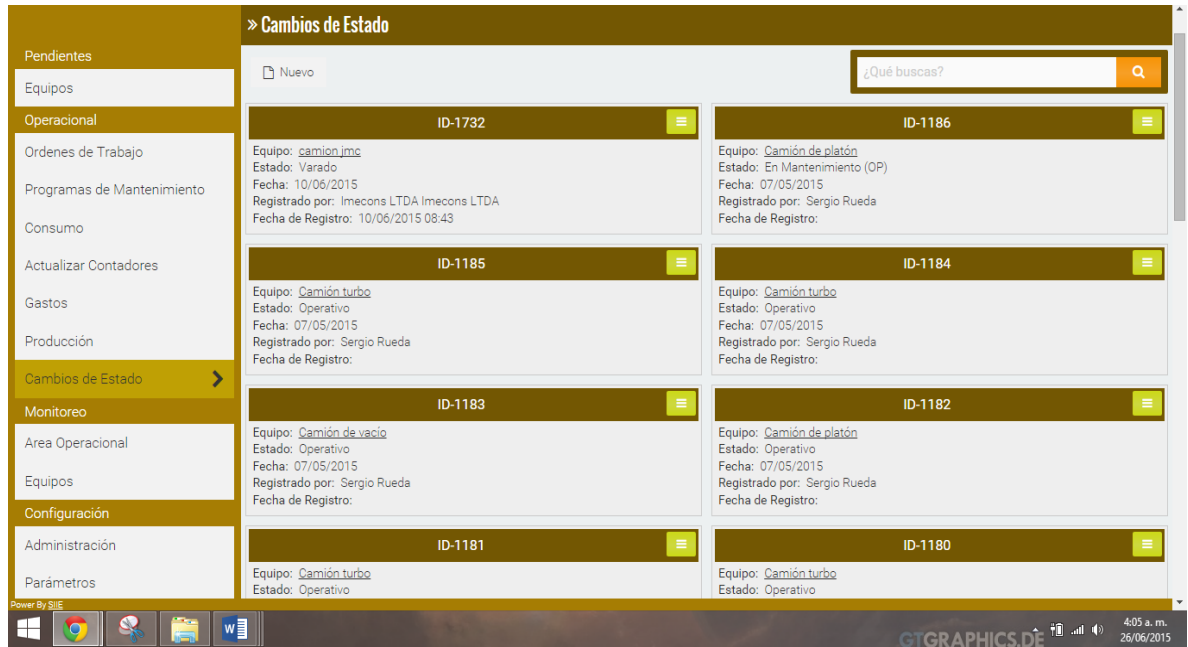


Figura 39. Menú de Nuevo y Edición del submódulo cambios de estado.



Figura 40. Diagrama de flujo de Área operacional.

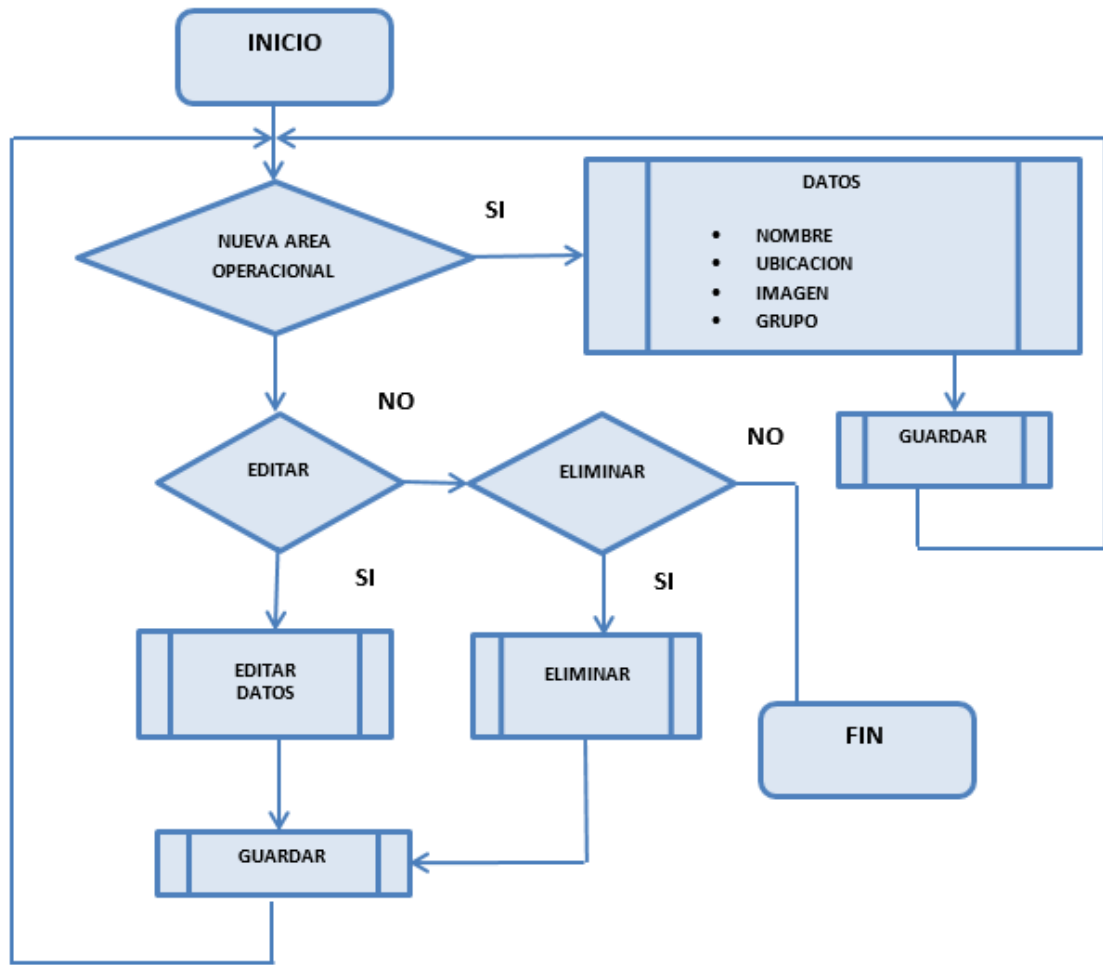


Figura 41. Interfaz del submódulo Área operacional.

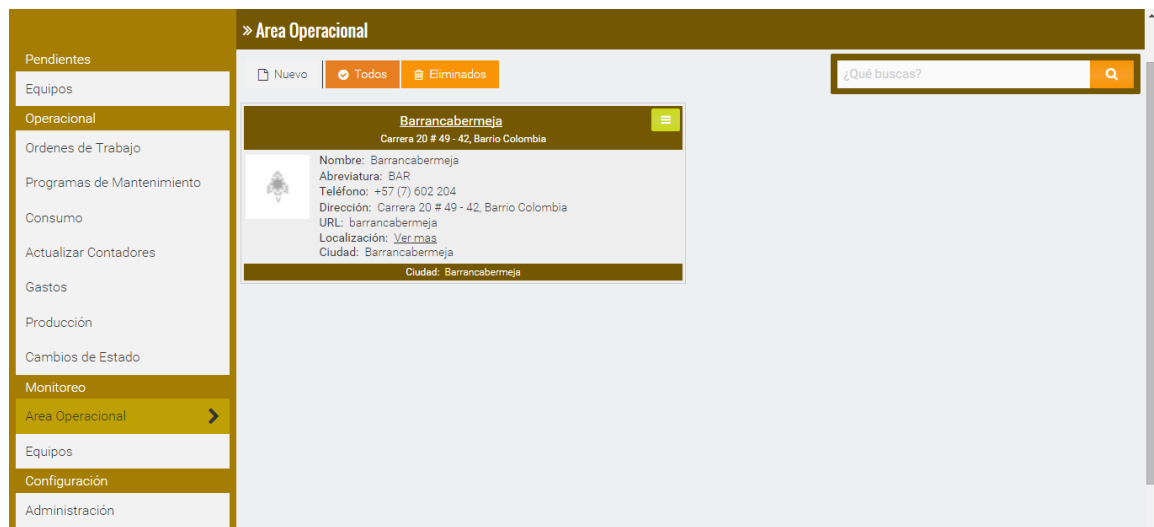


Figura 42. Menú de Nuevo y Edición del submódulo Área operacional.

**Nuevo**

Nombre

Abreviatura

Observaciones

Área operacional principal  
Establecer como principal  
 Sí  No

Ciudad  
Bogotá D.C.

Dirección

Teléfono

Mapa Satélite

Geocode

Imagen

Modificar imagen  
 Sí  No  Cancelar

Ciudades en operación  
Añadir Ciudad  
Ciudad

Vincular a Grupo  
 Seleccionar todas  
Aún no hay grupos relacionados  
Autorizar Grupos

Guardar

5.4.4.1. Submódulo de administración. El submódulo de administración permite realizar las acciones administrativas del software, tales como edición de los datos generales tanto de la empresa como de los datos del software, como zona horaria, color de fondo, tiempos de respuesta parámetros de operación, etc... también se puede encontrar los grupos de usuarios que se encuentran en el software y su jerarquía y permisos de uso de los mismos, y por ultimo permite la edición del diseño del software y de las imágenes de fondo que este tiene.

Es importante ya que desde la parte de los grupos se pueden agregar usuarios nuevos y darle permisos de uso a los mismos, de la misma forma si se es administrador también se pueden modificar los permisos de los usuarios ya existentes.

En la figura 48 se muestra el diagrama de flujo general del submódulo de administración.

En las figuras de la 49 a las 51 se muestran los diagramas de flujo de los tres procesos generales que se pueden llevar a cabo en el submódulo.

En las figuras de la 52 a la 54 se muestra las interfaces del mismo.

5.4.4.2. Submódulo de parámetros. En este submódulo se gestionan todos los valores que son necesarios para el funcionamiento correcto de los módulos anteriormente mencionados, dentro de este hay diferentes pestañas de los datos y parámetros que se pueden crear en él y son mencionados a continuación en el presente trabajo se mostrará los más relevantes para el software y para el desarrollo de las actividades de mantenimiento de la empresa, y que hay otros que son solo informativos u organizativos dentro del sistema de información.

En la figura 55 se muestra el diagrama de flujo general del submódulo de parámetros.

Figura 43. Diagrama de flujo del submódulo Equipos.

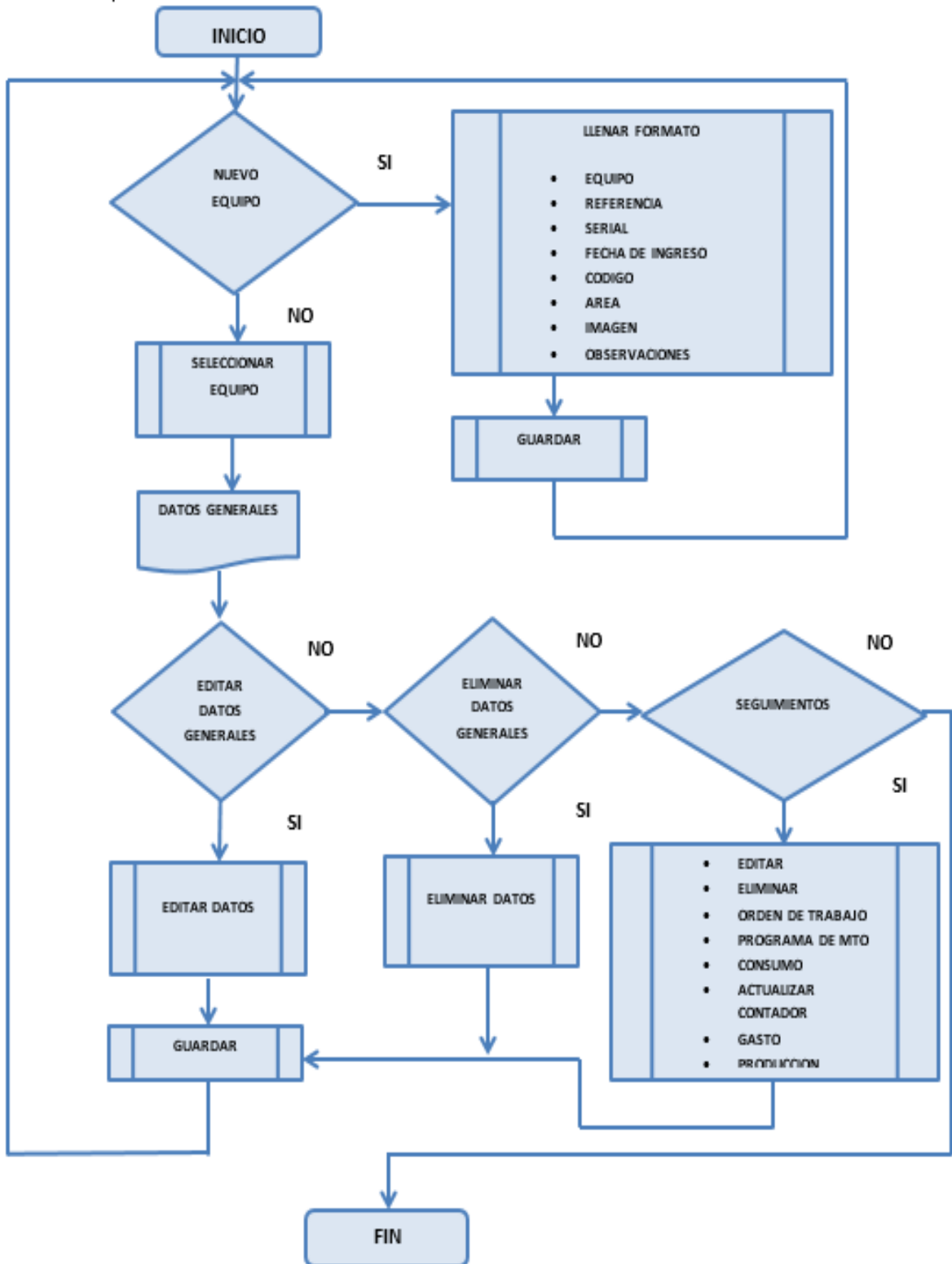


Figura 44. Interfaz del submódulo Equipos.

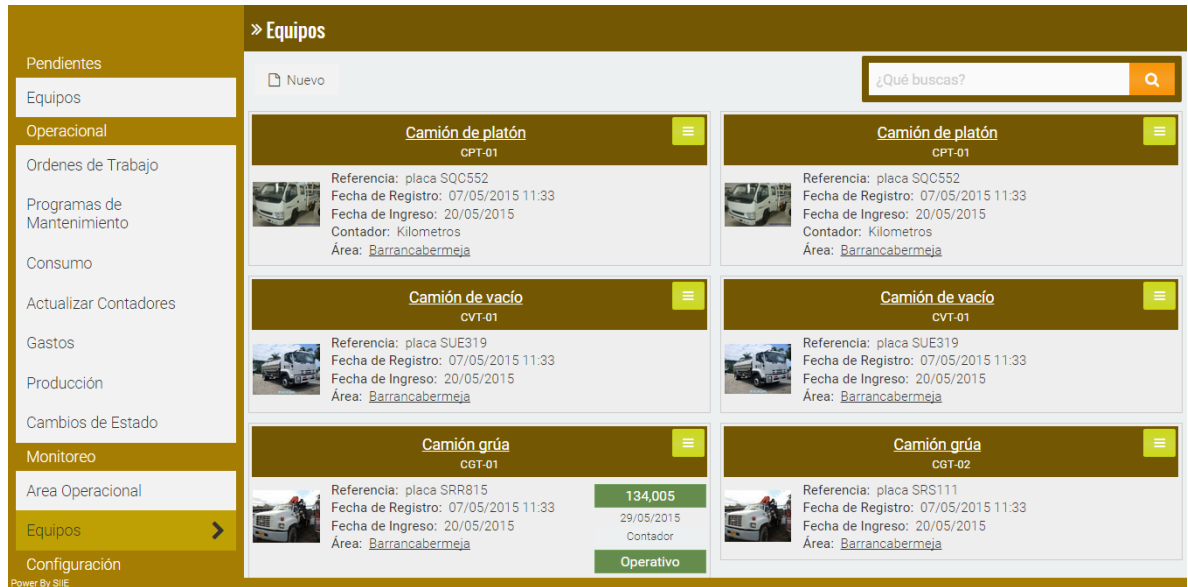


Figura 45. Menú de Nuevo y Edición del submódulo equipos.

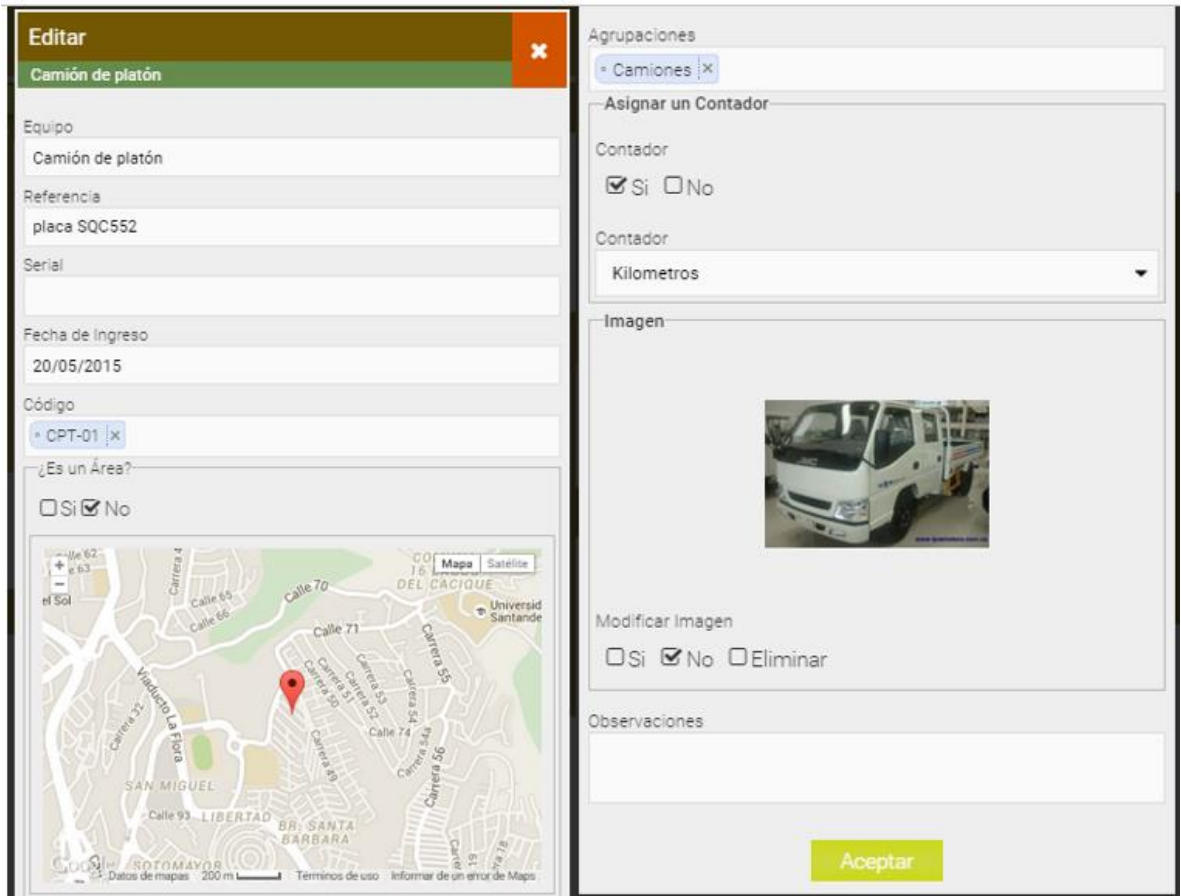


Figura 46. Hoja de vida del submódulo Equipos.

The screenshot shows a web interface for the 'Equipos' sub-module. On the left is a sidebar menu with categories: Pendientes, Operacional, Monitoreo, Configuración, and Administración. The main content area displays details for 'Camión de platón CPT-01', including a photo, registration information (placa SQC552, 07/05/2015), and operational status (522,450 Km, Operativo). On the right, there is a search bar and a list of related items: Ordenes de Trabajo, Programas de Mantenimiento, Protocolos de Mantenimiento, Planillas, Consumos, Actualizaciones de Contador, Cambios de Estado, Registro de Gastos, and Registros de Producción.

Figura 47. Menú desplegable para adición de parámetros del módulo Operacional.

This screenshot shows a dropdown menu for adding parameters to the 'Operacional' module. The menu is overlaid on a list of equipment items. The visible items are 'Camión de platón CPT-01', 'Camión de vacío CVT-01', and 'Camión grúa CPT-01'. The dropdown menu contains the following options: Editar, Eliminar, Orden de Trabajo, Programa de Mantenimiento, Consumo, Actualizar contador, Actualizar estado, Gasto, and Producción.

Figura 48. Diagrama de flujo general del submódulo Administración.

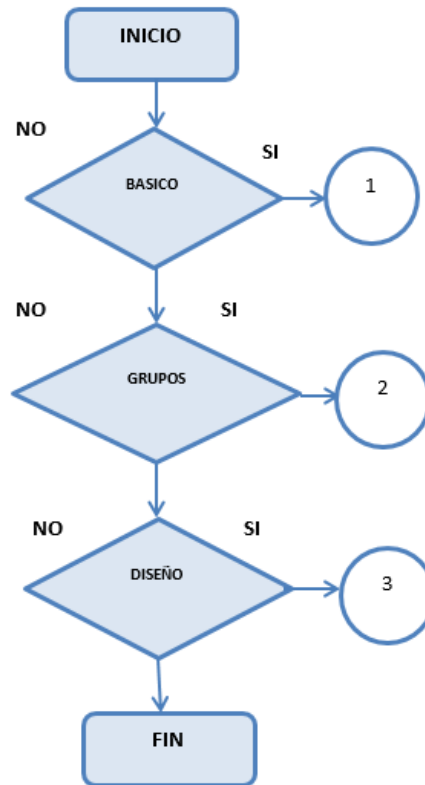


Figura 49. Diagrama de flujo del parámetro Básico del submódulo Administración.

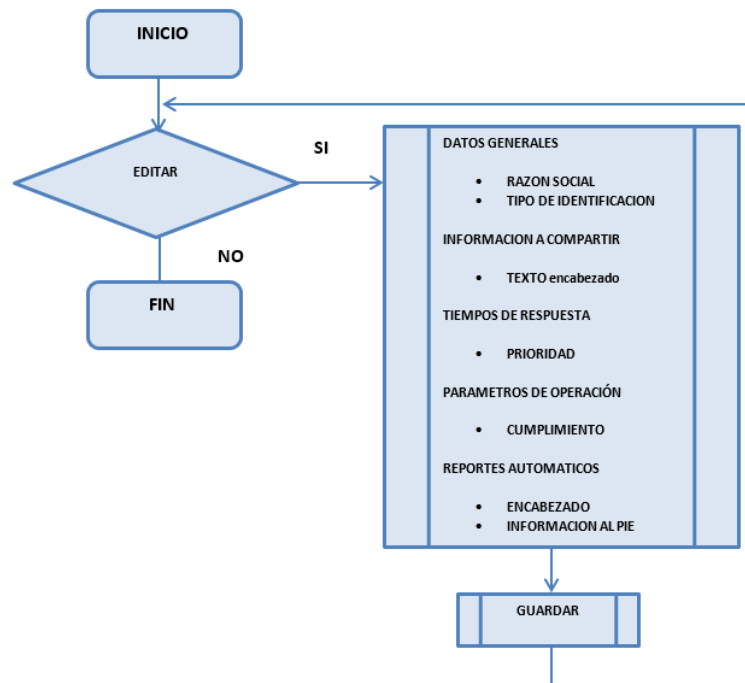


Figura 50. Diagrama de flujo del parámetro Grupos del submódulo Administración.

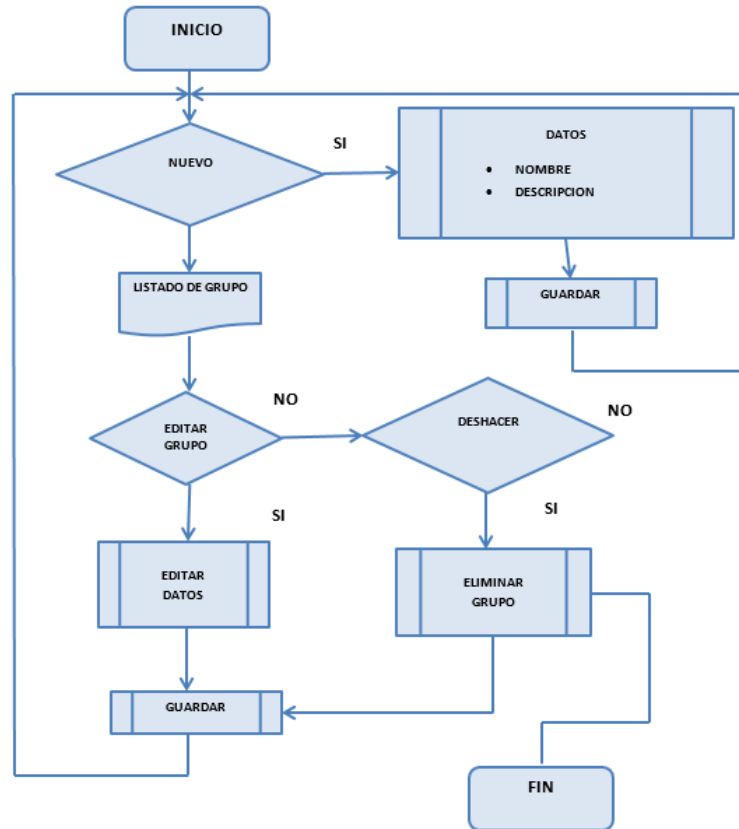


Figura 51. Diagrama de flujo del parámetro Diseño del submódulo Administración.

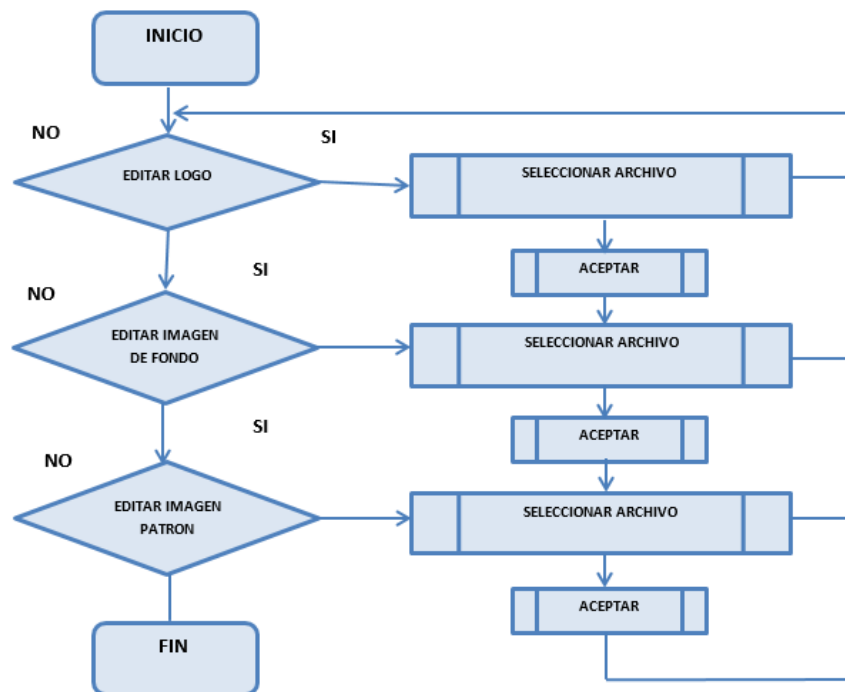


Figura 52. Interfaz de parámetro Básico del submódulo Administración.

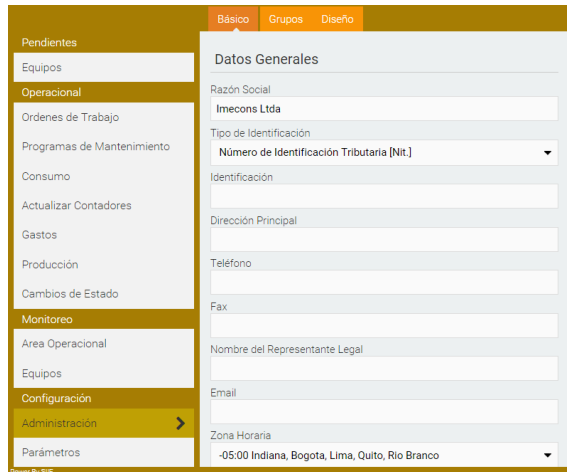


Figura 53. Interfaz de parámetro Grupos del submódulo Administración.

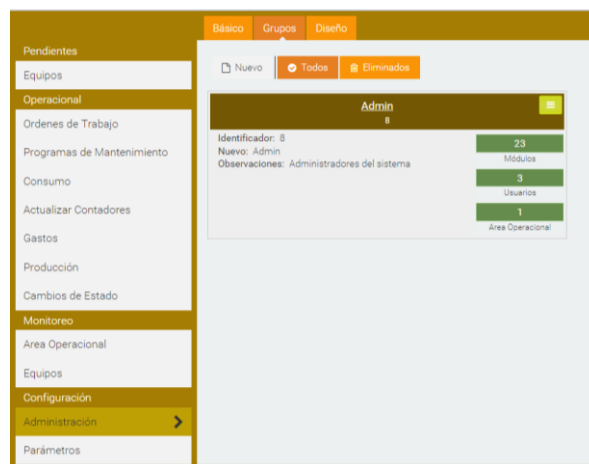
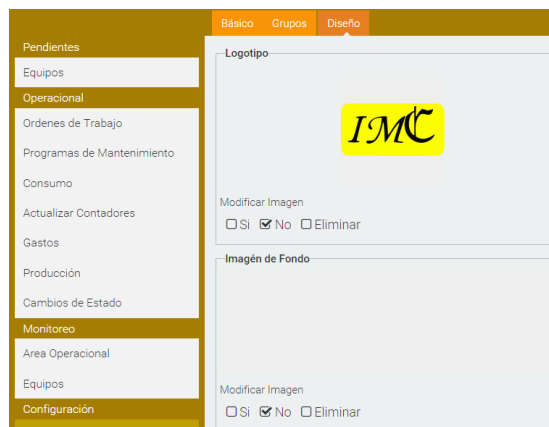


Figura 54. Interfaz de parámetro Diseño del submódulo Administración.



En la figura 56 se muestra la interfaz del software del mismo.

- **Agrupación:** La agrupación de los equipos se realiza para poder manejarlos de manera más organizada con grupos en los cuales de unan equipos con características similares, la importancia de esta parte radica en los informes y posteriores reportes que se generen en el software, jerarquizando los equipos de tal manera que se analicen los efectos de dichas agrupaciones sobre la economía y el mantenimiento de la empresa. En la figura 57 se muestra el diagrama de flujo de este parámetro.
- **Concepto:** La empresa IMECONS LTDA presta servicios de maquinaria pesada, obras civiles, entre otros, como se menciona en el primer capítulo, estos servicios se tienen en cuenta en el software para aclarar la razón de la producción que se le agrega a un equipo en el submódulo del mismo nombre, dentro de este parámetro se pueden agregar, editar y modificar todos los conceptos que permiten aclarar y definir las acciones que cada equipo realiza para la producción. En la figura 58 se muestra el diagrama de flujo del parámetro concepto que se presenta en el submódulo de parámetros.
- **Empleados:** En este parámetro se puede realizar el registro, la edición y eliminación de todos los empleados que estén involucrados en el proceso de mantenimiento de la empresa, el fin de esto es delegar responsabilidades de las acciones de mantenimiento propuestas por las órdenes de trabajo provenientes de las respectivas alarmas causadas por los programas de mantenimiento. En la figura 59 se muestra el diagrama del parámetro de empleados.
- **Proveedor:** Este parámetro permite tener un registro completo de todos los proveedores que tenga la empresa para el abastecimiento de los repuestos que la misma necesite en sus acciones de mantenimiento es importante debido a que se registran las adquisiciones de los mismos a dichos proveedores y permite llevar los registros completos de compras de la empresa. En la figura 60 se muestra el diagrama del parámetro de proveedores.

- Repuestos: En este parámetro se especifican el tipo de repuestos que se utilizaran en las acciones de mantenimiento organizadas dentro de las ordenes de trabajo, estos repuestos se guardan en el sistema permitiendo que en la pestaña de creación de órdenes de trabajo aparezcan los mismos y permita que sean elegidos de acuerdo a la necesidad planteada dentro de las mismas. En la figura 61 se muestra el diagrama del parámetro de repuestos.
- Tipo de falla: Son las fallas que posiblemente puede presentar un equipo en su lugar de trabajo, el sistema pretende reducirlas a lo más mínimo sin embargo es necesario tenerlas en cuenta ya que siempre queda una posibilidad dentro del plan de mantenimiento de que estas ocurran, también aparecen dentro de la pestaña de las órdenes de trabajo y permite la elección de las mismas al momento de su creación. En la figura 62 se muestra el diagrama del parámetro de tipos de falla.
- Tipos de trabajo: En la empresa IMECONS LTDA cuando se realiza una acción de mantenimiento principalmente se realiza sobre tres componentes de máquina principales, los cuales son: mecánicos, hidráulicos y eléctricos o electrónicos, en este parámetro se guardan dichos componentes y se tienen en cuenta dentro de las órdenes de trabajo para que las acciones que se le realicen a un equipo puedan ser clasificadas dentro de estos tres tipos de trabajo. En la figura 63 se muestra el diagrama del parámetro de tipos de trabajo.

5.4.4.3. Submódulo del perfil. El perfil de cada usuario creado en la página se puede modificar en todos sus aspectos por el mismo en este submódulo, en él se encuentra la posibilidad de edición de la información básica, redes sociales, correo electrónico, seguridad, y la foto del usuario. El diagrama de flujo de este se encuentra en la figura 61, y en la figura de la 62 se muestra la interfaz del submódulo de perfil del usuario anteriormente mencionados.

5.4.4.4. Submódulo de reportes. Este submódulo a pesar de ser sencillo es importante para la empresa, pues es el que le permite conocer sus estadísticas, y saber la influencia de la implementación tanto del software como del mantenimiento

preventivo en la empresa, este le dice a la empresa de forma cuantificada y gráfica los indicadores e informes que empresa requiera para la toma de decisiones dentro de su programa de mantenimiento. En la figura 63 se muestran los informes que el software genera y en la figura 64 los indicadores que analiza el mismo.

Luego de dar clic en cualquiera de los reportes mostrados en las figuras 63 y 65 el software mostrará una tabla con los datos del reporte seleccionado así como una gráfica de dichos datos que muestre el comportamiento de los mismos. A continuación se muestran cuatro ejemplos de cómo se calculan dentro del software y de las gráficas que este debe mostrar. Las gráficas generadas, y los datos mostrados son estimaciones de los datos reales de la empresa, debido a que no existen muchos datos ingresados hasta el momento, y fueron ingresados para fines ilustrativos.

- Informe de Gastos: Este reporte muestra el dinero gastado por todos los de los equipos en un determinado periodo de tiempo por concepto de repuestos, consumibles y otros, se determina con la sumatoria de dichos valores que convergen en la base de datos cuando son agregados al software; este reporte es importante ya que le permite a la empresa saber si los gastos han reducido con respecto al tiempo o aumentado, lo cual comprende uno de los objetivos de la implementación del software. La tabla y grafica aparecen en la figura 65.
- Informe de Utilidad por equipo: Este reporte muestra la utilidad de cada equipo determinada por la resta entre lo que este produce y los gastos y consumos del mismo, cuando se da clic en este caso se mostrará la tabla y gráfica de todos los equipos; la importancia de este radica en que la empresa puede determinar por separado la utilidad de cada equipo y tomar decisiones pertinentes para realizar acciones que le permitan mejorar dichas utilidades individualmente. En la figura 66 se muestra uno de los equipos de la empresa.

Figura 55. Diagrama de flujo del submódulo parámetros.

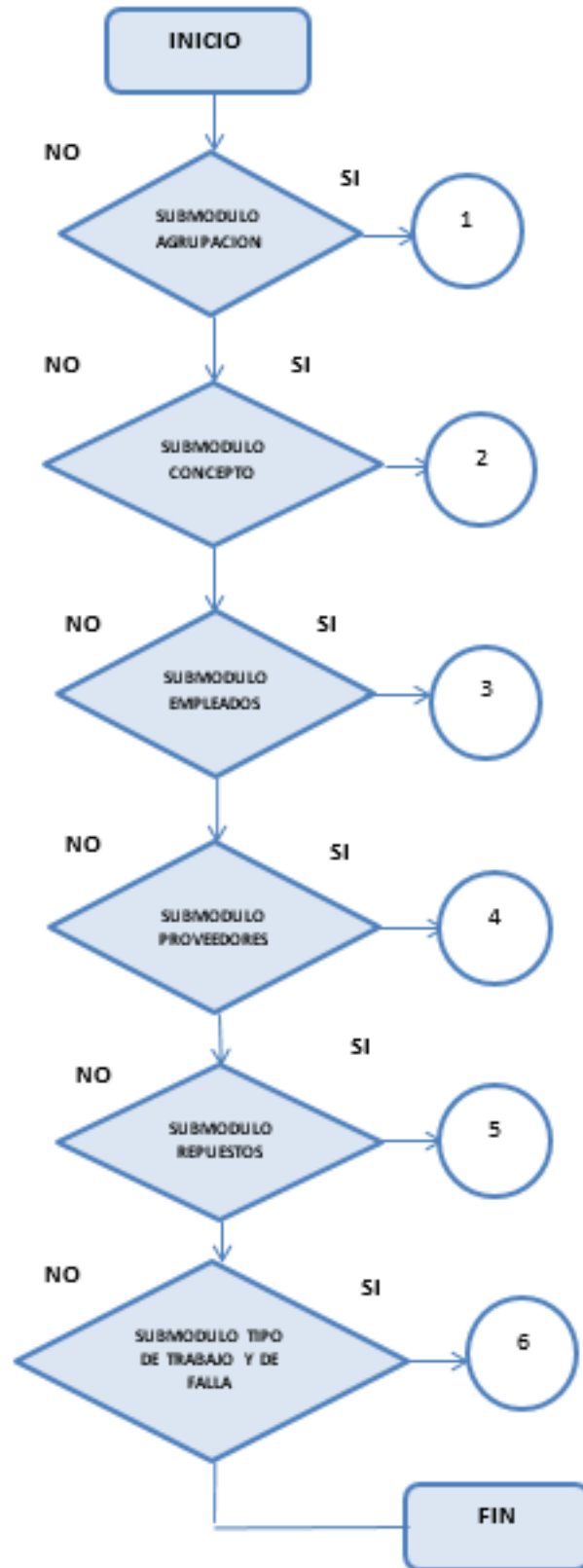


Figura 56. Interfaz del submódulo de parámetros.



Figura 57. Diagrama de flujo del parámetro agrupación.

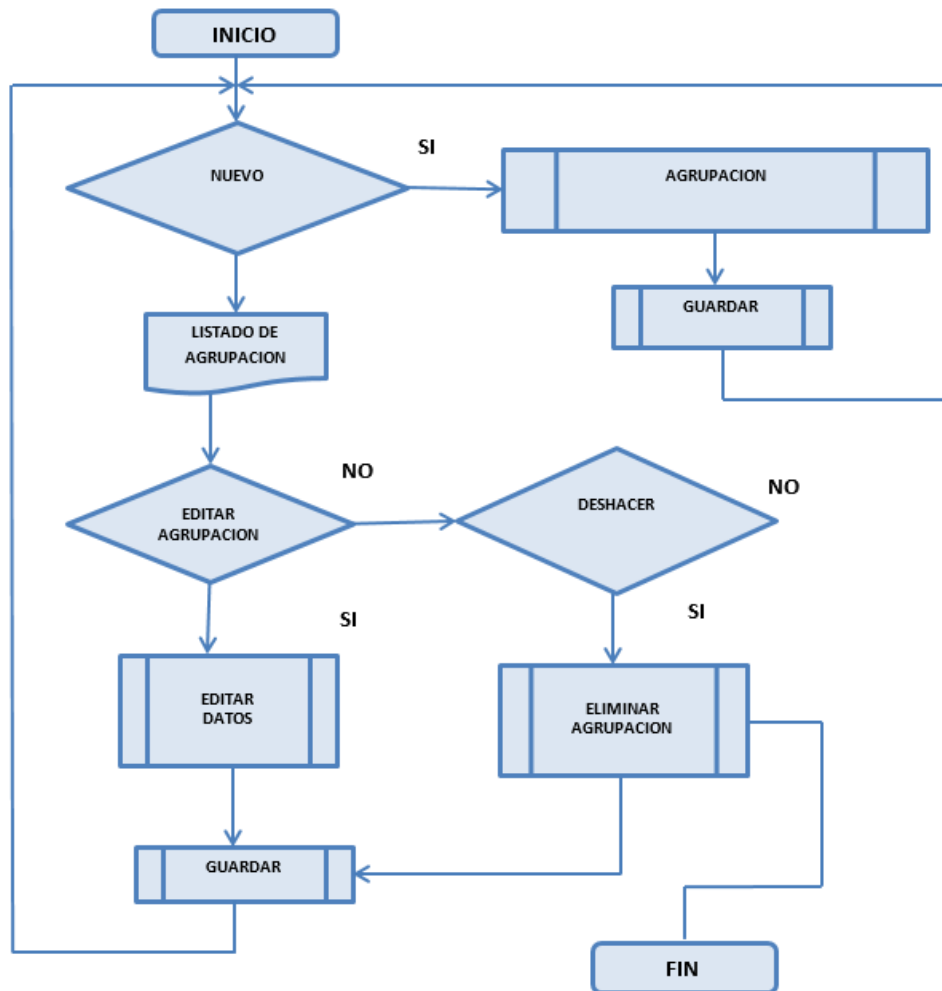


Figura 58. Diagrama de flujo del parámetro concepto.

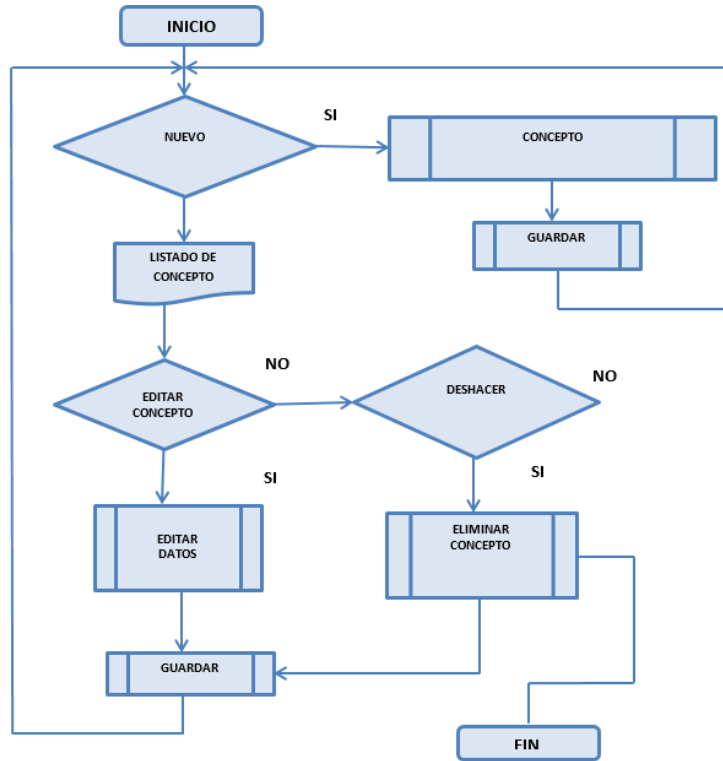


Figura 59. Diagrama de flujo del parámetro empleados.

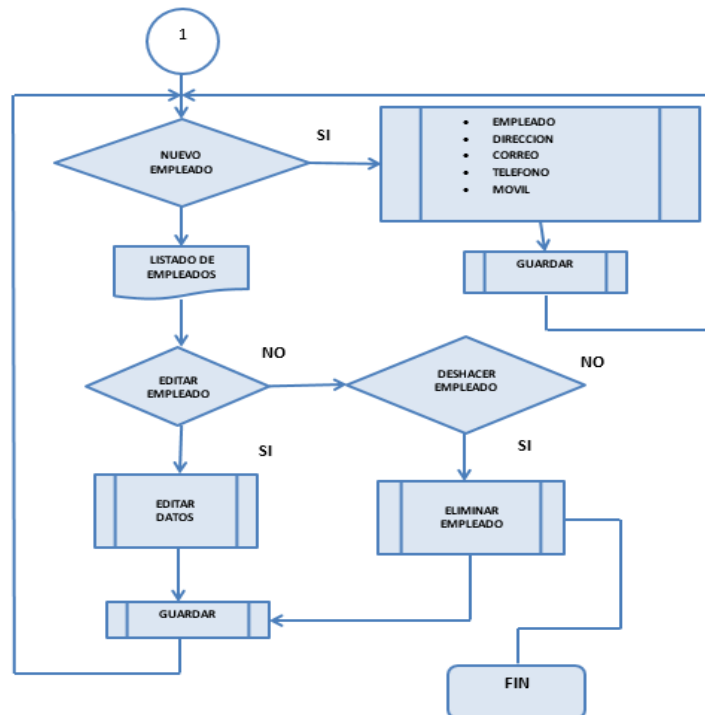


Figura 60. Diagrama de flujo del parámetro proveedor.

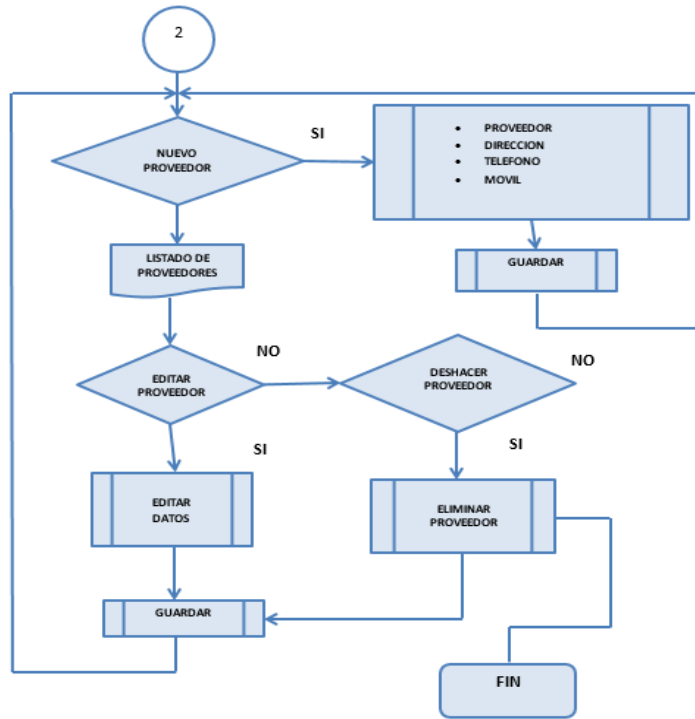


Figura 61. Diagrama de flujo del parámetro repuestos.

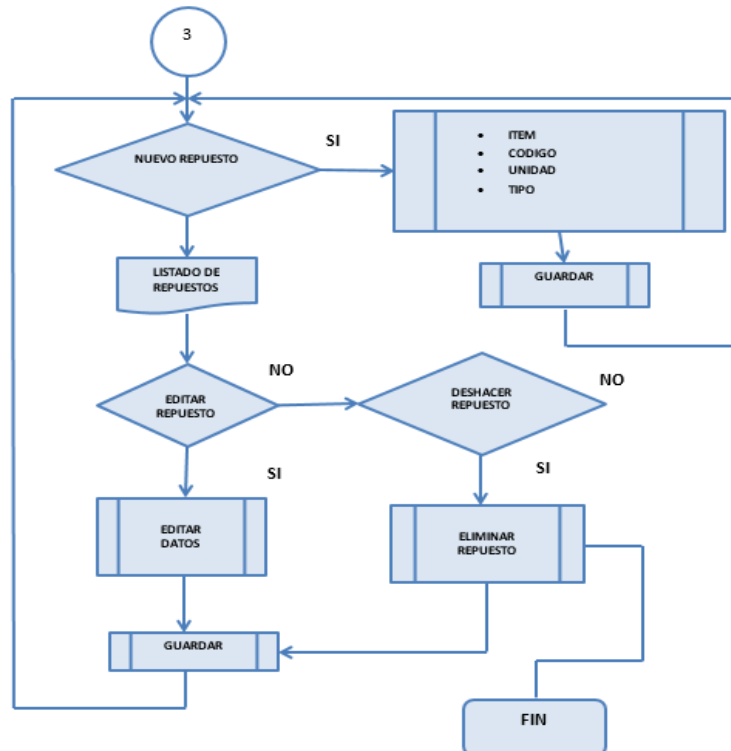


Figura 62. Diagrama de flujo del parámetro tipos de falla.

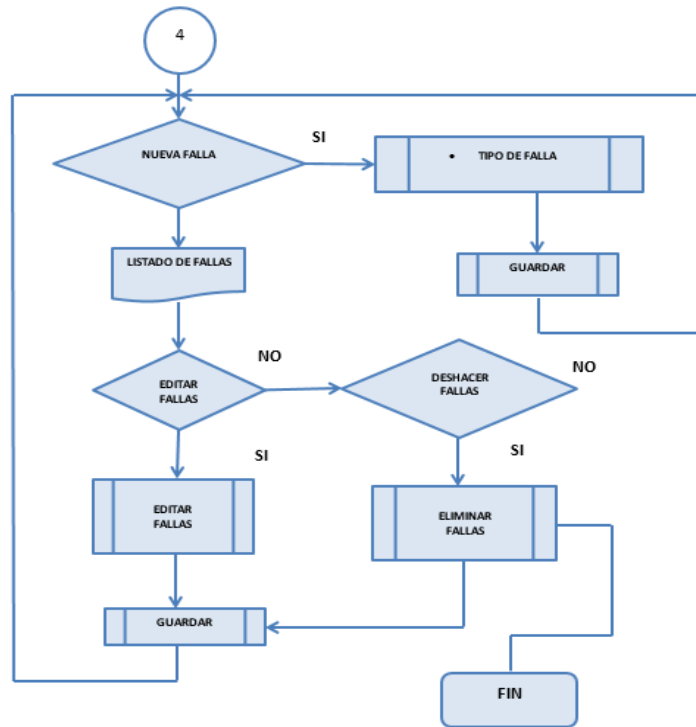


Figura 63. Diagrama de flujo del parámetro tipos de trabajo.

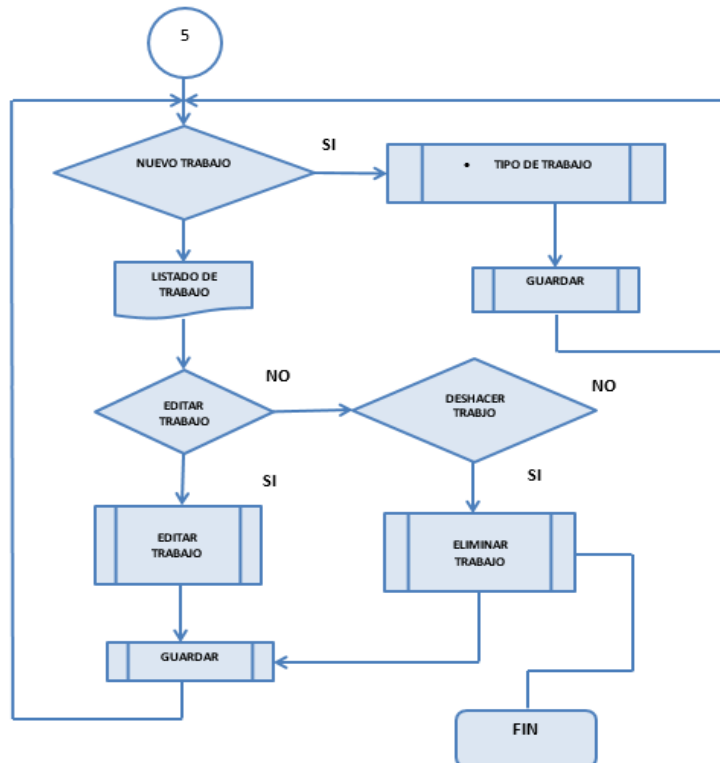


Figura 61. Diagrama de flujo del submódulo de Perfil.

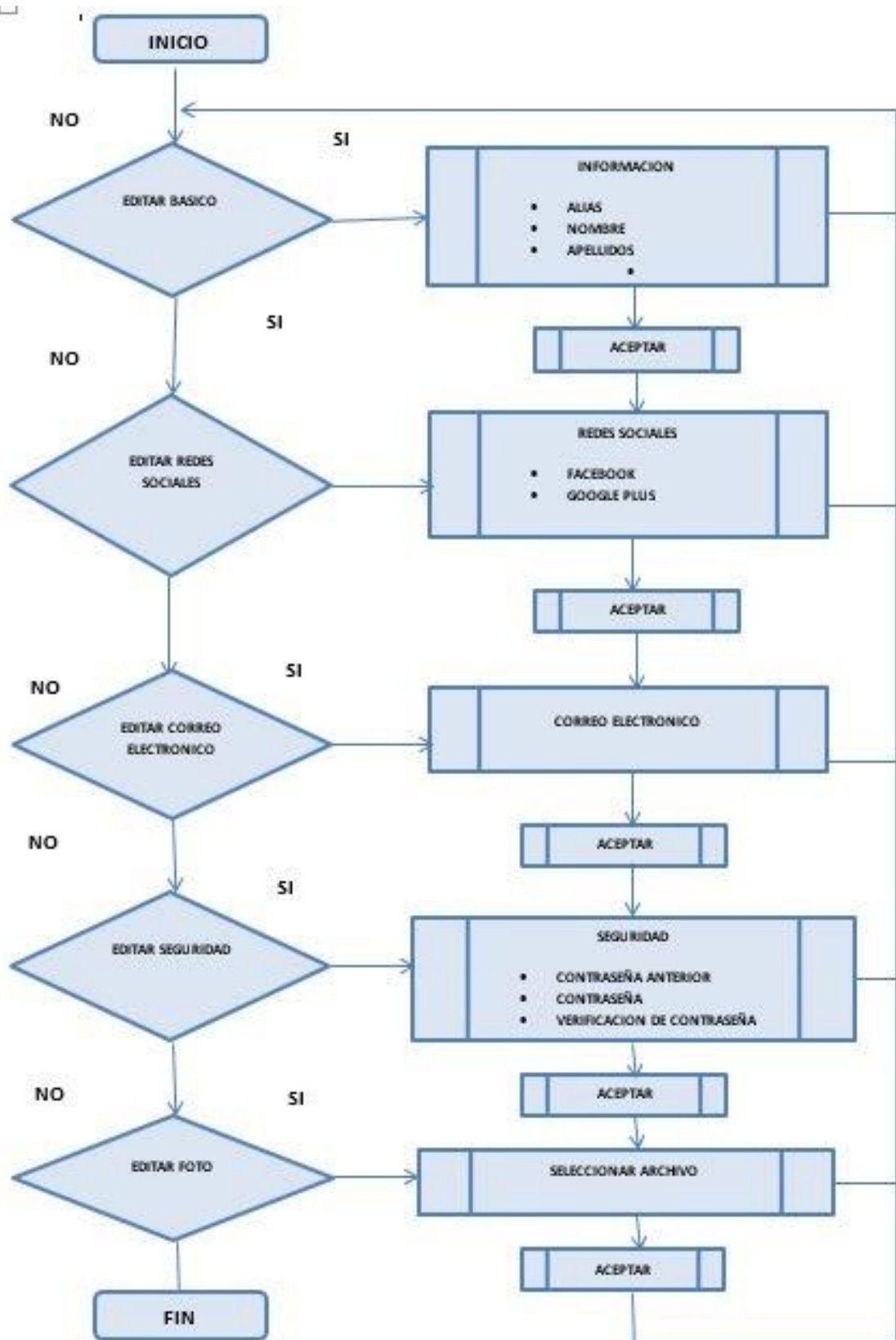


Figura 62. Interfaz gráfica del submódulo de Perfil.

The screenshot shows a web interface for a user profile. At the top, there are navigation tabs: Básico, Redes Sociales, Correo Electrónico, Seguridad, and Mi Foto. On the left, a sidebar menu lists various categories: Pendientes, Equipos, Operacional, Ordenes de Trabajo, Programas de Mantenimiento, Consumo, Actualizar Contadores, Gastos, Producción, Cambios de Estado, Monitoreo, Area Operacional, Equipos, Configuración, Administración, and Parámetros. The main content area displays a form titled 'Información' with the following fields: Alias (554be964bf64f), Nombres (Carlos Eduardo), Apellidos (Baeza Quintero), Idioma (Español), Moneda, Tipo de Identificación (Cedula de Ciudadania), Identificación, Género (Masculino), and Teléfono. A note at the bottom of the form says 'Móvil (Incluya el código del país por ejemplo 573165301588)'.

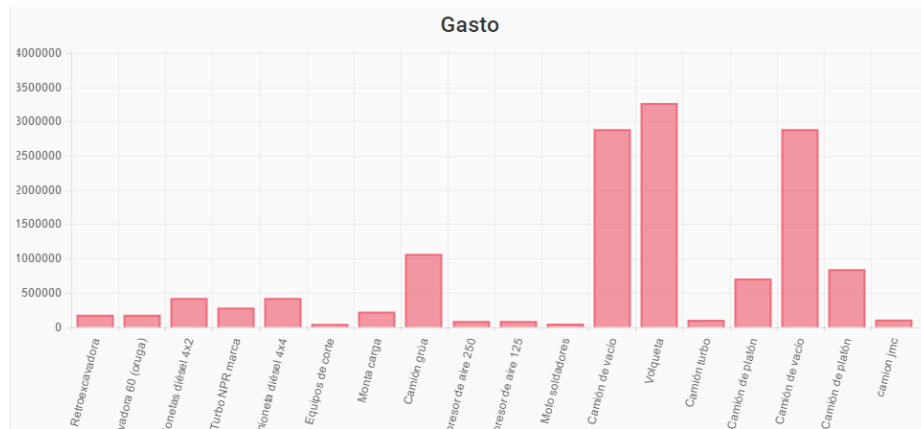
Figura 63. Informes que genera el software de mantenimiento en el submódulo de reportes.



Figura 64. Indicadores que se tienen en cuenta para el software de mantenimiento de la empresa.



Figura 65. Informes de Gastos.



- **Indicador de Rendimiento:** Este reporte muestra la relación que hay entre el total de mantenimientos preventivos realizados con el total de mantenimientos realizados por la empresa, es decir, la sumatoria de los mantenimientos preventivos y los mantenimientos correctivos totales realizados, de esta forma:

$$IR = \frac{\text{Mantenimientos preventivos}}{\text{Mantenimientos totales}}$$

Donde:

- **Mantenimientos totales = Mtos preventivos + Mtos correctivos.**

Este indicador también se presenta en forma de tabla con respecto a un periodo de tiempo determinado que en el caso del software es mensual. La importancia de este indicador se refleja en que mide directamente el rendimiento del software, entre más cercano a 1 sea más eficiente será y al mostrarlo a través del tiempo la empresa podrá tomar decisiones que afecten positivamente este indicador. En la figura 67 se muestra dicho indicador y una gráfica del mismo.

- **Indicador de Consumo/Producción:** Este reporte muestra la relación entre lo que cada equipo consume dentro de la empresa durante cierto periodo de tiempo, que en este caso es mensual, por lo tanto el indicador se determina por la sumatoria de los consumos y de lo producido por el mismo, de la siguiente manera:

$$CONSUMO/PRODUCCION = \frac{\sum \$ CONSUMIDO MENSUAL}{\sum \$ PRODUCIDO MENSUAL}$$

La importancia de dicho indicador se da en que le permite a la empresa relacionar los informes de los dos primeros reportes mostrados anteriormente, teniendo un dato con el que pueden facilitar la toma de decisiones para las acciones de mantenimiento realizadas. En la figura 68 se muestra la tabla y la gráfica que este indicador genera. Con esto se muestran las partes más importantes del software y su proceso de construcción dentro del mismo a continuación se realiza las pruebas para la implementación de este dentro de la empresa.

Figura 66. Informe de Utilidad por equipos.

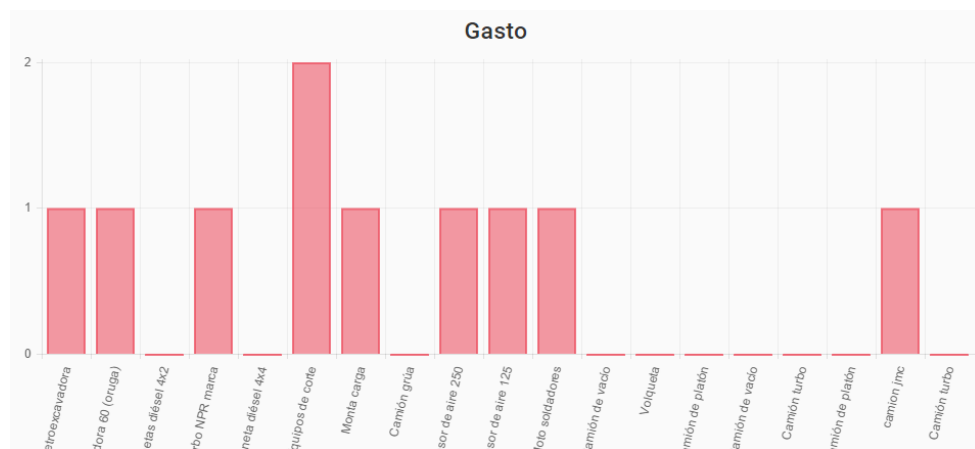


Figura 67. Indicador de Rendimiento.

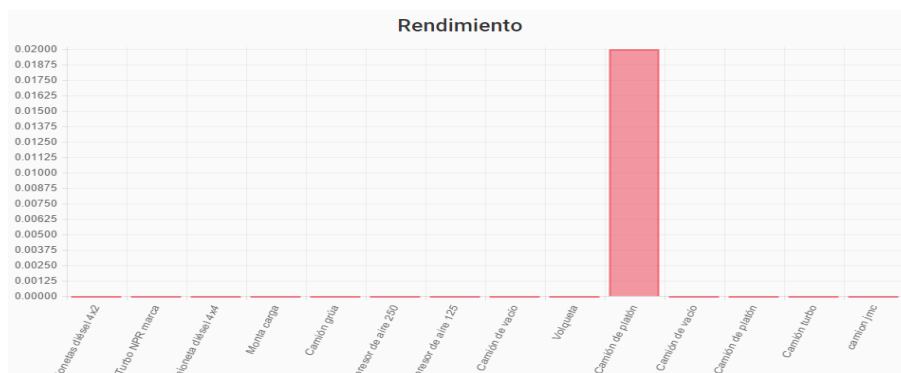
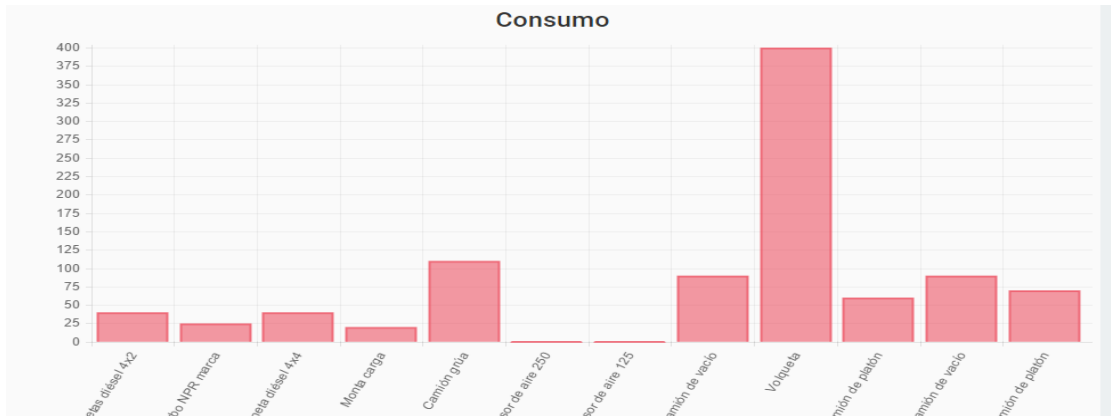


Figura 68. Indicador de Consumo/Producción.



## 5.5. PRUEBAS DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

Estas pruebas son las que permiten verificar la calidad del software, también se utilizan para identificar las fallas del mismo. Al sistema se le realizaron las pruebas de validación y pruebas de integración la cual se explicara detalladamente cada una.

5.5.1. Pruebas de validación. Son el proceso que verifica que el sistema cumple con las especificaciones y que cumple su función para la cual fue diseñado. La validación es el proceso que se realiza para comprobar que todo está de acuerdo con lo que el usuario solicitaba.

Para esta prueba se verifico, que las salidas del sistema, fueran claras y detalladas. Estas salidas son representadas por medio de las alarmas que genera el sistema a partir de los programas de mantenimiento y a partir de los reportes que el mismo genera para el apoyo la toma de decisiones dentro del proceso administrativo de la empresa, lo cual se mostró en el capítulo anterior.

5.5.2. Pruebas de Integración. Estas pruebas se ejecutan después de las de validación, lo cual se verifica que todos los módulos estén funcionando perfectamente y almacenando la información correctamente, los cuales son órdenes de trabajo, programa de mantenimiento, consumo, protocolo de mantenimiento,

actualizar contadores, gastos, producción, cambios de estado, área operacional, equipos, parámetros, administración, parámetros, reportes. Algunas de estas pruebas realizadas al sistema se mostraran a continuación. En los cuales se va a enfocar en los módulos más importantes. En las figuras de la 69 hasta la 75 se muestran algunas de estas pruebas y su nombre indica el tipo de prueba realizado.

Figura 69. Prueba de registro de un equipo.

**Nuevo** ✕

**Agrupaciones**

Equipo: retroexcavadora

Referencia: XPW

Serial: \*\*\*\*

Fecha de Ingreso: 04/06/2015

Código: ROQ-03 ✕


¿Es un Área?  Sí  No

**Asignar un Contador**

Contador:  Sí  No

Contador: Horas

**Imagen**



Modificar Imagen:  Sí  No  Eliminar

Seleccionar archivo: retr.jpg

Observaciones: retr.jpg

**REVISAR**

**Aceptar**

**Borrar Puntos**

Figura 70. Verificación de registro del equipo.

**retroexcavadora** ☰

ROQ-03

 Referencia: XPW  
Serial: \*\*\*\*  
Fecha de Registro: 04/06/2015 02:00  
Fecha de Ingreso: 04/06/2015  
Contador: Horas  
Área: Barrancabermeja  
Observaciones: REVISAR

Figura 71. Prueba para generar orden de trabajo.

Figura 72. Verificación de registro de orden de trabajo.

Figura 73. Prueba para el programa de mantenimiento.

Figura 74. Verificación del programa de mantenimiento.

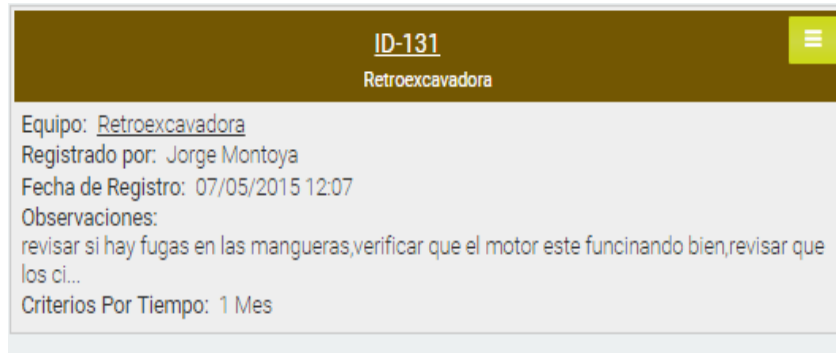


Figura 75. Verificación del informe de gastos totales.

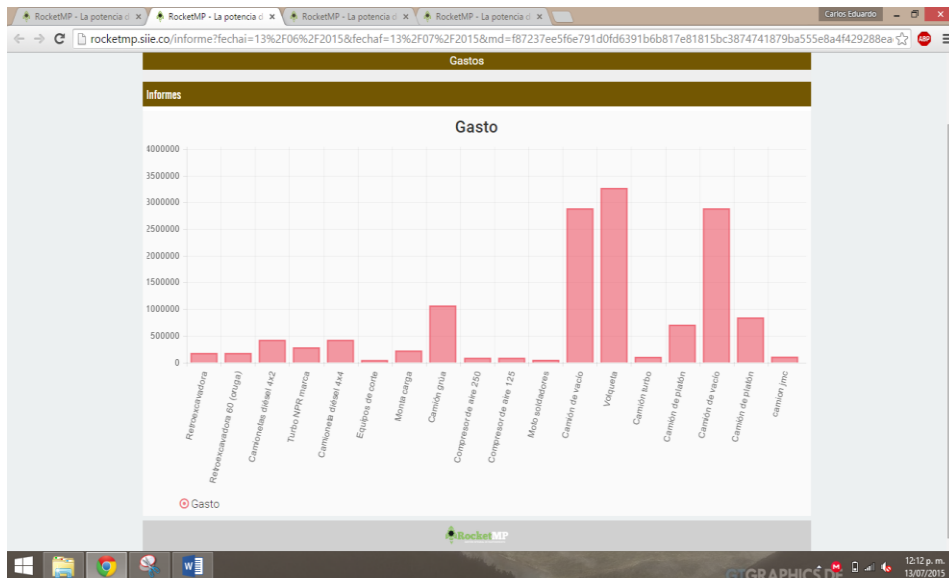
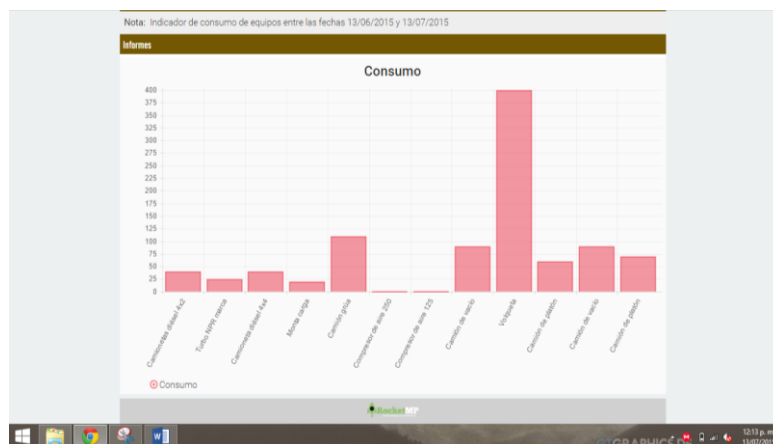


Figura 76. Verificación del indicador de consumo.



## 6. CONCLUSIONES

- En la empresa IMECONS LTDA se implementó una herramienta informática que permite operar y controlar la información de todos los equipos de la empresa por medio de una serie de módulos y sub módulos, optimizando la gestión de mantenimiento y repuestos; con esta implementación se logra controlar de una forma más eficiente la toma de decisiones a la hora de generar actividades de mantenimiento a cada uno de los equipos de la empresa.
- Se realizó un estudio en el cual se determinó que el lenguaje de programación PHP es el más adecuado para la implementación del software de mantenimiento, utilizando MySQL como base de datos para alojar la información en esta cual, y se pueda manejar desde cualquier parte del mundo con acceso a internet ya que en la actualidad es lo más recomendado.
- Se implementó un sistema de identificación por medio de codificación para cada uno de los equipos de la empresa IMECONS LTDA lo cual fue muy satisfactorio ya que la empresa no contaba con un sistema de codificación para los mismos.
- Se realizó un análisis de cada equipo por medio de encuestas el cual determino las fallas más frecuentes, el impacto operacional, la flexibilidad operacional, el costo de reparación y el impacto ambiental de cada uno de los equipos.
- Se desarrolló un análisis utilizando la matriz de criticidad, la cual determinaba si el equipo esta crítico, medianamente critico o no crítico.
- Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos y posteriormente se ingresó en el sistema de información, de tal forma que

se activen las alarmas correspondientes a los contadores y los equipos que permita la posterior creación de las órdenes de trabajo para cada encargado de la parte de mantenimiento, y para que así este desarrolle las actividades y acciones correspondientes a dicha orden de trabajo y pueda reportar su estado en el SI.

- Se elaboró un manual detallado del sistema de información con el fin de que cada persona que utilice la herramienta pueda solucionar cualquier problema o duda que se le presente.
- Se realizó una capacitación a los empleados de la empresa IMECONS LTDA explicando en esta paso a paso el modo en que opera, su funcionalidad y las ventajas que tiene el sistema de información, para terminar con esto la fase de implementación del software dentro de la empresa IMECONS LTDA.

## BIBLIOGRAFÍA

ALBA, Diego y BAEZ, Diego. Plan de mantenimiento para la maquinaria pesada, maquinaria agrícola y vehículos de transporte de la alcaldía del municipio de Belén Boyacá. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2013. 256 p.

BOTERO, Camilo. Manual de mantenimiento. Bogotá: SENA DIgeneral, 1991. 9 p.

DUARTE, David y GONZÁLEZ, Luis Rafael. Diseño e implementación de un sistema de información para la administración del mantenimiento en la empresa INYESA LTDA. Trabajo de grado Ingeniero mecánico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías físico mecánicas. Escuela de ingeniería mecánica. 2012. 70 p.

ESPINOSA FUENTES, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento. Talca.: Universidad de Talca, 2005. 2 p.

IMECONS LTDA. Brochure de la empresa. Barrancabermeja. 2002. 3 p.

LAUDON, Kenneth y LAUDON, Jane. Sistemas de información gerencial. 12 ed. México.: Pearson Educación, 2012. ISBN 978-607-32-0949-6. 134 p.

MONCHY, F. Teoría y práctica del mantenimiento industrial. Barcelona.: Masson, 1990. ISBN 84-311-0524-0. 167 p.

MORA, Alberto. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México.: Alfaomega, 2009. ISBN 978-958-682-769-0. 65 p.

SENN, James A. Sistemas de Información para la Administración. 3 ed. México.: Iberoamérica, 1990. ISBN 968-7270-44-0. 25 p.

# ANEXOS

**ANEXO A. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA  
60 Y DEL COMPRESOR 250**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA RETROEXCAVADORA 60

Tabla 21. Características de la Retroexcavadora 60 (oruga)

MAQUINA: Retroexcavadora 60 (oruga)	
CODIGO: ROR-01	
peso [kg]	18300
Dimensiones [m]	2,42x2,91x2,30
Potencia	122 KW
RPM motor	2000

- Panel de control.

Componente: panel de control
Acción: revisar

- Frecuencia de la revisión: la revisión del panel se debe hacer antes de ejecutar cada trabajo.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Señalar y asegurar zona de trabajo.
  - ❖ Verificar que los comandos estén funcionando en buen estado.
  - ❖ Ordenar y limpiar la zona de trabajo, dejándola libre de objetos extraños.
  - ❖ Revisar que ningún comando este en una posición indebida.
  - ❖ Pruebas de operación.

- Motor.

Componente: motor
Acción: lubricación

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer cada vez que se va a operar la máquina.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar el nivel de aceite.

- ❖ Revisar el aceite siempre que el vehículo se encuentre frío (sin haber utilizado el motor por lo menos 3 horas antes).
  - ❖ Para saber si el aceite se encuentra a un nivel adecuado, utilizar la varilla medidora de aceite, debe encontrarse entre los límites máximo y mínimo.
- Mangueras hidráulicas.

Componente: mangueras hidráulicas
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer frecuentemente ya que son de mucho cuidado
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar fugas en las mangueras.
  - ❖ Revisar las conexiones.
  - ❖ Revisar el estado de las mangueras.

- Calzas.

Componente: calzas
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer cada vez que haya que reemplazarla.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar si están en buen estado, no presentan roturas.

- Balde.

Componente: balde
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: cuando se termina cada trabajo se revisa para saber el estado.
- Procedimiento para la acción:

❖ Revisar para determinar si necesita ser cambiado.

- Cilindros hidráulicos.

Componente: cilindros hidráulicos
Acción: cambio

➤ Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer dependiendo de las horas de trabajo de la máquina.

➤ Procedimiento para la acción:

❖ Lubricar periódicamente.

❖ Revisar si el aceite está sucio.

❖ Despresurizar el sistema.

❖ Una vez desconectadas las mangueras, coloque los protectores anti polvo a los enchufes rápidos.

❖ Engrasar las zonas expuestas a desgaste u oxidación.

❖ Antes de un almacenamiento a largo plazo, extienda y recoja el émbolo totalmente una vez y guarde el cilindro boca abajo.

#### PLAN DE MANTENIMIENTO DEL CAMIÓN DE VACÍO

MAQUINA: Camión de vacío placa SUE319	
CODIGO: RCR-01	
peso [kg]	8500
Dimensiones [m]	2.10X2.6X12.20
Potencia [hp]	210
RPM motor	2500

- Motor.

Componente: motor
Acción: lubricación

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer frecuentemente
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar el nivel de aceite
  - ❖ Revisar el aceite siempre que el vehículo se encuentre frío (sin haber utilizado el motor por lo menos 3 horas antes).
  - ❖ Para saber si el aceite se encuentra a un nivel adecuado, utilizar la varilla medidora de aceite, debe encontrarse entre los límites máximo y mínimo.
- Amortiguadores.

Componente: amortiguadores
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer cada 5000 km
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Probarlos botando el vehículo de arriba abajo.
  - ❖ El vehículo debe dejar de moverse al dejar de ejercer presión.
  - ❖ Los amortiguadores gastados o con fugas deben cambiarse.
  - ❖ El cambio siempre en pares.
- Batería.

Componente: batería
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: esta se debe revisar periódicamente para mayor seguridad del vehículo.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Limpiar la batería.

- ❖ Revisar el agua.

- Luces.

Componente: luces
Acción: revisar

- Frecuencia de la revisión: esta se deben revisar cada vez que se vaya a utilizar el vehículo.

- Procedimiento para la acción:

- ❖ Revisar que prendan y apaguen sin ningún problema.

- ❖ Verificar que la iluminación sea la correcta.

- ❖ Se deben limpiar constantemente.

- Llantas.

Componente: llantas
Acción: revisar

- Frecuencia de la revisión: esto se debe realizar cada semana para seguridad del vehículo.

- Procedimiento para la acción:

- ❖ Mantener las llantas infladas a la presión indicada en el manual del auto.

- ❖ Revisar las llantas para detectar oportunamente grietas, abultamientos o desgastes generales o parciales.

- ❖ Cuando es disparejo indica que las llantas están mal alineadas o balanceadas.

- ❖ Rotar las llantas a los 15000 kilómetros la primera vez y después cada 10000.

- Frenos.

Componente: Frenos
Acción: liquido

- Frecuencia de la revisión: los líquidos deben ser cambiados regularmente.
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar el nivel del liquido
  - ❖ Revisar las pastillas en qué estado se encuentran
  - ❖ Probarlos antes de cada ejecución

- Válvulas del tanque.

Componente: válvulas del tanque
Acción: cambio

- Frecuencia de la revisión: esto se debe hacer frecuentemente
- Procedimiento para la acción:
  - ❖ Revisar que abran y cierren perfectamente.
  - ❖ Verificar que no tengan fuga alguna.
  - ❖ Cambiarlas cada año si se ven en mal estado.

**ANEXO B. MANUAL DEL SOFTWARE DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA**  
**IMECONS LTDA**  
**CONTENIDO**

	Pag.
1. Iniciar sistema.....	5
1.1. Iniciar sesión.....	5
1.2. Cambio de contraseña.....	5
1.2.1. Enviar por correo.....	6
2. Ingreso de equipos al sistema.....	6
2.1. Nuevo.....	7
2.1.1. Editar o eliminar el equipo.....	8
3. Módulo de monitoreo.....	8
3.1.1. Orden de trabajo.....	9
3.1.2. Programa de mantenimiento.....	10
3.1.3. Consumo.....	10
3.1.4. Actualizar contadores.....	11
3.1.5. Actualizar estado.....	12
3.1.6. Gatos.....	12
3.1.7. Producción.....	13
4. Modulo operacional.....	13
5. Módulo de configuración.....	13
5.1. Parámetros.....	14
5.1.1. Empelados.....	15
5.1.2. Proveedores.....	15
5.1.3. Repuestos.....	16
5.1.4. Tipo de falla.....	16
5.1.5. Tipo de trabajo.....	17
5.2. Administración.....	17
5.2.1. Nuevo usuario.....	18

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Iniciar sesión.....	5
Figura 2. Recuperar la contraseña.....	6
Figura 3. Equipos.....	6
Figura 4. Nuevo equipo.....	7
Figura 5. Editar o eliminar.....	8
Figura 6. Parámetros para la gestión del mantenimiento.....	8
Figura 7. Ordenes de trabajo.....	9
Figura 8. Programa de mantenimiento.....	10
Figura 9. Consumo.....	11
Figura 10. Actualizar contadores.....	11
Figura 11. Actualizar estado.....	12
Figura 12. Gastos.....	12
Figura 13. Producción.....	13
Figura 14. Modulo operacional.....	14
Figura 15. Módulo de configuración.....	14
Figura 16. Parámetros.....	14
Figura 17. Empleados.....	15
Figura 18. Proveedores.....	15
Figura 19. Repuestos.....	16
Figura 20. Tipo de falla.....	16
Figura 21. Tipo de trabajo.....	17
Figura 22. Grupo.....	17
Figura 23. Nuevo usuario.....	18

## 1. INICIAR SISTEMA

Al iniciar el sistema se presenta la ventana de identificación de usuario en la cual se debe ingresar el correo electrónico y la contraseña para tener acceso al sistema. La pantalla de ingreso se mostrara en la figura 1.

Figura 1. Iniciar sesión



IMC

### Iniciar Sesión

Correo Electrónico

Contraseña

Recordarme en este equipo

Iniciar Sesión

[¿Olvidó su contraseña?](#)

### 1.1. Iniciar sesión

Haga clic en el botón izquierdo de mouse sobre este comando para confirmar la operación.

### 1.2. Cambio de contraseña

Utilice esta opción cuando olvide su contraseña de ingreso al sistema. Haga clic en el botón izquierdo del mouse para activar la pantalla de cambio de contraseña que se mostrara en la figura 1.

### 1.2.1. Enviar por correo

Utilice esta opción para enviar la nueva contraseña al correo electrónico de este modo se asignara una contraseña nueva con la cual podrá ingresar nuevamente al sistema como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Recuperar la contraseña



IMC

## Recuperación de Contraseña

Correo Electrónico

ERROR: Invalid domain for site key

reCAPTCHA  
Privacidad - Condiciones

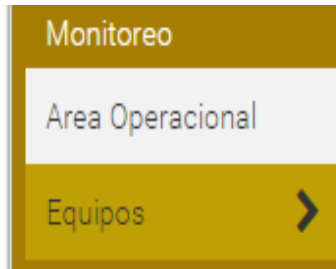
Enviar por correo

[Iniciar Sesión](#)

## 2. Ingreso de equipos al sistema:

Para ingresar un nuevo equipo al sistema haga clic izquierdo en el sub módulo de equipos que está dentro del módulo de monitoreo como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Equipos



### 2.1. Nuevo

Haga clic izquierdo para ingresar un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Nuevo equipo

**Nuevo** [X]

Equipo:

Referencia:

Serial:

Fecha de Ingreso: 08/06/2015

Código:

¿Es un Área?  
 Si  No

Agrupaciones:

Asignar un Contador  
Contador  
 Si  No

Imagen

Modificar Imagen  
 Si  No  Eliminar

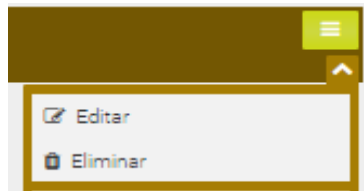
Observaciones:

**Aceptar**

### 2.1.1. Editar o eliminar

Haga clic izquierdo en el menú desplegable que se encuentra en la parte superior derecha como se muestra en la figura 5, esto se aplica para todos los módulos y sub módulos.

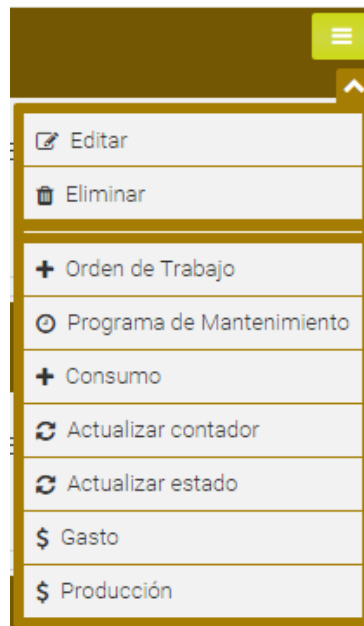
Figura 5. Editar o eliminar equipos



### 3. Módulo de monitoreo

Haga clic en equipos y en el menú desplegable que se encuentra en la parte superior derecha de cada equipo, en el cual se encuentran los parámetros para la gestión del mantenimiento como se muestra en la figura 6; haga clic en cualquiera de estas opciones para crear e ingresar información correspondiente al parámetro seleccionado como se muestra desde la figura 7 hasta la figura 13.

Figura 6. Parámetros para la gestión del mantenimiento.



### 3.1.1. Orden de trabajo

Haga clic izquierdo para crear una orden de trabajo de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Ordenes de trabajo

The screenshot shows a mobile application interface for creating a new work order. At the top, there is a dark green header with the word 'Nuevo' and a red close button. Below the header, the form is organized into several sections:

- Equipo:** A text input field containing 'Camión de platón' with a search icon on the right.
- Descripción:** An empty text input field.
- Fecha:** A date input field showing '08/06/2015'.
- Tipo de Mantenimiento:** A dropdown menu with the selected option 'Asignar tipo de mantenimiento'.
- Responsables:** A dropdown menu with the selected option 'Vincular empleado'.
- Tipo de Falla:** An empty text input field.
- Tipo de Trabajo:** An empty text input field.
- Observaciones:** A large empty text area.
- Gasto General:** A table with three columns: 'Gasto', 'Valor', and 'Eliminar'. Below the table is an orange 'Agregar' button.

At the bottom of the form is a green 'Aceptar' button.

### 3.1.2. Programa de mantenimiento

Haga clic izquierdo para crear un programa de mantenimiento de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Programa de mantenimiento.

The screenshot shows a web form titled "Nuevo" with a close button (X) in the top right corner. The form is divided into several sections:

- Equipo:** A text input field containing "Camión de platón".
- Descripción:** A text input field.
- Observaciones:** A text input field.
- Criterios:** A section with two columns:
  - Por Contadores:** Includes radio buttons for "Si" (checked) and "No", a "Se ejecuta cada" field with "0", and "Próxima Ejecución" radio buttons for "Si" and "No" (checked).
  - Por Tiempo:** Includes radio buttons for "Si" (checked) and "No", a "Se ejecuta cada" field with "0" and a "Dias" dropdown menu, and "Próxima Ejecución" radio buttons for "Si" and "No" (checked).

A green "Aceptar" button is located at the bottom center of the form.

### 3.1.3. Consumo

Haga clic izquierdo para crear el consumo de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Consumo.

The screenshot shows a web form titled "Nuevo" with a close button (X) in the top right corner. The form is divided into several sections:

- Equipo:** A text input field containing "Camión de platón".
- Fecha:** A date input field containing "08/06/2015".
- Consumible:** A dropdown menu with the text "Seleccionar consumible".
- Cantidad:** A text input field containing "0".
- Costo:** A text input field containing "0".
- Observaciones:** A text input field.

A green "Aceptar" button is located at the bottom center of the form.

#### 3.1.4. Actualizar contadores

Haga clic izquierdo para actualizar el contador de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Actualizar contadores



Este formulario, titulado 'Nuevo', permite actualizar los contadores de un equipo. Incluye los siguientes campos:

- Equipo:** Un campo de texto con el valor 'Camión de platón' y un ícono de lupa a la derecha.
- Fecha:** Un campo de texto con el valor '08/06/2015'.
- Cantidad:** Un campo de texto con el valor '0'.

En la parte inferior del formulario hay un botón verde con el texto 'Aceptar'.

#### 3.1.5. Actualizar estado

Haga clic izquierdo para actualizar el estado de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Actualizar estado.



Este formulario, titulado 'Nuevo', permite actualizar el estado de un equipo. Incluye los siguientes campos:

- Equipo:** Un campo de texto con el valor 'Camión de platón' y un ícono de lupa a la derecha.
- Fecha:** Un campo de texto con el valor '08/06/2015'.
- Estado:** Un menú desplegable con el texto 'Selección un estado' y un ícono de flecha hacia abajo.

En la parte inferior del formulario hay un botón verde con el texto 'Aceptar'.

### 3.1.6. Programa de mantenimiento

Haga clic izquierdo para crear los gastos de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Gastos.

The screenshot shows a web form titled 'Nuevo' with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields:

- Equipo:** A text input field containing 'Camión de platón' and a search icon.
- Fecha:** A date input field containing '08/06/2015'.
- Concepto:** A dropdown menu with the text 'Seleccione un concepto'.
- Cantidad:** A text input field containing '0'.

At the bottom center of the form is a yellow button labeled 'Aceptar'.

### 3.1.7. Producción

Haga clic izquierdo para crear la producción de un equipo en el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 13.

Figura 13. Producción.

The screenshot shows a web form titled 'Nuevo' with a close button (X) in the top right corner. The form contains the following fields:

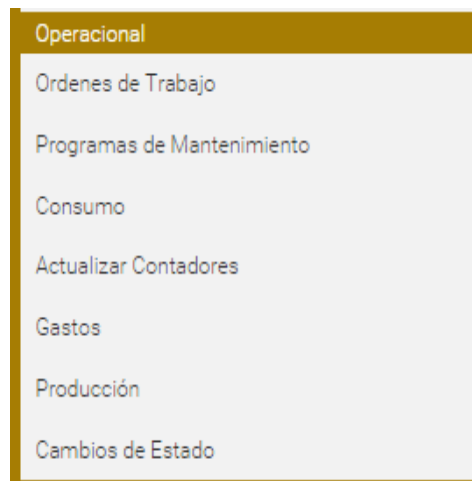
- Equipo:** A text input field containing 'Camión de platón' and a search icon.
- Fecha:** A date input field containing '08/06/2015'.
- Concepto:** A dropdown menu with the text 'Seleccione un concepto'.
- Cantidad:** A text input field containing '0'.
- Relacionar con:** A section with two columns:
  - Contador:** Includes a checked checkbox for 'Si' and an unchecked checkbox for 'No'. Below it is a 'Valor' field containing '0' and a dropdown menu with 'Horas' selected.
  - Variable:** Includes a checked checkbox for 'Si' and an unchecked checkbox for 'No'. Below it is a 'Valor' field containing '0' and a dropdown menu with 'Litros' selected.

At the bottom center of the form is a yellow button labeled 'Aceptar'.

#### 4. Módulo operacional

En este módulo también se encuentra los parámetros para la gestión del mantenimiento como se muestra en la figura 14; donde pueden ser creados, editados, eliminados o en el caso de órdenes de trabajo el respectivo seguimiento.

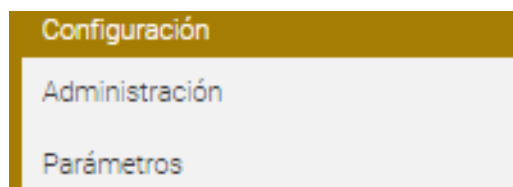
Figura 14. Modulo operacional



#### 5. Módulo de configuración

En este módulo se encuentran los sub módulos de parámetro y administración como se muestra en la figura 15.

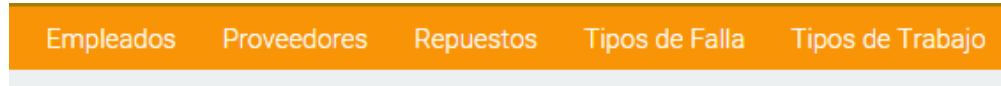
Figura 15. Módulo de configuración.



##### 5.1.1. Parámetros

Haga clic izquierdo y en esta ventana se crean algunos requisitos que se necesitan para la gestión del mantenimiento como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Parámetros



### 5.1.2. Empleados

Haga clic izquierdo para crear un nuevo empleado el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Empleados.

A form titled "Editar" with a close button (X). It contains five input fields: "Empleado", "Dirección", "Correo", "Teléfono", and "Móvil". At the bottom is a green "Aceptar" button.

### 5.1.3. Proveedores.

Haga clic izquierdo para crear un nuevo proveedor el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 18.

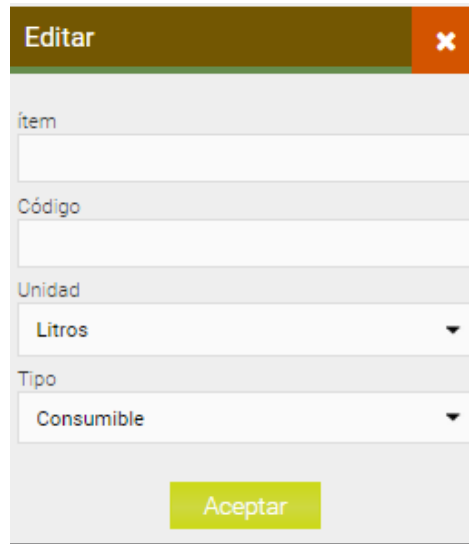
Figura 18. Proveedores.

A form titled "Editar" with a close button (X). It contains four input fields: "Proveedor", "Dirección", "Teléfono", and "Móvil". At the bottom is a green "Aceptar" button.

#### 5.1.4. Repuestos

Haga clic izquierdo para crear un nuevo repuesto el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Repuestos.



Formulario de edición de repuestos. El formulario tiene un encabezado con el título "Editar" y un botón de cerrar "X". El formulario contiene los siguientes campos:

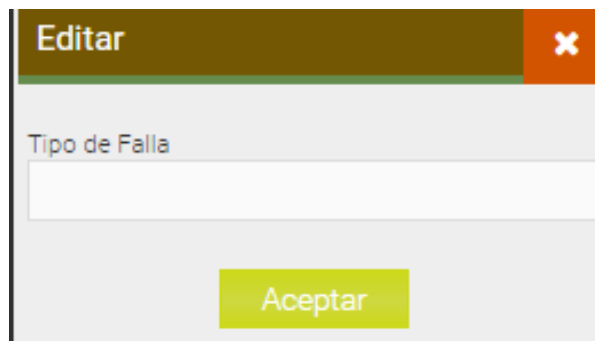
- Item: Campo de texto vacío.
- Código: Campo de texto vacío.
- Unidad: Selector de lista desplegable con "Litros" seleccionado.
- Tipo: Selector de lista desplegable con "Consumible" seleccionado.

En la parte inferior del formulario hay un botón "Aceptar".

#### 5.1.5. Tipo de falla

Haga clic izquierdo para crear un nuevo empleado el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Tipo de falla.



Formulario de edición de tipo de falla. El formulario tiene un encabezado con el título "Editar" y un botón de cerrar "X". El formulario contiene el siguiente campo:

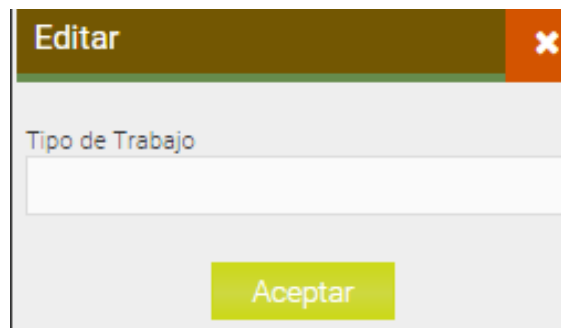
- Tipo de Falla: Campo de texto vacío.

En la parte inferior del formulario hay un botón "Aceptar".

#### 5.1.6. Tipo de trabajo

Haga clic izquierdo para crear un nuevo tipo de trabajo el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Tipo de trabajo.

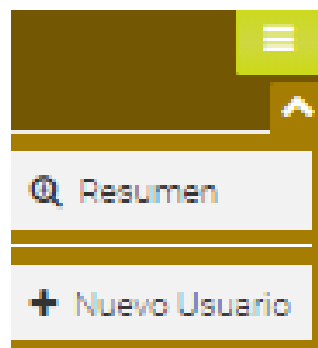


The image shows a dialog box titled 'Editar' with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar is a text input field labeled 'Tipo de Trabajo'. At the bottom center of the dialog is a yellow button labeled 'Aceptar'.

#### 5.2. Administración

Haga clic en la pestaña grupo y en el menú desplegable se encuentra la opción nuevo usuario como se muestra en la figura 22.

Figura 22. Grupo



#### 5.2.1. Nuevo usuario

Haga clic izquierdo para crear un nuevo usuario el cual se podrá ingresar la información como se muestra en la figura 23.

Figura 23. Nuevo usuario

**Nuevo** ✕

Usuario Existente  
 Existente  Nuevo

**Nuevo**

Nombre


Apellidos

Correo Electrónico

Grupos  
Admin ▼

Contraseña

**Imagen**



Modificar Imagen  
 Si  No  Eliminar

**Aceptar**

## ANEXO C. AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA IMECONS LTDA



**IMECONS LTDA**

NIT: 800.102.384. – 3

**CONTRATISTAS**



Barrancabermeja, junio 10 de 2015

A QUIEN PUEDA INTERESAR

Yo, **PEDRO ALONSO MENESES SUAREZ** identificado con cc : **91.430.349** de Barrancabermeja representante legal de **IMECONS LTDA** entrego constancia al Comité de proyectos de la escuela de ingeniería mecánica que los estudiantes **CARLOS EDUARDO BAEZA QUINTERO** identificado con la cedula de ciudadanía **1.096.219.011** de Barrancabermeja, Santander y el joven **JORGE IVAN MARULANDA MONTOYA**, identificado con cedula de ciudadanía **1.096.214.045** de Barrancabermeja Santander, de la universidad industrial de Santander cumplieron con la entrega del software de mantenimiento, siguiendo la fase pruebas y la implementación del software de mantenimiento a la empresa y así cumpliendo con los objetivos propuestos.

En constancia se entrega a los 10 días del mes de junio de 2015

**PEDRO ALONSO MENESES SUAREZ**  
Representante legal  
IMECONS LTDA

DIRECCIÓN CRA 20 N° 49-42 B. COLOMBIA TEL. 6 02 20 46 FAX 602 20 46  
E-MAIL imeconstda1991@gmail.com  
BARRANCABERMEJA

## ANEXO D. ESTRATEGIAS PARA EL ORDENAMIENTO DEL INVENTARIO

### 1. ESTRATEGIA 1: APROXIMACIÓN ANALÍTICA<sup>6</sup>

Para calcular la aproximación analítica se utiliza la siguiente formula.

$$N = \frac{t}{\bar{T}} + \sqrt{\frac{t}{\bar{T}}} x Z$$

Dónde:

- t= operación, en horas.
- $\bar{T}$ = tasa de fallas por hora.
- Z=factor de confiabilidad.

#### 1.1. EJEMPLO APLICADO A MANGUERAS

Datos de trabajo requeridos para realizar el cálculo.

Repuesto	Fallas totales	Horas totales de trabajo	Confiabilidad
Mangueras	150	10 <sup>5</sup>	95%

- t es el tiempo total de operación del equipo al año en horas; para el caso específico del ejemplo se tiene que la retroexcavadora trabaja 8 horas al día y 5 días a la semana.

$$t = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} \times 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} = 2080 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

- $\bar{T}$  es la tasa de fallas por hora esto es igual a  $1/\lambda$  donde  $\lambda$  es el número de fallas por hora para el caso de las mangueras se tienen los datos en la tabla.

---

<sup>6</sup> ESPINOSA FUENTES, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento. Talca.: Universidad de Talca, 2005. 3 p.

$$\lambda = \frac{150 \text{ fallas}}{10^5 \text{ horas}} = 1,5 \times 10^{-3} \frac{\text{fallas}}{\text{hora}}$$

$$\bar{T} = \frac{1}{1,5 \times 10^{-3}} = 666,66$$

- El factor de confiabilidad se determina a partir de la siguiente tabla, en el caso de las mangueras se utiliza una confiabilidad del 95%.

Confiabilidad	Factor de confiabilidad
95%	1,65
99%	2,33

- Para calcular el número estimado de repuestos para el año de operación se reemplazan los valores calculados en la formula inicial.

$$N = \frac{2080}{666,66} + \sqrt{\frac{2080}{666,66}} \times 1,65 = 6,03 \text{ unidades}$$

El número estimado de repuestos es 6 para el año de operación.

## 2. ESTRATEGIA 2: ANÁLISIS DE MODELOS ECONOMIC ORDER QUANTITY (EOQ)<sup>7</sup>

Este modelo es de importancia en la gestión de administración de repuestos ya que permitirá conocer un punto de orden de repuestos con el fin de minimizar los costos de operación y del sistema de inventario.

---

<sup>7</sup> ESPINOSA FUENTES, Fernando. Manejo del inventario de mantenimiento. Talca.: Universidad de Talca, 2005. 4 p.

El modelo EOQ enfrenta dos aspectos relacionados al control de inventarios como lo son: cuánto pedir y cuándo hacerlo. El primer aspecto, determinar cuántas unidades se deben pedir, se define frecuentemente mediante fórmulas económicas de cantidad de pedidos. El segundo aspecto, cuándo hacer un pedido, se realiza usando puntos de reorden.

El tamaño del lote económico (*EOQ*) que minimiza el costo total del inventario es determinado de la siguiente forma.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 D_a C_{su}}{C_h}}$$

Dónde:

- $D_a$ = Demanda esperada anual.
- $C_{su}$ = Costo de ordenamiento.
- $C_h$ = Costo de mantenimiento (costo por mantener el inventario).

## 2.1. EJEMPLO APLICADO A LOS AMORTIGUADORES

Datos requeridos para el cálculo.

Repuesto	Demanda anual(unidades)	Valor $\frac{\$}{unidad}$
Amortiguadores	50	200000

- $D_a$  es la demanda anual del repuesto por año.

$$D_a = 50 \text{ unidades}$$

- $C_{su}$  es igual a  $T_{su} * C_{dt}$  donde  $T_{su}$  es el tiempo de cambio del repuesto, y el  $C_{dt}$  es la razón de costo de tiempo muerto del equipo. Donde el tiempo de cambio del repuesto es de 4 horas y la razón de costo es de 10000 \$/hora con esta fórmula se calcula el costo de ordenamiento

$$C_{su} = 4horas \times 10000 \frac{\$}{horas} = \$40000$$

- $C_h$  es igual a  $h \cdot C_p$  donde  $h$  es la razón anual de costo de mantenimiento, la cual incluye cargos de intereses y almacenamiento, y el  $C_p$  es el costo por repuesto, en \$/unidad; donde la razón anual de costo de mantenimiento es 25 %/año, el valor del repuesto se encuentra en la tabla. Con esta fórmula se calcula el costo de mantenimiento.

$$C_h = 0,25 \times \$20000 = \$50000$$

- Para calcular la cantidad económica de pedido para el año de operación se reemplazan los valores calculados en la formula inicial.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 50 \text{ unidades} \times \$40000}{\$50000}} = 8,944 \text{ unidades}$$

La cantidad económica de pedido es de 9 unidades.