

Desarrollo de un módulo para el sistema ERP Metalsoft orientado al mantenimiento de los
activos fijos de la empresa Metalteco S.A.S.

Guillermo Andrés Daza Meneses

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero de Sistemas

Director

José Geralbert Rubiano

Magister en TIC

Tutor

Ludwig Ballesteros Cáceres

Ingeniero de Sistemas

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática

Ingeniería de Sistemas

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Quiero dedicar este trabajo a toda mi familia por apoyarme y guiarme durante mi carrera, fueron el soporte en los momentos difíciles y me impulsaron a siempre realizar las cosas de la mejor manera, mostrándome siempre su orgullo, son la razón de lo que soy, y serán la razón de cada logro que pueda alcanzar.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander y a Metalteco S.A.S. por proporcionar el apoyo y los recursos necesarios para la realización de este proyecto. También quiero reconocer a mis profesores por su valiosa colaboración y por su compromiso en guiarnos y facilitar el desarrollo del proyecto, lo cual ha sido fundamental para su éxito. Un agradecimiento especial al profesor José Geralbert Rubiano y al ingeniero Ludwig Ballesteros Cáceres por su valiosa guía, comprensión y apoyo durante todo el proceso. Su dedicación y disposición para ayudar han sido cruciales para la resolución y éxito de este proyecto.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	20
1. Planteamiento y justificación del problema.....	20
2. Objetivos.....	22
2.1 Objetivo general.....	22
2.2 Objetivos específicos	22
3. Marco referencial	23
3.1 Marco teórico	23
3.1.1 Sistemas de información	23
3.1.2 Sistemas de información empresarial (SIE).....	23
3.1.3 ERP (Enterprise Resource Planning).....	24
3.1.4 Metalsoft ERP	26
3.1.4.1 Descripción del sistema.	26
3.1.4.2 Objetivo del sistema.....	27
3.1.4.3 Funcionalidades del sistema.	27
3.1.4.4 Módulos de Metalsoft ERP.....	27
3.1.5 Mantenimiento	28
3.1.6 Tipos de mantenimiento.....	29
3.1.6.1 Mantenimiento correctivo.....	29
3.1.6.2 Mantenimiento preventivo.....	30
3.1.7 Mantenimiento en Metalteco	32
3.1.8 Modelado de procesos de negocios en BPMN	33

3.1.8.1 Objetos de flujo.....	33
3.1.8.1.1 Actividades (activities).....	33
3.1.8.1.2 Eventos (events).....	35
3.1.8.1.3 Pasarelas o desviaciones (gateways).....	37
3.1.8.2 Objetos de conexión.....	37
3.1.8.3 Objetos de tipo “Swimlanes”.....	38
3.1.8.4 Objetos de tipo “Artefactos”.....	39
3.1.8.5 Objetos de tipo “Datos”.....	39
3.1.9 Entorno de desarrollo.....	40
3.1.9.1 Visual Studio 2022.....	40
3.1.9.2 Windows Forms.....	40
3.1.9.3 Visual Basic.....	41
3.1.9.4 Microsoft SQL Server.....	41
3.1.9.4.1 Procedimientos almacenados SQL.....	41
3.1.9.4.2 Funciones SQL.....	42
3.1.9.5 Microsoft Power BI.....	43
3.1.9.6 Microsoft Task Scheduler.....	44
3.1.9.7 SAP Crystal Reports.....	44
3.2 Estado del arte.....	45
3.2.1 ContarERP.....	45
3.2.2 Siigo ERP.....	46
3.2.3 Syspro.....	47
3.2.4 Acumatica.....	48

3.2.5 Openbravo.....	49
3.2.6 Oracle Netsuite.....	51
4. Metodología	52
4.1 Prototipado evolutivo.....	52
4.2 Estructuración del proyecto	53
4.2.1 Capacitación.....	53
4.2.2 Recolección de requerimientos y diseño de la base de datos.....	53
4.2.3 Diseño de formularios para recolección de datos	54
4.2.4 Programación del módulo	54
4.2.5 Implementación.....	55
4.2.6 Mantenimiento del módulo.....	55
4.3 Etapas de desarrollo	55
4.3.1 Propuesta de prototipo inicial	56
4.3.2 Análisis de necesidades o requisitos	56
4.3.3 Diseño y desarrollo del prototipo.....	56
4.3.4 Refinar mediante pruebas	56
4.3.5 Exposición a usuarios finales.....	57
4.3.6 Punto clave para generación de prototipo.....	57
4.3.7 Inicio de nuevo prototipo.....	57
4.3.8 Puesta en marcha.....	57
5. Desarrollo del proyecto.....	57
5.1 Prototipo inicial.....	57
5.1.1 Propuesta de prototipo inicial	57

5.1.2	Análisis de necesidades o requisitos	58
5.1.3	Diseño y desarrollo del prototipo.....	58
5.1.4	Refinar mediante pruebas	60
5.1.5	Exposición a usuarios finales.....	60
5.1.6	Inicio de nuevo prototipo.....	60
5.2	Segundo prototipo.....	60
5.2.1	Análisis de necesidades o requisitos	60
5.2.2	Diseño y desarrollo del prototipo.....	61
5.2.3	Refinar mediante pruebas	61
5.2.4	Exposición a usuarios finales.....	62
5.2.5	Inicio de nuevo prototipo.....	62
5.3	Tercer prototipo	62
5.3.1	Análisis de necesidades o requisitos	62
5.3.2	Diseño y desarrollo del prototipo.....	62
5.3.3	Refinar mediante pruebas	64
5.3.4	Exposición a usuarios finales.....	64
5.3.5	Inicio de nuevo prototipo.....	65
5.4	Cuarto prototipo	65
5.4.1	Análisis de necesidades o requisitos	65
5.4.2	Diseño y desarrollo del prototipo.....	65
5.4.3	Refinar mediante pruebas	66
5.4.4	Exposición a usuarios finales.....	66
5.4.5	Inicio de nuevo prototipo.....	66

5.5 Quinto prototipo.....	67
5.5.1 Análisis de necesidades o requisitos	67
5.5.2 Diseño y desarrollo del prototipo.....	67
5.5.3 Refinar mediante pruebas	68
5.5.4 Exposición a usuarios finales.....	68
5.5.5 Inicio de nuevo prototipo.....	69
5.6 Sexto prototipo.....	69
5.6.1 Análisis de necesidades o requisitos	69
5.6.2 Diseño y desarrollo del prototipo.....	69
5.6.3 Refinar mediante pruebas	71
5.6.4 Exposición a usuarios finales.....	71
5.6.5 Inicio de nuevo prototipo.....	71
5.7 Séptimo prototipo.....	72
5.7.1 Análisis de necesidades o requisitos	72
5.7.2 Diseño y desarrollo del prototipo.....	72
5.7.3 Refinar mediante pruebas	73
5.7.4 Exposición a usuarios finales.....	73
5.7.5 Inicio de nuevo prototipo.....	73
5.8 Octavo prototipo (FINAL).....	74
5.8.1 Análisis de necesidades o requisitos	74
5.8.2 Diseño y desarrollo del prototipo.....	74
5.8.3 Refinar mediante pruebas	75
5.8.4 Exposición a usuarios finales.....	75

5.8.5 Puesta en marcha.....	75
6. Aclaraciones.....	76
6.1 Migración de datos.....	76
6.2 Tratamiento de datos.....	76
6.3 Tabla CRUD por perfiles	78
7. Resultados del proyecto	79
7.1 Nuevo proceso del mantenimiento.....	79
7.1.1 Proceso del mantenimiento preventivo.....	80
7.1.2 Proceso del mantenimiento correctivo.....	81
7.2 Módulo de mantenimiento	82
7.2.1 Programación automática de mantenimientos preventivos.....	84
7.2.2 Notificación de mantenimientos pendientes	86
7.3 Sección de equipos.....	89
7.3.1 Funciones	89
7.3.2 Interfaz	95
7.4 Sección de hojas de ruta.....	102
7.4.1 Funciones	102
7.4.2 Interfaz	104
7.5 Sección de órdenes de mantenimiento.....	108
7.5.1 Funciones	109
7.5.2 Interfaz	118
7.6 Indicadores del módulo.....	124
7.7 Reportes del módulo	130

7.8 Consultas del módulo.....	132
7.9 Calendario de proyección de mantenimiento.....	134
8. Conclusiones.....	135
9. Recomendaciones	136
Referencias bibliográficas.....	137
Apéndices.....	142

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Sistemas de información empresariales (SIE)</i>	24
Tabla 2 <i>Funcionalidades de los subsistemas de información empresarial</i>	25
Tabla 3 <i>Ventajas de los sistemas ERP</i>	26
Tabla 4 <i>Funcionalidades de Metalsoft ERP</i>	27
Tabla 5 <i>Módulos de Metalsoft ERP</i>	27
Tabla 6 <i>Aspectos del mantenimiento correctivo</i>	30
Tabla 7 <i>Objetivos del mantenimiento preventivo</i>	31
Tabla 8 <i>Análisis de requisitos prototipo inicial</i>	58
Tabla 9 <i>Análisis de requisitos segundo prototipo</i>	60
Tabla 10 <i>Análisis de requisitos tercer prototipo</i>	62
Tabla 11 <i>Análisis de requisitos cuarto prototipo</i>	65
Tabla 12 <i>Análisis de requisitos quinto prototipo</i>	67
Tabla 13 <i>Análisis de requisitos sexto prototipo</i>	69
Tabla 14 <i>Análisis de requisitos séptimo prototipo</i>	72
Tabla 15 <i>Análisis de requisitos octavo prototipo</i>	74
Tabla 16 <i>Tabla de permisos para la pantalla de equipos</i>	78
Tabla 17 <i>Tabla de permisos para la pantalla de hojas de ruta</i>	78
Tabla 18 <i>Tabla de permisos para la pantalla de hojas de órdenes de mantenimiento</i>	79
Tabla 19 <i>Tabla de permisos para la pantalla de indicadores</i>	79
Tabla 20 <i>Tabla de permisos para la pantalla de hojas de reportes y consultas</i>	79

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Implementación del mantenimiento preventivo (MP)</i>	31
Figura 2 <i>Modelo BPMN del ciclo de vida del mantenimiento en Metalteco antes del módulo</i> ...	32
Figura 3 <i>Objetos de la categoría: Actividades</i>	34
Figura 4 <i>Objetos de la categoría: Eventos</i>	36
Figura 5 <i>Objetos de la categoría: Gateways</i>	37
Figura 6 <i>Objetos de la categoría: Conexión</i>	38
Figura 7 <i>Objetos de la categoría: Swimlanes</i>	38
Figura 8 <i>Objetos de la categoría: Artefactos</i>	39
Figura 9 <i>Objetos de la categoría: Datos</i>	39
Figura 10 <i>Ejemplo de la interfaz de ContarERP</i>	46
Figura 11 <i>Ejemplo de la interfaz de Siigo ERP</i>	47
Figura 12 <i>Ejemplo de la interfaz de Syspro</i>	48
Figura 13 <i>Ejemplo de la interfaz de Acumatica</i>	49
Figura 14 <i>Ejemplo de la interfaz de Openbravo</i>	50
Figura 15 <i>Ejemplo de la interfaz de Oracle Netsuite</i>	51
Figura 16 <i>Prototipado evolutivo</i>	52
Figura 17 <i>Módulo de mantenimiento, pantalla equipos, diseño final</i>	54
Figura 18 <i>Módulo de mantenimiento, pantalla equipos, diseño final</i>	55
Figura 19 <i>Propuesta de base de datos para el prototipo inicial</i>	58
Figura 20 <i>Diagrama de casos de uso para el módulo de mantenimiento</i>	59

Figura 21	<i>Propuesta de base de datos para el segundo prototipo</i>	61
Figura 22	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el tercer prototipo</i>	63
Figura 23	<i>Vistazo al diseño para el tercer prototipo</i>	64
Figura 24	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el cuarto prototipo</i>	65
Figura 25	<i>Vistazo al diseño para el cuarto prototipo</i>	66
Figura 26	<i>Vistazo al diseño para el quinto prototipo</i>	67
Figura 27	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el quinto prototipo</i>	68
Figura 28	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el sexto prototipo</i>	70
Figura 29	<i>Vistazo al diseño para el sexto prototipo</i>	71
Figura 30	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el séptimo prototipo</i>	72
Figura 31	<i>Vistazo al diseño para el séptimo prototipo</i>	73
Figura 32	<i>Vistazo al diseño para el octavo prototipo</i>	74
Figura 33	<i>Resumen de la propuesta de base de datos para el octavo prototipo</i>	75
Figura 34	<i>Vistazo a una de las plantillas suministradas</i>	76
Figura 35	<i>Vistazo a una de las plantillas diligenciadas</i>	77
Figura 36	<i>Vistazo leve al tratamiento de datos aplicado</i>	77
Figura 37	<i>Modelo BPMN del nuevo proceso de mantenimiento preventivo</i>	80
Figura 38	<i>Modelo BPMN del nuevo proceso de mantenimiento correctivo</i>	81
Figura 39	<i>Requisito de color para el logo</i>	82
Figura 40	<i>Logo del módulo de mantenimiento</i>	83
Figura 41	<i>Menú de acceso al módulo de mantenimiento</i>	83
Figura 42	<i>Ejemplo de orden de mantenimiento automática</i>	86
Figura 43	<i>Ejemplo de notificación automática</i>	87

Figura 44	<i>Estructura del módulo de mantenimiento</i>	88
Figura 45	<i>Vistazo a la interfaz de permisos para Metalsoft ERP</i>	91
Figura 46	<i>Vistazo a ficha técnica de un camión cargado en el módulo</i>	92
Figura 47	<i>Vistazo a contadores del equipo</i>	92
Figura 48	<i>Vistazo al historial de registros</i>	93
Figura 49	<i>Vistazo al registro de contador</i>	93
Figura 50	<i>Vistazo al listado de componentes</i>	94
Figura 51	<i>Vistazo a la interfaz de carga de componentes</i>	94
Figura 52	<i>Vistazo a la enciclopedia de fallas</i>	95
Figura 53	<i>Binding de equipos</i>	95
Figura 54	<i>Botones principales sección equipos</i>	96
Figura 55	<i>Datos generales sección equipos</i>	96
Figura 56	<i>Sección equipos, ficha técnica y contadores</i>	97
Figura 57	<i>Sección equipos, componentes</i>	98
Figura 58	<i>Sección equipos, historial de registros</i>	98
Figura 59	<i>Sección equipos, hojas de ruta</i>	99
Figura 60	<i>Sección equipos, ordenes de mantenimiento</i>	99
Figura 61	<i>Sección equipos, bitácora</i>	100
Figura 62	<i>Sección equipos, enciclopedia de fallas</i>	100
Figura 63	<i>Sección equipos, listado de equipos</i>	101
Figura 64	<i>Sección equipos, listado de grupos</i>	101
Figura 65	<i>Vistazo a las actividades de las hojas de ruta</i>	103
Figura 66	<i>Vistazo a la precarga de materiales</i>	104

Figura 67	<i>Botones principales sección hojas de ruta</i>	104
Figura 68	<i>Datos generales sección hojas de ruta</i>	105
Figura 69	<i>Sección hojas de ruta, actividades</i>	106
Figura 70	<i>Sección hojas de ruta, materiales</i>	106
Figura 71	<i>Sección hojas de ruta, bitácora</i>	107
Figura 72	<i>Sección hojas de ruta, equipos asociados</i>	107
Figura 73	<i>Sección hojas de ruta, hojas de ruta</i>	108
Figura 74	<i>Formulario limpio al crear la OM</i>	109
Figura 75	<i>Información cargada al crear la OM, información general</i>	110
Figura 76	<i>Información cargada al crear la OM, actividades</i>	110
Figura 77	<i>Información cargada al crear la OM, solicitud de inventario</i>	111
Figura 78	<i>Ejemplo de orden de mantenimiento registrada</i>	112
Figura 79	<i>Ejemplo de orden de mantenimiento completándose</i>	113
Figura 80	<i>Ejemplo de orden de mantenimiento reprogramándose</i>	114
Figura 81	<i>Bitácora de la orden de mantenimiento reprogramada</i>	114
Figura 82	<i>Adjuntos de la orden de mantenimiento</i>	115
Figura 83	<i>PDF generado al imprimir la orden</i>	115
Figura 84	<i>Ejemplo de actividades del último mantenimiento</i>	116
Figura 85	<i>Ejemplo de costos totales</i>	117
Figura 86	<i>Botones principales sección ordenes de mantenimiento</i>	118
Figura 87	<i>Datos generales sección ordenes de mantenimiento</i>	119
Figura 88	<i>Sección ordenes de mantenimiento, información general</i>	119
Figura 89	<i>Sección ordenes de mantenimiento, actividades</i>	120

Figura 90	<i>Sección ordenes de mantenimiento, solicitudes de inventario</i>	120
Figura 91	<i>Sección ordenes de mantenimiento, solicitudes de servicio</i>	121
Figura 92	<i>Sección ordenes de mantenimiento, actividades del último mantenimiento</i>	121
Figura 93	<i>Sección ordenes de mantenimiento, costos totales</i>	122
Figura 94	<i>Sección ordenes de mantenimiento, bitácora</i>	123
Figura 95	<i>Sección ordenes de mantenimiento, ordenes de mantenimiento</i>	123
Figura 96	<i>Filtros de las ordenes de mantenimiento</i>	124
Figura 97	<i>Indicador de tasa de cumplimiento en Power BI</i>	127
Figura 98	<i>Indicador de desfase del tiempo planeado en Power BI</i>	128
Figura 99	<i>Indicador de horas ejecutadas en Power BI</i>	128
Figura 100	<i>Indicador de tiempo medio de falla en Power BI</i>	129
Figura 101	<i>Indicador de tiempo medio de reparación en Power BI</i>	129
Figura 102	<i>Interfaz de selección de reportes para el módulo de mantenimiento</i>	130
Figura 103	<i>Vistazo al reporte de detalle de costos</i>	131
Figura 104	<i>Vistazo al reporte de hoja de vida</i>	132
Figura 105	<i>Vistazo a la consulta detalle de costos</i>	133
Figura 106	<i>Vistazo a la consulta proyección de mantenimientos</i>	133
Figura 107	<i>Vistazo al calendario de proyección de mantenimiento</i>	134
Figura 108	<i>Vistazo a la agenda de proyección de mantenimiento</i>	134

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A. Especificación de requisitos del software (SRS).....	142
Apéndice B. PDF generado al imprimir la Orden de mantenimiento.....	145
Apéndice C. Capacitación palmeras	146
Apéndice D. Capacitación metalmecánica	147
Apéndice E. Modelo BPMN para el proceso global del módulo de mantenimiento.....	148
Apéndice F. Plan de pruebas básico aplicado a cada prototipo	149
Apéndice G. Manual de usuario para el módulo de mantenimiento.....	151

Resumen

Título: Desarrollo de un módulo para el sistema ERP MetalSoft orientado al mantenimiento de los activos fijos de la empresa Metalteco S.A.S.*

Autor: Guillermo Andrés Daza Meneses**

Palabras Clave: Práctica empresarial, ERP, Módulo de mantenimiento, Sistema de información, Planeación de mantenimiento, .Net, Gestión de activos fijos, Gestión de inventario

Descripción:

Empresas de todo el mundo reconocen la importancia del mantenimiento en sus operaciones, según Deloitte, una importante firma de servicios profesionales a nivel global, muchas organizaciones todavía buscan un equilibrio entre mejorar sus operaciones actuales y aprovechar las nuevas capacidades de la industria. Se estima que, por lo menos en el caso de Estados Unidos, las fallas no planificadas pueden llegar a costar alrededor de 50 mil millones de dólares anualmente y que el mantenimiento tanto preventivo como predictivo puede reducir los costos de mantenimiento hasta en un 10% y disminuir los tiempos de inactividad en un 20% (Deloitte, 2017, pp. 2-5).

Es importante aclarar que esto no solo se traduce en ahorro, también permite una operación más estable y eficiente.

Las empresas que logran mantener sus operaciones eficientes y sin interrupciones tienen una gran ventaja sobre aquellas que sufren de fallos inesperados, es una cuestión de competitividad de la empresa y supervivencia o sostenibilidad a largo plazo. Teniendo eso en cuenta, es observable que en Metalteco se gestionan las actividades de mantenimiento con medios físicos y hojas de Excel, resultando en un control insuficiente de la información afectando la agilidad en los procesos y la toma de decisiones.

¿Se puede mejorar la gestión de mantenimiento en Metalteco para optimizar el control y la eficiencia del área?

Partiendo de esta pregunta, en este proyecto se plantea el desarrollo de un módulo de mantenimiento en el ERP Metalsoft, el cual permitirá organizar, administrar y monitorear la información de mantenimiento. Este nuevo módulo gestionará los mantenimientos preventivos y correctivos, así como el inventario de materiales e insumos utilizados en los respectivos procesos de mantenimiento. Con esta mejora, se espera optimizar el control y la eficiencia del área de mantenimiento, beneficiando la operación global de Metalteco SAS.

* Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Ingeniería de Sistemas. Director: José Geralbert Rubiano, Magister en TIC. Tutor: Ludwig Ballesteros Cáceres, Ingeniero de sistemas

Abstract

Title: Development of a module for the ERP system MetalSoft aimed at the maintenance of fixed assets for the company Metalteco S.A.S.*

Author: Guillermo Andrés Daza Meneses**

Key Words: Business internship, ERP, Maintenance module, Information system, Maintenance planning, .Net, Fixed asset management, Inventory management

Description:

Companies around the world recognize the importance of maintenance in their operations, according to Deloitte, a leading global professional services firm, many organizations are still looking for a balance between improving their current operations and taking advantage of new industry capabilities. It is estimated that, at least in the case of the United States, unplanned failures can cost around 50 billion dollars annually and that both preventive and predictive maintenance can reduce maintenance costs by 10% and reduce downtime by 20% (Deloitte, 2017, pp. 2-5).

It is important to clarify that this not only translates into savings, it also allows for a more stable and efficient operation.

Companies that manage to keep their operations efficient and uninterrupted have a great advantage over those that suffer from unexpected failures, it is a matter of competitiveness of the company and long-term survival or sustainability. Taking this into account, it is observable that in Metalteco maintenance activities are managed with physical means and Excel sheets, resulting in insufficient control of information, affecting agility in processes and decision-making.

Can maintenance management be improved at Metalteco to optimize the control and efficiency of the area?

Based on this question, this project proposes the development of a maintenance module in the Metalsoft ERP, which will allow the organization, management and monitoring of maintenance information. This new module will manage preventive and corrective maintenance, as well as the inventory of materials and supplies used in the respective maintenance processes. With this improvement, it is expected to optimize the control and efficiency of the maintenance area, benefiting the global operation of Metalteco SAS.

* Degree Work

**Faculty of Physical-mechanical Engineering. School of Systems Engineering and Informatics. Systems Engineering. Director: Jose Geralbert Rubiano, Master in ICT. Tutor: Ludwig Ballesteros Caceres, Systems Engineer

Introducción

El mantenimiento no es solo una cuestión de mantener las cosas funcionando, es una cuestión de competitividad. En una economía globalizada, las empresas que pueden mantener sus operaciones sin interrupciones y con una eficiencia óptima tienen una ventaja significativa sobre aquellas que sufren de tiempos de inactividad y fallos inesperados. La inversión en mantenimiento es, por lo tanto, una inversión en la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de la empresa. (Drucker, 1973, p. 241)

El mantenimiento efectivo es el alma de una producción confiable y eficiente. Cuando las máquinas funcionan correctamente, los procesos fluyen sin interrupciones, lo que permite cumplir con los plazos y los objetivos de producción. Un buen mantenimiento reduce el desgaste de las máquinas, minimiza los costos de reparación y prolonga la vida útil de los equipos. Además, cuando los empleados ven que las máquinas están bien, su confianza en la seguridad del entorno de trabajo aumenta, lo que puede mejorar la moral y la productividad. (Wireman, 2004, p. 67)

Es por esto que en un contexto donde la gestión de mantenimiento es crítica para la operatividad, seguridad y competitividad de las empresas, la implementación de un módulo que optimice estas actividades se vuelve imperativa. Metalteco S.A.S, una empresa líder en el sector, reconoce la necesidad de implementar en su ERP el módulo de mantenimiento, y es por ello que ha decidido apoyar el desarrollo de este trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial.

1. Planteamiento y justificación del problema

Metalteco SAS, fundada en 1988, se especializa en el diseño, fabricación, montaje, automatización y puesta en marcha de plantas para la producción de alimentos balanceados, extracción de aceite de palma, puertos de granel seco y estructuras metálicas. Su misión es ofrecer productos y servicios de alta calidad con un enfoque sostenible en los aspectos social, económico y ambiental, mediante una constante actualización tecnológica y administrativa.

Metalteco utiliza un ERP llamado Metalsoft, desarrollado internamente por el área de software y con la colaboración de los equipos contable y administrativo. Metalsoft incluye módulos para comercialización, producción, presupuesto, compras, cartera, inventario, contabilidad, gestión humana, gerencia y nómina.

Teniendo en cuenta la gran variedad de líneas de negocio, Metalteco cuenta con una amplia gama de activos fijos, maquinaria especializada, equipos de producción y vehículos, el mantenimiento adecuado es crucial para la eficiencia operativa de Metalteco. Por ello, es necesario incorporar un módulo de mantenimiento en el ERP que permita organizar, administrar y monitorear esta información, mejorando la toma de decisiones y la planificación de los mantenimientos.

Actualmente, el área de mantenimiento gestiona sus actividades con medios físicos y hojas de Excel, y usa el módulo de producción para registrar materiales. Esto resulta en un control insuficiente de la información, dificultando la generación de informes y reportes, afectando la agilidad en los procesos y la toma de decisiones. Esta falta de seguimiento y control es un problema significativo para la empresa.

Es por ello que el objetivo de esta práctica es desarrollar un módulo de mantenimiento en el ERP Metalsoft para gestionar los mantenimientos preventivos y correctivos, así como el

inventario de materiales e insumos utilizados en los respectivos procesos de mantenimiento. Con esta mejora, se espera optimizar el control y la eficiencia del área de mantenimiento, beneficiando la operación global de Metalteco S.A.S.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Desarrollar un módulo para el sistema ERP MetalSoft, el cual permita monitorear y gestionar el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo de los activos fijos de la empresa Metalteco S.A.S. mediante el uso del lenguaje Visual Basic .NET, el motor de base de datos SQL Server y el entorno de desarrollo ofrecido por Microsoft.

2.2 Objetivos específicos

Establecer en base a su prioridad los requisitos funcionales y no funcionales inherentes al proceso de mantenimiento siguiendo el estándar IEEE 830 para la especificación de requerimientos de software, esto a partir del estudio de las necesidades, directrices y problemáticas de la empresa.

Diseñar un modelo de datos que permita apoyar el área de mantenimiento, teniendo en cuenta que las líneas de negocio varían mucho entre cada una y que toda la información debe centralizarse.

Evaluar el desempeño del módulo mediante pruebas de funcionamiento y comunicación entre módulos verificando el conjunto de requisitos con categoría de alta prioridad y probando con los activos fijos más importantes para Metalteco, esto en base a las especificaciones dadas por el área de mantenimiento y las directrices de la empresa.

Implementar el módulo en el ERP Metalsoft, liberándose para los perfiles de usuario en los que se identifique necesidad de acceso y estableciendo una tabla de permisos CRUD que facilite la identificación de los permisos otorgados a cada perfil establecido.

3. Marco referencial

3.1 Marco teórico

3.1.1 Sistemas de información

Los sistemas de información son herramientas que, mediante el uso de la tecnología, apoyan la generación, procesamiento y distribución de la información. Estos sistemas facilitan la realización de actividades y el cumplimiento de objetivos estratégicos en una organización, contribuyendo a su desarrollo continuo (ACM, AIS, & IEEE-CS, 2005)

3.1.2 Sistemas de información empresarial (SIE)

Teniendo en cuenta la noción anterior, los sistemas de información empresarial otorgan un valor agregado, tanto al incrementar la eficiencia operacional como al proporcionar información a nivel empresarial, la cual ayuda a los gerentes en la toma de decisiones, ofreciendo herramientas analíticas que utilizan los datos capturados por el sistema y evalúan el desempeño.

Como mencionan Laudon y Laudon, los sistemas de información empresarial permiten conocer con facilidad el desempeño de cualquier unidad organizacional, determinar qué productos tienen mayor o menor rentabilidad, y calcular los costos para la compañía. Existen diversos sistemas de información empresariales, se debe decidir cuál o cuáles implementar según las necesidades de la organización. (Laudon & Laudon, 2016, p. 352)

Tabla 1*Sistemas de información empresariales (SIE)*

SISTEMAS
ERP - (Enterprise Resource Planning) Sistema de planificación de recursos empresariales, estos sistemas integran todo lo necesario para el funcionamiento de procesos operacionales y de negocio de las empresas proporcionando módulos para cada departamento permitiendo relacionarlos. (IBM n.d.)
SCM - (Supply Chain Management) Sistemas de administración de la cadena de suministro, estos sistemas permiten gestionar la planificación, la ejecución y el control de operaciones en la cadena de suministros de las organizaciones. (Estaún, 2023)
MRP - (Material Requirement Planning) Sistemas de planeación de requerimientos de materiales, el cual permite la planificación de recursos de manufactura. (Salazar López, 2019)
FRM - (Finance Resource Management) Sistemas de administración de recursos financieros los cuales se encargan de integrar todo tipo de datos contables como son las proyecciones de ventas y los activos. (SAP, n.d.)
HRM - (Human resource management) Sistemas de gestión de recursos humanos el cual permite mantener actualizada la información de los empleados de una organización, maneja todo lo referente a capacidades, aptitudes, indicadores de desempeño, habilidades, conocimientos y ayuda a determinar las deficiencias que puede poseer un empleado en un área determinada. (Tecnologías Información, 2018a)
CRM - (Customer Relationship Management) Sistemas de información para la gestión de la relación con los clientes, este se encarga de la gestión comercial con los clientes, permite la retención y lealtad teniendo así un marketing más efectivo. (Tecnologías información, 2018b)

3.1.3 ERP (*Enterprise Resource Planning*)

Teniendo en cuenta que este trabajo de grado se realiza sobre el sistema ERP Metalsoft, por lo tanto, se hace necesario profundizar en este tipo de sistema de información. Los sistemas de planificación de recursos empresariales ERP (por sus siglas en inglés) son una serie de módulos software integrados que cuentan con una base de datos central, la base de datos recolecta información de muchas secciones diferentes de una empresa, tomando una gran variedad de procesos en producción, contabilidad, recursos humanos, ventas, finanzas, marketing y

mantenimiento. Esta información posteriormente se pone a disposición de las aplicaciones que dan soporte a las actividades de negocio internas, cuando un proceso introduce nueva información, esta se pone a disposición de los demás procesos de negocio.

Los ERP cuentan con una serie de subsistemas que según su funcionalidad se encargan de actividades específicas, entre estos subsistemas encontramos los siguientes: FRM (Administración de recursos de finanzas), HRM (Administración de recursos humanos), SCM (Administración de la cadena de suministro), MRP (Planificación de recursos de manufactura), CRM (Gestión de la relación con el cliente) A continuación, las funcionalidades a grandes rasgos de cada subsistema:

Tabla 2

Funcionalidades de los subsistemas de información empresarial

FRM (Administración de recursos de finanzas)	HRM (Administración de recursos humanos)
Contabilidad analítica y financiera	Reclutamiento
Cuentas por pagar	Pago de nóminas
Gestión de activos fijos	Planes de compensación
Presupuestos y planificación	Gestión de la fuerza de trabajo
Gestión de tesorería	Contratación
Consolidación financiera	
SCM (Administración de cadena de suministros)	MRP (Planificación de recursos de manufactura)
Planificación de compras y suministros	Pedido de materiales
Gestión de inventarios y almacenes	Planificación de la cadena de producción y entrega
Cálculo de compras y suministros	Gestión de ciclo de vida del producto
Gestión de expediciones y envíos	Gestión de calidad
CRM (Gestión de la relación con el cliente)	
Gestión de pedidos y facturación	
Gestión documental	
Gestión de contactos	
Tareas de “reporting”	
Inteligencia de negocio (BI)	

Nota. Adaptado de *Qué es un ERP: Guía para elegir el mejor ERP de 2022* (Papeles de Inteligencia, 2022) y “¿Qué es la CRM?” (Salesforce, n.d.)

Ahora centrándonos en los sistemas ERP en la siguiente tabla podemos observar algunas de las principales ventajas que provee la implementación de estos sistemas.

Tabla 3

Ventajas de los sistemas ERP

RESUMEN DE LAS VENTAJAS DE IMPLEMENTAR SISTEMAS ERP
Facilitar la integración entre la cadena de suministro, producción y ventas
Crear bases de datos compartidas entre todos los departamentos de la empresa
Mejorar procesos operacionales para evitar cuellos de botella
Impulsar la comunicación y coordinación a nivel local y mundial entre unidades de negocios
Facilitar la función de reporte analítico y de negocio
Aumentar la seguridad y consistencia de los datos
Gestión de contactos mejorada registrando candidatos y clientes potenciales

Nota. Adaptado de *Qué es un ERP: Guía para elegir el mejor ERP de 2022* (Papeles de Inteligencia, 2022).

3.1.4 Metalsoft ERP

3.1.4.1 Descripción del sistema. Metalsoft ERP fue desarrollado por el equipo de sistemas y tecnología de Metalteco S.A.S., en colaboración estrecha con el equipo contable y administrativo de la empresa. Este desarrollo nació de una necesidad crítica del nivel gerencial, que requería una mejor herramienta para obtener y manejar información relevante. Los datos recopilados desde los diferentes procesos de la empresa no estaban ofreciendo el valor necesario para el control y la toma de decisiones, lo que motivó la creación de un sistema más eficiente. Metalsoft ERP es una solución integral de gestión de información, diseñada para organizar, administrar y controlar los procesos transaccionales de las diversas líneas de negocio de Metalteco S.A.S. La herramienta permite la sistematización e integración de estos procesos en una única plataforma, mejorando la eficiencia operativa y la toma de decisiones. Esta aplicación de escritorio se ejecuta en máquinas clientes, como PCs y portátiles, y se comunica a través de una red (intranet o internet) con un

servidor de base de datos. Este servidor aloja y gestiona los datos que utiliza y genera la aplicación, asegurando la centralización y accesibilidad de la información en tiempo real.

3.1.4.2 Objetivo del sistema. Metalsoft ERP tiene como objetivo principal simplificar los procesos operativos (Contabilidad, Compras, Inventario, Facturación, Costos etc.), pero a su vez, actúa como sistema de apoyo a la toma de decisiones, donde su principal objetivo consiste en transformar los datos en información clave para los procesos de control y toma de decisiones.

3.1.4.3 Funcionalidades del sistema.

Tabla 4

Funcionalidades de Metalsoft ERP

Solución multiusuario, ya que soporta más de un usuario a la vez y auditoría a usuarios
Multiempresas, en la misma base de datos pueden funcionar varias empresas y/o sucursales simultáneamente
Reportes contables por sucursales y consolidados por empresa
Contabilidad parametrizable de acuerdo a las necesidades de cada línea de negocio
Funciona desde cualquier Computador personal con acceso a internet
Gestión y control de costos por cada una de las líneas de negocio, por sucursal y consolidado por empresa

Nota. Adaptado de *Práctica empresarial en Metalteco S.A.S.: Desarrollo de una primera versión del módulo de gestión humana del sistema de información Metalsoft ERP* (sección Funcionalidades) por P. A. Avila Arias, 2019, Universidad Industrial de Santander.

3.1.4.4 Módulos de Metalsoft ERP. Actualmente, cuenta con los siguientes módulos:

Tabla 5

Módulos de Metalsoft ERP

NOMBRE	FUNCIÓN
Comercialización	La principal función de comercialización es dar contacto con los clientes y realizar ofertas a peticiones de estos.

NOMBRE	FUNCIÓN
Producción	En producción se da la construcción o desarrollo de ofertas aceptadas, se dan solicitudes de despacho, materiales, repuestos, equipos y materiales.
Presupuesto	En este módulo se muestra el presupuesto general de la empresa y destinado a distintas áreas.
Compras	En el módulo de compras se dan las órdenes de compra ya sea de materiales o servicios, se tiene el catálogo de proveedores, se evalúan los proveedores y se realizan, comparan y eligen cotizaciones.
Cartera	En el módulo de cartera se muestran las cuentas de cobro y en general la relación de los clientes con cuentas de cobro en espera.
Inventario	Se muestra el catálogo de inventario, se muestran los activos fijos, se pueden añadir, eliminar o actualizar los activos fijos, se da la relación con suministros, fabricantes, stock, solicitudes de papelería, equipos en bodega, herramientas desechables y transacciones de todos estos conceptos.
Contabilidad	En el módulo de contabilidad se da la relación del plan contable, cajas, cuentas bancarias, Notas de ajustes, centros de control, que son centralización de datos o información referente a algún concepto específico, cuentas por cobrar, cuentas por pagar y cuentas de terceros igualmente por cobrar o por pagar.
Gestión humana	En el módulo de gestión humana se da la información de capacitaciones, cargos, colaboradores, contratos, turnos, reportes de tiempos y novedades en todo esto.
Gerencia	En el módulo de gerencia se muestran todos los proyectos en ejecución, terminados o planteados
Configuración	Se da una parametrización para el esquema de seguridad del ERP, manejo de usuarios y perfiles.
Nómina	En este módulo se muestran los comprobantes de nómina y los conceptos de la misma.
Normas	Se muestran el distinto tipo o gamas de normativas, políticas o buen hacer en múltiples aspectos o procesos efectuados en la empresa.

Nota. Todos los módulos incluyen reportes e indicadores. Para evitar redundancias, estos elementos se omiten en la descripción de las funciones de cada módulo.

3.1.5 Mantenimiento

Se puede definir el mantenimiento como toda una serie de acciones que deben realizar las personas encargadas de este departamento o área, con la finalidad de que los equipos, máquinas,

componentes e instalaciones involucrados dentro de un proceso industrial estén en las condiciones requeridas de funcionamiento para lo que fue diseñado, construido, instalado y puesto en operación.

Esta serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para alcanzar sus metas. (Pérez Rondón, 2021a, p. 21)

3.1.6 Tipos de mantenimiento

En Metalteco actualmente se llevan a cabo principalmente dos tipos de mantenimiento. Correctivos y preventivos, a continuación, se profundiza un poco más en ellos.

3.1.6.1 Mantenimiento correctivo. Al mantenimiento correctivo también se le denomina mantenimiento reactivo, que, a nivel industrial en nuestro país, Latinoamérica y muchos países subdesarrollados, es utilizado en un alto porcentaje.

Este mantenimiento correctivo se aplica cuando la máquina deja de operar, porque se presenta la falla o avería y su objetivo es poner en marcha su funcionamiento, afectando lo menos posible la productividad; generalmente se repara o se reemplaza el componente del equipo o de la máquina, haciéndolo en el menor tiempo posible.

Existen empresas donde sus estrategias de mantenimiento son enfocadas al correctivo, ya que no tienen los conocimientos, herramientas, personal calificado o presupuestos asignados. La gestión del mantenimiento correctivo se activa por el fracaso de no poder diagnosticar justo a tiempo la posible falla que puede ocurrir en una máquina. Es muy importante determinar qué causó la falla y así tomar las medidas adecuadas. (Pérez Rondón, 2021b, p. 37)

Tabla 6*Aspectos del mantenimiento correctivo*

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Prolongar la vida útil de los equipos por medio de reparaciones de componente o piezas y corregir las fallas.	La avería o falla puede aparecer en el momento más inoportuno.
Es imposible determinar la falla.	Las averías o fallas no detectadas a tiempo pueden ocasionar daños más complejos e irreparables en los equipos.
No genera gastos fijos.	Alto inventario de repuestos.
Sin programar ni prever ninguna actividad.	La producción se vuelve impredecible y poco fiable.
Solo se gasta dinero, cuando está claro que se necesita hacerlo.	Se asumen inseguridades económicas, que pueden ser muy relevantes.
A menor plazo se ofrece un buen resultado económico.	Se disminuye la vida útil de los equipos. No hay un diagnóstico confiable de las causas que provocan las fallas, pues se desconoce por qué falló. Por ello, la falla se puede repetir una y otra vez.
Hay sistemas, máquinas y equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.	Hay tareas o actividades que siempre son rentables, como la limpieza, lubricación, revisión. Determinados equipos necesitan continuamente ajustes y seguimiento.
Estos son los argumentos para que muchas industrias se decanten por el mantenimiento correctos.	Las averías o fallos y los comportamientos anormales de los componentes, equipos o máquinas no solo ponen en peligro la buena producción, sino la seguridad de las personas, el medio ambiente y los activos de las compañías. Apoyarse solamente en el mantenimiento correctivo -reparar cuando solo se presenta la avería-, se debe contar con técnicos muy especializados y cualificados, tener un alto inventario o stock de repuestos (lucro cesante) y también contar con medios técnicos muy variados.

Nota. Adaptado de *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (Tabla 2, p. 38) por F. A. Pérez Rondón, 2021c, Universidad Santo Tomás.

3.1.6.2 Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo (MP) se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos, se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las compañías cumplan con las funciones

requeridas dentro del entorno de operaciones para optimizar la eficiencia de los procesos, para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, máquinas o equipos, como también hace referencia a diferentes acciones, como cambios o reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos por calendario o uso de estos. Los objetivos más relevantes del mantenimiento preventivo pueden ser:

Tabla 7

Objetivos del mantenimiento preventivo

OBJETIVOS
Garantizar la disponibilidad de una máquina para que sea capaz de trabajar cada vez que se le requiera.
Ofrecer confiabilidad de que la máquina esté operando como se espera en todo momento.
Establecer un proceso o serie de actividades que deben llevarse a cabo en el mantenimiento planeado
Controlar para que maquinaria se ha desarrollado programas de MP y que mantenimientos se deben ejecutar.
Controlar un porcentaje de rutinas del MP que han sido terminadas según el programa.
El número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tiene como origen rutinas del MP.

Nota. Adaptado de “*Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*” (p. 39) por F. A. Pérez Rondón, 2021d, Universidad Santo Tomás.

En la siguiente figura se observa la implementación del mantenimiento preventivo.

Figura 1

Implementación del mantenimiento preventivo (MP)

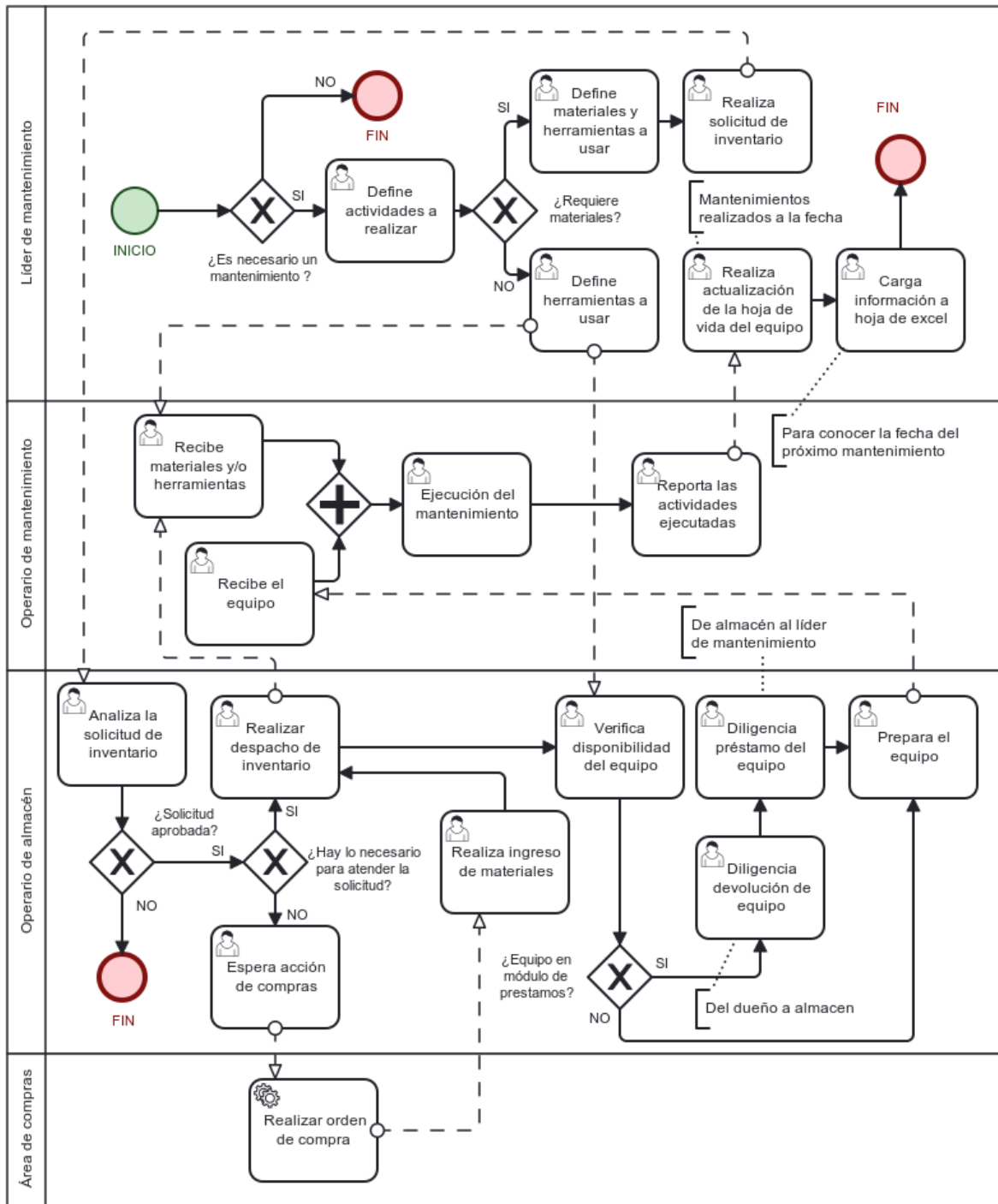


Nota. Adaptado de *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (Fig. 12, p. 40) por F. A. Pérez Rondón, 2021e, Universidad Santo Tomás.

3.1.7 Mantenimiento en Metalteco

Figura 2

Modelo BPMN del ciclo de vida del mantenimiento en Metalteco antes del módulo



El área de mantenimiento en Metalteco es la encargada de garantizar la efectividad y calidad operativa de la empresa, sus actividades se dividen principalmente en mantenimiento correctivo y preventivo, identificar el ciclo de vida o proceso del mantenimiento resulta fundamental para una correcta ejecución del proyecto.

3.1.8 Modelado de procesos de negocios en BPMN

Para hacer el modelado (mapeo BPMN) se utilizan diagramas y, dentro de ellos, los elementos gráficos de la notación. Es similar a los pasos del diagrama de flujo, con “cajas”, que representan los flujos internos de cada proceso. Los elementos se encuentran organizados como, objetos de flujo (*flow objects*), objetos de conexión (*connecting objects*), carriles de piscina (*swimlanes*), artefactos (*artifacts*), datos (*data*).

3.1.8.1 Objetos de flujo. Los objetos de flujo se dividen en tres tipos principalmente, estos son, actividades (*activities*), eventos (*events*), pasarelas o desviaciones (*gateways*).

3.1.8.1.1 Actividades (*activities*). Estas son las tareas o trabajos a realizar dentro del proceso. Se pueden subdividir para poder desglosar el proceso al máximo, lo que facilita su visualización. Están representados por rectángulos y pueden ser de diferentes tipos: actividad humana, actividad genérica, tarea de ejecución de script, tarea de invocación de servicio o subproceso. Actividad humana hace referencia a la actividad que debe ser completada por un usuario con o sin el apoyo de un software. Actividad genérica representa una acción que no está completamente definida, por ejemplo, si será automática o manual. Tarea de ejecución de script es una actividad automatizada y totalmente procesada por el propio sistema BPM. Tarea de invocación de servicio es una tarea también automática, pero hay una integración con un sistema de información externo, por ejemplo, un web service.

Cualquiera de los tipos ilustrados anteriormente se puede utilizar con un marcador de multiplicidad. Normalmente, durante la ejecución, el flujo pasa por un cierto paso una vez y continúa al siguiente. Con el marcador de multiplicidad, una actividad se puede ejecutar varias veces antes de continuar al siguiente paso del flujo.

Secuencial múltiple: una actividad puede ocurrir varias veces dentro de la secuencia antes de ir al siguiente paso. En cada ejecución suya, se evalúa si se cumplió o no la condición que generó el bucle. Si se ha cumplido, el flujo continúa al siguiente paso y si no, el flujo vuelve a realizar la actividad. Múltiples instancias paralelas: una actividad puede ocurrir varias veces al mismo tiempo.

Al iniciar la actividad, hay una verificación de una condición que inicia el mismo paso en innumerables ocasiones. El flujo solo procederá al siguiente paso después de completar el paralelismo. En la siguiente figura se visualizan los objetos de tipo actividades.

Figura 3

Objetos de la categoría: Actividades



Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos? (Actividades de la notación BPMN)* por SYDLE, 2022a.

3.1.8.1.2 Eventos (events). Son situaciones que ocurren durante el proceso, que pueden ser de inicio, intermedio o final (cerrando el proceso), y que afectan directamente el flujo. Entre los eventos, tenemos eventos simples, de mensaje, de señal, de conexión, temporales y de error. Están representados por círculos.

- Evento de inicio: se utiliza para representar el momento en que se inicia el proceso.
- Evento intermedio: evento genérico utilizado en el diseño del modelado para representar un paso que se ha completado o que ha alcanzado un cierto estado. No cambia el comportamiento del proceso.
- Evento final (no rellenado): el flujo finaliza cuando el evento es alcanzado; el proceso se completa si no hay otros flujos en curso.
- Evento terminal (rellenado): el proceso se completa independientemente de la existencia de otros flujos sin terminar
- Eventos de mensaje: se utilizan para transmitir / recibir información entre procesos. La comunicación es entre un remitente y un receptor.
- Eventos de señal: también se utilizan para la comunicación entre procesos (con transmisión de información). Sin embargo, para un remitente puede haber numerosos receptores.
- Eventos de conexión: dos eventos de conexión equivalen a un flujo de secuencia, lo que evita que un flujo largo se cruce con otros si las actividades están muy separadas en el diagrama.
- Eventos temporizadores: se utilizan para eventos basados en el tiempo, en un momento elegido (como la llegada de una fecha específica) o cíclicamente siguiendo algún patrón.

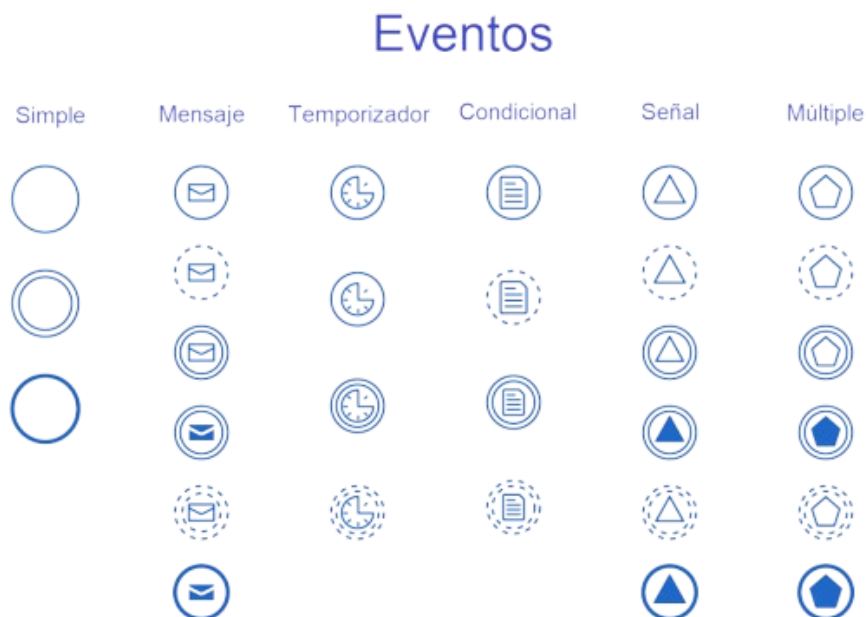
- Eventos de error: representa que el proceso fue terminado sin cumplir su objetivo.

Los eventos intermedios se pueden acoplar a una determinada actividad y representan que el evento solo puede ocurrir si la actividad aún está activa. Los eventos pueden ser interrumpidos (borde continuo) o no interrumpidos (borde punteado):

- Interrumpible: cuando ocurre el evento, interrumpe la actividad a la que está adscrito y sigue el flujo detallado por el evento.
- No interrumpible: cuando ocurre el evento, la actividad a la que está vinculado no se interrumpe. El flujo seguirá la ruta del evento y, cuando finalice la actividad, también la seguirá

Figura 4

Objetos de la categoría: Eventos

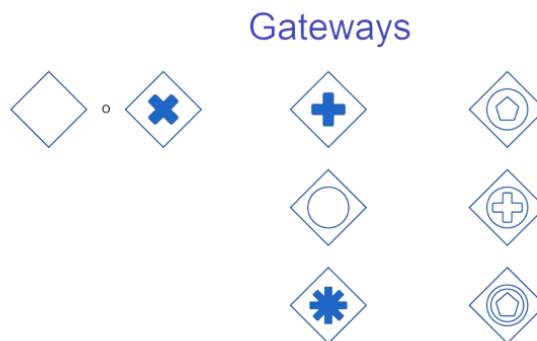


Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Eventos de la notación BPMN) por SYDLE, 2022b.

3.1.8.1.3 Pasarelas o desviaciones (gateways). Se utilizan para controlar la secuencia de flujo, determinando los puntos de desviación que debe seguir el proceso. Pueden dividir el flujo en varios o unificarlos. Están representados por un diamante. Cada uno de ellos puede contener otros símbolos para representar la acción específica.

Figura 5

Objetos de la categoría: Gateways



Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Gateways de la notación BPMN) por SYDLE, 2022c.

3.1.8.2 Objetos de conexión. Como su nombre lo indica, los objetos de conexión indican la secuencia del proceso, conectando un objeto de flujo a otro para darle una lógica secuencial.

También se dividen en tres tipos:

- Flujo normal: muestra el orden en que se realizarán las actividades. Está representado por una flecha continua (línea continua).
- Flujo condicional: utilizado en salidas de desviaciones. Tiene una condición, que define si se seguirá o no. Está representado por una flecha con un círculo / diamante en el punto de inicio.

- Flujo estándar: utilizado en salidas de desviaciones. Se sigue si y solo si todos los demás flujos condicionales no son válidos. Representado por una flecha con un corte al principio.

Figura 6

Objetos de la categoría: Conexión

Objetos de conexión



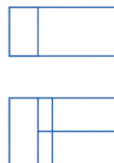
Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Objetos de conexión de la notación BPMN) por SYDLE, 2022d.

3.1.8.3 Objetos de tipo “Swimlanes”. Las swimlanes, de hecho, visualmente se asemejan a piscinas con carriles. Las piscinas (pool) son representaciones de los procesos o de la propia organización. Si dos entidades empresariales no están físicamente en el mismo lugar dentro del diagrama, se representan en dos piscinas diferentes. Los carriles, a su vez, son las subdivisiones horizontales o verticales de cada grupo y se utilizan para organizar actividades en funciones o roles. Los departamentos de la empresa, por ejemplo, se pueden colocar en diferentes carriles. Esto ayuda a comprender quién es responsable de esa parte del proceso.

Figura 7

Objetos de la categoría: Swimlanes

Swimlanes



Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Swimlanes de la notación BPMN) por SYDLE, 2022e.

3.1.8.4 Objetos de tipo “Artefactos”. Los artefactos se utilizan para recopilar información importante para llevar a cabo el flujo del proceso. Entre ellos se tienen, anotaciones: se utilizan para explicar o proporcionar información adicional sobre una actividad; Y grupo: se utiliza para agrupar visualmente un conjunto de elementos. Está representado por un cuadro de línea punteada.

Figura 8

Objetos de la categoría: Artefactos

Artefactos



Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Artefactos de la notación BPMN) por SYDLE, 2022f.

3.1.8.5 Objetos de tipo “Datos”. Los datos se utilizan en la representación de información o documentos. Los objetos de datos muestran cómo se pueden manipular, requerir o producir los datos de la actividad. Son insumos para el desarrollo de la actividad. Están representados por un icono de hoja de papel. Mientras que los repositorios de datos muestran la ubicación de almacenamiento de los datos, es decir, en qué base de datos se conservan.

Figura 9

Objetos de la categoría: Datos

Objetos de datos



Nota. Adaptado de *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Objetos de datos de la notación BPMN) por SYDLE, 2022g.

3.1.9 Entorno de desarrollo

A continuación, se muestra una breve descripción del entorno de desarrollo usado para la ejecución de este proyecto, es importante mencionar que este fue tanto suministrado como definido por la empresa, en vista de mantener la estructura de desarrollo usada para todo Metalsoft ERP.

3.1.9.1 Visual Studio 2022. Visual Studio es una herramienta de desarrollo eficaz que permite completar todo el ciclo de desarrollo en un solo lugar. Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) completo que puede usar para escribir, editar, depurar y compilar el código y, luego, implementar la aplicación. Aparte de la edición y depuración del código, Visual Studio incluye compiladores, herramientas de finalización de código, control de código fuente, extensiones y muchas más características para mejorar cada fase del desarrollo de software. (Microsoft, 2024a)

3.1.9.2 Windows Forms. Windows Forms es una tecnología de cliente inteligente para .NET Framework, un conjunto de bibliotecas administradas que simplifican las tareas comunes de la aplicación, como leer y escribir en el sistema de archivos. (Los clientes inteligentes son aplicaciones gráficamente ricas que son fáciles de implementar y actualizar, pueden funcionar cuando están conectados o desconectados de Internet, y pueden acceder a Página 21 de 29 los recursos en la computadora local de una manera más segura que las aplicaciones tradicionales basadas en Windows). En Windows Forms, un formulario es una superficie visual en la que muestra información al usuario. Normalmente, crea aplicaciones de formularios Windows Forms agregando controles a los formularios y desarrollando respuestas a las acciones del usuario, como clics del mouse o pulsaciones de teclas. Un control es un elemento discreto de la interfaz de usuario (UI) que muestra datos o acepta la entrada de datos. Cuando un usuario hace algo a su formulario

o uno de sus controles, la acción genera un evento. Su aplicación reacciona a estos eventos mediante el uso de código y procesa los eventos cuando ocurren. (Microsoft, 2023a)

3.1.9.3 Visual Basic. Visual Basic es un lenguaje de programación dirigido por eventos, desarrollado por Alan Cooper para Microsoft diseñado para construir productivamente aplicaciones de tipo seguro y orientadas a objetos. Visual Basic permite a los desarrolladores apuntar a Windows, la Web y dispositivos móviles. Al igual que con todos los lenguajes dirigidos a Microsoft .NET Framework, los programas escritos en Visual Basic se benefician de la seguridad y la interoperabilidad del lenguaje (Microsoft, 2024b)

3.1.9.4 Microsoft SQL Server. Microsoft SQL Server es un sistema de administración y análisis de bases de datos relacionales de Microsoft para soluciones de comercio electrónico, línea de negocio y almacenamiento de datos. Dentro de sus características se encuentran: escalabilidad, estabilidad y seguridad. Soporta procedimientos almacenados, incluye entorno gráfico de administración, que permite el uso de comandos DDL y DML gráficamente. permite administrar información de otros servidores de datos. (Microsoft, 2014)

3.1.9.4.1 Procedimientos almacenados SQL. Un procedimiento almacenado de SQL Server es un grupo de una o varias instrucciones Transact-SQL o una referencia a un método de Common Runtime Language (CLR) de Microsoft .NET Framework. Los procedimientos se asemejan a las construcciones de otros lenguajes de programación, porque pueden aceptar parámetros de entrada y devolver varios valores en forma de parámetros de salida al programa que realiza la llamada, contener instrucciones de programación que realicen operaciones en la base de datos. Entre otras, pueden contener llamadas a otros procedimientos y devolver un valor de estado a un programa que realiza una llamada para indicar si la operación se ha realizado correctamente o se han producido errores, y el motivo. Usar procesos almacenados resulta ventajoso ya que

genera un tráfico reducido entre el cliente y el servidor ya que los comandos de un procedimiento se ejecutan en un único lote de código lo que significa que solo se envía a través de la red la llamada que va a ejecutar el procedimiento. Sin la encapsulación de código que proporciona un procedimiento, cada una de las líneas de código tendría que enviarse a través de la red. Adicionalmente proporcionan mayor seguridad, varios usuarios y programas cliente pueden realizar operaciones en los objetos de base de datos subyacentes a través de un procedimiento, aunque los usuarios y los programas no tengan permisos directos sobre esos objetos subyacentes. El procedimiento controla qué procesos y actividades se llevan a cabo y protege los objetos de base de datos subyacentes. Esto elimina la necesidad de conceder permisos en cada nivel de objetos y simplifica los niveles de seguridad. Cuando una aplicación llama a un procedimiento a través de la red, solo está visible la llamada que va a ejecutar el procedimiento. Por tanto, los usuarios malintencionados no pueden ver los nombres de los objetos de la base de datos y las tablas, insertar sus propias instrucciones Transact-SQL ni buscar datos críticos. El uso de parámetros de procedimientos ayuda a protegerse contra ataques por inyección de código SQL. Dado que la entrada de parámetros se trata como un valor literal y no como código ejecutable, resulta más difícil para un atacante insertar un comando en las instrucciones Transact-SQL del procedimiento y poner en peligro la seguridad. (Microsoft, 2024c)

3.1.9.4.2 Funciones SQL. Al igual que las funciones en los lenguajes de programación, las funciones definidas por el usuario de SQL Server son rutinas que aceptan parámetros, realizan una acción, como un cálculo complejo, y devuelven el resultado de esa acción como un valor. El valor de retorno puede ser un único valor escalar o un conjunto de resultados. Entre los principales beneficios de implementar funciones definidas por el usuario se pueden encontrar, Programación modular. Puede crear la función una vez, almacenarla en la base de datos y llamarla tantas veces

como desee en su programa. Las funciones definidas por el usuario se pueden modificar independientemente del código fuente del programa. Ejecución más rápida. De manera similar a los procedimientos almacenados, las funciones definidas por el usuario de Transact-SQL reducen el costo de compilación del código de Transact-SQL al almacenar en caché los planes y reutilizarlos para ejecuciones repetidas. Esto significa que no es necesario volver a analizar y optimizar la función definida por el usuario con cada uso, lo que da como resultado tiempos de ejecución mucho más rápidos. Las funciones de Common Language Runtime (CLR) ofrecen una importante ventaja de rendimiento en comparación con las funciones Transact-SQL para tareas computacionales, manipulación de cadenas y lógica empresarial. Las funciones Transact-SQL son más adecuadas para el acceso intensivo a datos. Reducir el tráfico de red. Una operación que filtra datos en función de alguna restricción compleja que no se puede expresar en una única expresión escalar se puede expresar como una función. La función se puede invocar luego en la cláusula WHERE para reducir la cantidad de filas enviadas al cliente. (Microsoft, 2024d)

3.1.9.5 Microsoft Power BI. Power BI es una colección de servicios de software, aplicaciones y conectores que funcionan conjuntamente para convertir orígenes de datos sin relación entre sí en información coherente, interactiva y atractiva visualmente. Sus datos podrían ser una hoja de cálculo de Excel o una colección de almacenes de datos híbridos locales y basados en la nube. Power BI permite conectarse con facilidad a los orígenes de datos, visualizar y descubrir qué es importante y compartirlo con cualquiera o con todos los usuarios que desee. Un flujo de trabajo habitual en Power BI comienza con la conexión a orígenes de datos en Power BI Desktop y la creación de un informe. Después, ese informe se publica desde Power BI Desktop en el servicio Power BI y se comparte para que los usuarios profesionales del servicio Power BI y los dispositivos móviles puedan verlo e interactuar con él. (Microsoft, 2024e)

3.1.9.6 Microsoft Task Scheduler. El servicio de programador de tareas permite realizar tareas automatizadas en un equipo elegido. Con este servicio, puede programar cualquier programa para que se ejecute en un momento conveniente para usted o cuando se produzca un evento específico. El Programador de tareas supervisa los criterios de tiempo o evento que elija y, a continuación, ejecuta la tarea cuando se cumplen esos criterios. Un ejemplo común de uso es la programación de un archivo .bat que ejecuta un proceso almacenado en SQL Server a una hora específica cada día, como en la mañana. Este archivo .bat contiene comandos que se conectan al servidor de base de datos y ejecutan automáticamente el proceso almacenado deseado. La combinación del archivo “.bat” y el Programador de tareas permite automatizar completamente la ejecución de procesos críticos, asegurando que se realicen sin intervención manual y a intervalos regulares. Esto es especialmente útil para tareas de mantenimiento, generación de informes o cualquier otra actividad recurrente que deba realizarse de manera confiable y puntual. (Microsoft, 2023b)

3.1.9.7 SAP Crystal Reports. Crystal Reports es una aplicación desarrollada para la inteligencia empresarial utilizada para diseñar y generar informes desde una amplia gama de fuentes de datos (bases de datos), varias aplicaciones, como Microsoft Visual Studio, incluyen una versión OEM de Crystal Reports como una herramienta de propósito general para informes / reportes. Crystal Reports se convirtió en el escritor de informes estándar cuando Microsoft lo liberó con Visual Basic. Crystal Reports brinda la facilidad de exportar los informes como archivos PDF, Excel, Word, entre otros formatos disponibles para una mejor lectura. Además de lograr la conexión con diferentes sistemas de información por medio de conexiones ODBC, JDBC, OLE DB, ADO.Net, por mencionar algunas. Entre sus ventajas resalta el análisis rápido de los datos de su negocio, creando informes de fácil lectura diseñados por el método de “arrastrar” y “soltar”,

configuraciones personalizadas con permisos para acceder, actualizar, exportar o imprimir los informes más importantes de la compañía, creación de plantillas estándar que pueden ser aplicadas para visualizar información desde diferentes tipos de documentos y acceso a los documentos fuente mediante enlaces para mostrar detalles. (Castillo, 2021)

3.2 Estado del arte

Para empresas que necesitan un software de mantenimiento que se ajuste a sus necesidades es crucial considerar las funcionalidades que permiten la gestión eficiente del mantenimiento preventivo y correctivo. Estas características pueden incluir alertas electrónicas, programación automática, gestión de medidores, acceso a datos históricos de activos y reparaciones, en incluso se puede considerar la portabilidad a aplicaciones móviles. A la hora de implementar un ERP con un módulo de mantenimiento, las empresas pueden optimizar procesos, reducir costos, y mejorar la toma de decisiones mediante el acceso centralizado a la información crítica. Esto es esencial para mantener la infraestructura y equipos en óptimas condiciones, prolongando su vida útil y mejorando la eficiencia operativa.

A continuación, algunas soluciones ampliamente usadas en Colombia.

3.2.1 ContarERP

ContarERP es un producto tecnológico desarrollado por Soporte Lógico SAS, diseñado para mejorar el rendimiento y la gestión de las empresas colombianas. Con un enfoque en brindar información oportuna, veraz y fácil, este ERP para Pymes busca convertir los datos en información valiosa que permita la toma de decisiones. Con su amplio alcance funcional, ContarERP permite a las empresas tener un control completo sobre todos los aspectos de su negocio. Desde la gestión de inventarios y compras hasta la contabilidad y la facturación electrónica. Una de las ventajas destacadas de ContarERP es su actualización constante de acuerdo con la normativa empresarial,

contable, laboral y tributaria vigente en Colombia. Esto asegura que las empresas estén al día con los requisitos legales y puedan cumplir de manera efectiva con las obligaciones fiscales y normativas. Además, ofrece un servicio en la nube que brinda seguridad y flexibilidad a las empresas. Al alojar los datos en la nube, las empresas pueden acceder a la plataforma desde cualquier lugar y dispositivo con conexión a internet, lo que facilita la colaboración y el trabajo remoto. Además, se encarga de la seguridad y el respaldo de los datos, liberando a las empresas de la responsabilidad de gestionar infraestructuras y servidores. (ESPACIOERP, 2023a)

Figura 10

Ejemplo de la interfaz de ContarERP

The screenshot displays the ContarERP software interface with a menu bar at the top containing options like 'Administración', 'Contabilidad', 'Facturación', 'Cartera', 'Inventarios', 'Tesorería', 'Nomina', 'Compras', 'Activos', 'POS', 'Otros', 'Preguntas Frecuentes', 'Importaciones', and 'Comercial'. Below the menu is a toolbar with icons for 'PUC', 'Terceros', 'Items', 'Kits', 'Proyectos', 'Config', 'Precios', 'Seguridad', 'Ayuda', 'YouTube', 'Soporte', and 'Salir'. The main area is divided into several sections for data entry:

- Cuentas por defecto:** Includes fields for 'Ventas (IG)', 'Inventario (IN)', 'Costo (CV)', and 'Devolución'.
- Creación de terceros:** Includes 'Por Cobrar' and 'Por Pagar'.
- Saldos Iniciales:** Includes 'Contrapartida', 'Anticipos de Clientes', 'Anticipos a Proveedores', and 'Impuesto de Consumo'.
- Ajustes:** Includes 'Mayor Valor Consignado'.
- Diferencia al cambio:** Includes 'Cuenta de Ingreso' and 'Cuenta de Gasto'.
- Efectivo / Caja General:** Includes 'Cuenta de Ingreso por Mov'.
- Compras:** Includes 'RetelCA', 'RetelVA', 'IVA Descontable', 'Factura de Venta', 'Descuentos', 'Impuesto ICA', 'RetelFuente', 'Retelva Causado', 'Retelca Causado', 'Cierre de Fin de Año', 'Utilidad del ejercicio', 'Pérdidas del ejercicio', and 'Fecha Cierre Periodo'.
- Exportaciones:** Includes 'Gastos', 'Fletes', 'Seguros', and 'Empresas que producen cajas'.
- NIF:** Includes 'Contabilización Remisión', 'Cuenta Pendiente x Facturar', and 'Cuenta Menor Valor Ingreso'.
- Ajuste al peso:** Includes 'Cuenta Crédito' and 'Cuenta Débito'.
- Taller:** Includes 'Contrato', 'Cuenta Débito', 'Cuenta Crédito', and 'Orden de medida'.

At the bottom of the interface, it states: 'La versión de la base de datos [18.1.7.0] es diferente a la del módulo [18.1.10.4]'.

Nota. Adaptado de la interfaz de ContarERP, ContarERP, 2019

3.2.2 Siigo ERP

Siigo ERP es un software contable y administrativo diseñado específicamente para pequeñas y medianas empresas, que se distingue por su enfoque “on cloud”. Al estar basado completamente en la nube, permite a los usuarios acceder a la información de su empresa en tiempo real desde cualquier lugar y dispositivo con conexión a internet. Esta característica brinda una

flexibilidad inigualable, ya que los equipos de trabajo pueden colaborar y tomar decisiones informadas basadas en datos actualizados sin importar su ubicación física. Otro aspecto destacado de Siigo ERP es su compromiso con el cumplimiento normativo. El software viene preconfigurado y actualizado de acuerdo con la legislación empresarial, contable, laboral y tributaria vigente en Colombia. Esto asegura que las empresas estén al día con los requisitos legales y puedan realizar sus operaciones de manera correcta y transparente. (ESPACIOERP, 2023b)

Figura 11

Ejemplo de la interfaz de Siigo ERP

En uso	Código	Nombre	Tipo de impuesto	Por valor	Tarifa	Ventas	Compras	Devolución ventas	Devolución compras
✓	1	IVA 19%	IVA		19	24080601 - Iva generado	24081001 - Iva descontable por compras 19%	24082001 - Devolución por devoluciones 19%	24081002 - Iva Devolución en compras 19%
✓	10	ReteICA 9.66	ReteICA		9.66	13551805 - Rete Ica 9.66	23680505 - Reteica 9.66	13551806 - Devolución Rete Ica 9.66	23680506 - Devolución Reteica 9.66
✓	11	ReteICA 8	ReteICA		8	13551807 - Rete Ica 8	23680507 - Reteica 8	13551808 - Devolución Rete Ica 8	23680508 - Devolución Reteica 8
✓	12	ReteICA 7	ReteICA		7	13551809 - Rete Ica 7	23680509 - Reteica 7	13551810 - Devolución Rete Ica 7	23680510 - Devolución Reteica 7
✓	13	ReteICA 6.9	ReteICA		6.9	13551811 - Rete Ica 6.9	23680511 - Reteica 6.9	13551812 - Devolución Rete Ica 6.9	23680512 - Devolución Reteica 6.9
✓	14	ReteICA 4.14	ReteICA		4.14	13551813 - Rete Ica 4.14	23680513 - Reteica 4.14	13551814 - Devolución Rete Ica 4.14	23680514 - Devolución Reteica 4.14
✓	15	ReteIVA 15%	ReteIVA		15	13551701 - Impuesto a las ventas retenido 15%	23670101 - Impuesto a las ventas retenido 15%	13551702 - Devolución impuesto a las ventas retenido 15%	23670102 - Devolución Impuesto a las ventas retenido 15%
✓	16	Impoconsumo 8%	Impoconsumo		8	24950101 - Impuesto al consumo en ventas	24950103 - Impuesto al consumo en compras	24950102 - Impuesto al consumo en devolucion en ventas	24950104 - Impuesto al consumo en devolucion en compras
✓	17	Impoconsumo por valor	Impoconsumo		0	246401 - Impuesto por valor en ventas	246403 - Impuesto por valor en compras	246402 - Impuesto por valor en devolucion en ventas	246404 - Impuesto por valor en devolucion en compras
✓	18	Retefuente 3.5%	Retefuente		3.5	13551513 - Anticipo Retención en la fuente 3.5%	23654004 - Retención por compras 3.5%	13551514 - Devolución Retención en la fuente 3.5%	23654005 - Devolución Retención por compras 3.5%

Nota. Adaptado de la interfaz de Siigo ERP, Siigo ERP, 2022

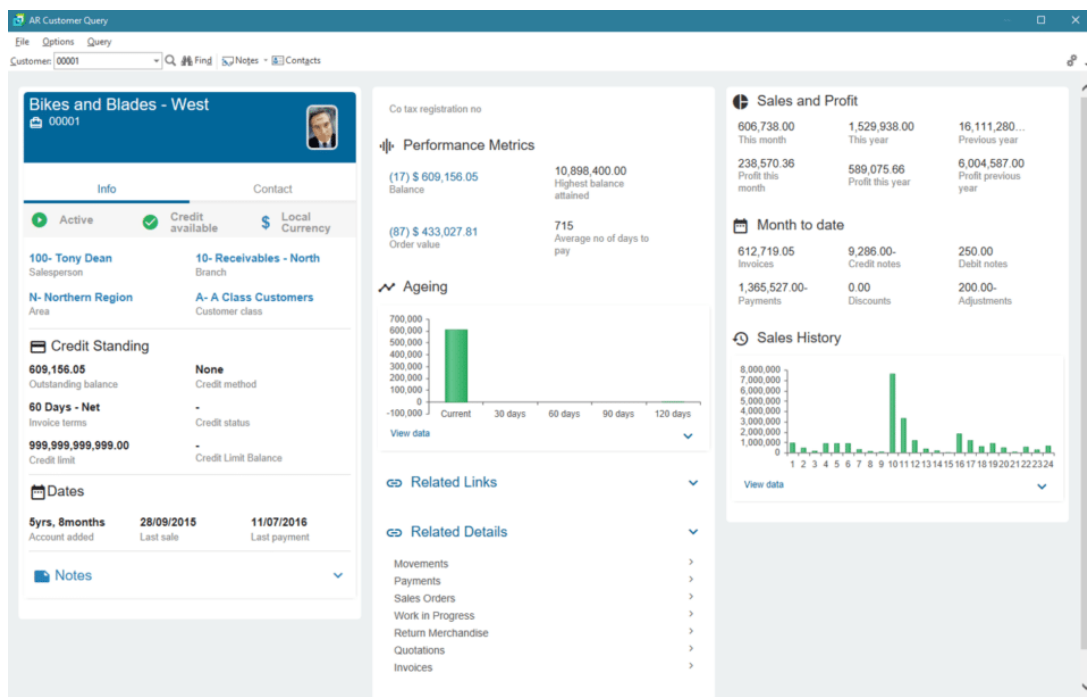
3.2.3 Syspro

SYSPRO es una solución de software de planificación de recursos empresariales (ERP) reconocida por su alta escalabilidad y flexibilidad, lo que la hace ideal para empresas del sector manufacturero y de distribución. Este ERP puede implementarse tanto en la nube como en instalaciones locales, brindando a las empresas la posibilidad de elegir la opción que mejor se adapte a sus necesidades operativas y estratégicas. Además, permite acceso desde cualquier dispositivo móvil, lo que garantiza una mayor movilidad y facilidad para gestionar los recursos

empresariales desde cualquier lugar, en cualquier momento. Diseñado específicamente para simplificar la complejidad inherente al entorno empresarial de fabricantes y distribuidores, SYSPRO ofrece una visión clara y práctica de los procesos críticos de la organización, lo que facilita una toma de decisiones más efectiva. Proporciona herramientas robustas para controlar los costos de manera eficiente, optimizar los procesos operativos y aumentar la productividad, asegurando que las empresas puedan responder rápidamente a los cambios del mercado y mantener un rendimiento óptimo. (Comparasoftware, 2023a)

Figura 12

Ejemplo de la interfaz de Syspro



Nota. Adaptado de la interfaz de Syspro, Syspro, 2024

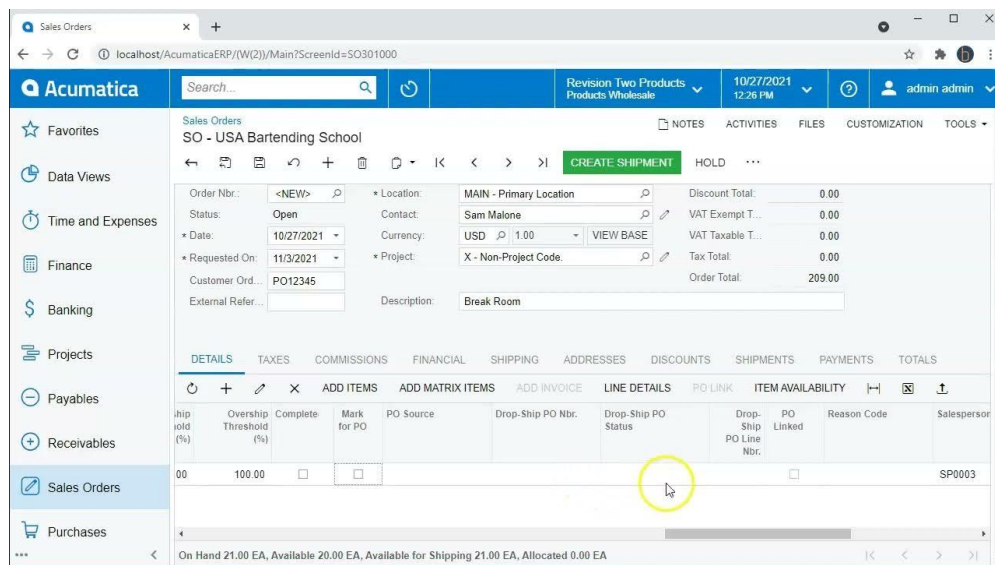
3.2.4 Acumatica

Acumatica es diferente por diseño y se ha creado específicamente para ayudar a las pequeñas y medianas empresas a prosperar en la economía digital actual. Su solución de gestión

empresarial específica del sector está diseñada para satisfacer las necesidades del mundo real, con flujos de trabajo inteligentes y una facilidad de uso líder en el mercado que permiten a las empresas gestionar el riesgo, anticiparse a las interrupciones y aprovechar las nuevas oportunidades. Nuestras prácticas empresariales basadas en principios, licencias que favorecen el crecimiento y opciones de implantación flexibles permiten a las organizaciones controlar su propio futuro. Esta solución es ideal para pequeños negocios y se destaca por su capacidad para optimizar procesos empresariales internos, administración de almacenes y flujo de caja. También ofrece planes accesibles para empresas pequeñas. (Acumatica, 2024)

Figura 13

Ejemplo de la interfaz de Acumatica



Nota. Adaptado de la interfaz de Acumatica, Acumatica, 2022

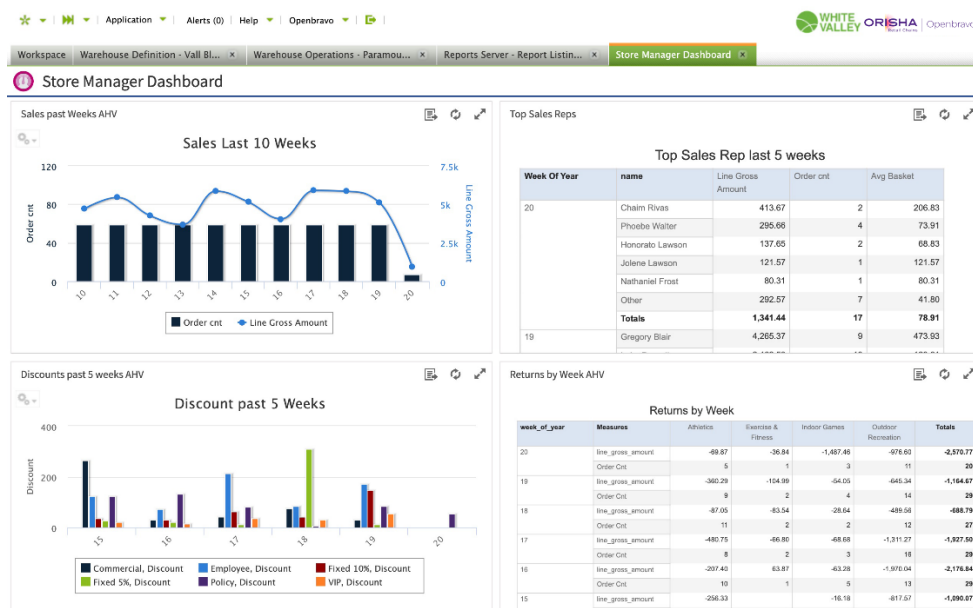
3.2.5 Openbravo

Openbravo ERP es un sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) de código abierto diseñado para gestionar y optimizar los procesos de negocio dentro de una organización. Su enfoque modular permite a las empresas personalizar y adaptar el sistema según sus

necesidades específicas, lo que lo hace altamente flexible. Además, al ser de código abierto, las empresas pueden modificar el software para ajustarlo completamente a sus procesos, lo que reduce costos y facilita la integración con otros sistemas. Los principales beneficios de Openbravo ERP incluyen su accesibilidad a través de una interfaz web intuitiva, que permite la gestión remota y el acceso desde cualquier lugar. También destaca por su capacidad para ofrecer una gestión integral de procesos, desde inventarios hasta contabilidad, lo que proporciona una visión completa del negocio. La activa comunidad de Openbravo, junto con opciones de soporte profesional, asegura que el sistema esté en constante evolución y pueda ofrecer soluciones eficaces y actualizadas a sus usuarios. Openbravo es una solución integral de ERP de código abierto que permite una gestión efectiva de la cadena de suministro, producción y relaciones con los clientes. Su flexibilidad lo hace ideal para expandirse sin mayores complicaciones. (Openbravo, 2024)

Figura 14

Ejemplo de la interfaz de Openbravo



Nota. Adaptado de la interfaz de Openbravo, Openbravo, 2024

3.2.6 Oracle Netsuite

Oracle NetSuite es una solución de planificación de recursos empresariales (ERP) basada en la nube, diseñada para gestionar de manera integral las operaciones empresariales. Ofrece una plataforma unificada que abarca desde la contabilidad y la gestión financiera hasta la gestión de inventarios, pedidos, relaciones con clientes (CRM) y comercio electrónico. Al ser una solución en la nube, NetSuite permite a las empresas acceder a sus datos y herramientas en tiempo real desde cualquier lugar, facilitando la toma de decisiones informadas y la colaboración entre equipos. Los principales beneficios de Oracle NetSuite incluyen su capacidad para escalar con el crecimiento del negocio y adaptarse a diversas industrias, lo que lo convierte en una opción ideal tanto para pequeñas empresas en expansión como para grandes corporaciones. Además, NetSuite ofrece automatización avanzada y análisis en tiempo real, lo que mejora la eficiencia operativa y proporciona una visión clara del rendimiento empresarial. Su integración fluida con otras aplicaciones de Oracle y su constante actualización de características aseguran que las empresas siempre tengan acceso a las últimas innovaciones tecnológicas. (Zumaeta, 2022)

Figura 15

Ejemplo de la interfaz de Oracle Netsuite



Nota. Adaptado de la interfaz de Oracle Netsuite, Oracle Netsuite, 2024

4. Metodología

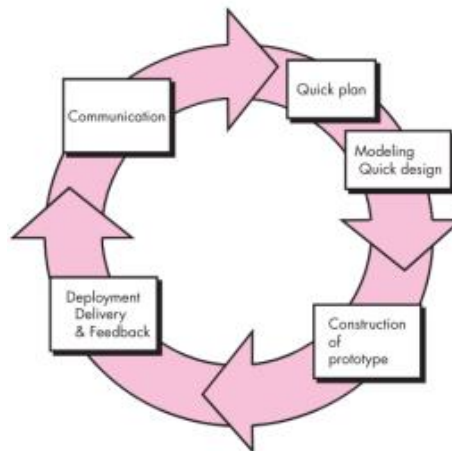
El desarrollo se produjo bajo la metodología de prototipado evolutivo, teniendo en cuenta la necesidad de entregar resultados visibles de forma rápida y constante que puedan lograr una realimentación por parte de los usuarios afectados por el módulo, consiguiendo así un producto final completo que cubra a cabalidad aquellas necesidades expuestas en las distintas reuniones de exposición de avances y recopilación de requisitos adicionales, es importante mencionar que estas reuniones se hacían en cuanto ya se habían implementado todos los requisitos que hasta la fecha habían sido identificados.

4.1 Prototipado evolutivo

El prototipado evolutivo es un modelo de ciclo de vida en el que se desarrolla el concepto del sistema a medida que avanza el proyecto, con incrementos, de forma que puede modificarse de manera inmediata en respuesta a la realimentación del cliente y del usuario final. Por lo general, el desarrollo empieza dentro de las áreas de más riesgo del sistema; y si son superados los obstáculos, se desarrolla el sistema a partir del prototipo anterior. (Pressman, 2010, Cap. 2)

Figura 16

Prototipado evolutivo



Nota. Adaptado de *Software engineering: A practitioner's approach* (7th ed., p. 43, Fig. 2.6) por R. S. Pressman, 2010a, McGraw-Hill Education.

Este tipo de metodología es ampliamente usado en desarrollos software cuando se pretende reducir el riesgo de crear productos finales que no satisfagan por completo al cliente o cuando existe una gran demanda en la velocidad del desarrollo o también, cuando los requisitos pueden cambiar con rapidez. (Wiegers & Beatty, 2013, p. 29)

4.2 Estructuración del proyecto

Este proyecto se encuentra estructurado en seis (6) procesos principales, estos determinan las actividades realizadas, pero no indican en qué punto del desarrollo fueron o no ejecutadas. Es necesario tener en cuenta que al ser un paradigma evolutivo algunas de estas actividades se repiten cuanto sea necesario, sin embargo, estos procesos proporcionan un vistazo muy acertado del panorama general del proyecto y del tiempo estimado en cada uno de ellos. Estos seis procesos se componen por: capacitación, recolección de requerimientos y diseño de la base de datos, diseño de formularios para recolección de datos, programación del módulo, implementación y, por último, mantenimiento del módulo.

4.2.1 Capacitación

En el proceso de capacitación el cual constó de un total de cuatro (4) días, se fomentó una apropiación del entorno de desarrollo y familiarización con el ERP Metalsoft, es importante mencionar que bajo la supervisión del Ingeniero Ludwig Ballesteros Cáceres, tutor de este proyecto, se realizaron una serie de actividades o tareas clave, las cuales pretendían enseñar la forma de programación usada y la estructura del ERP, de igual manera facilitaban la familiarización con la base datos y sus procesos almacenados.

4.2.2 Recolección de requerimientos y diseño de la base de datos

A partir de este proceso el cual constó de aproximadamente siete (7) días (no secuenciales, este proceso se realizaba cuando se requería) se empieza a hacer evidente el paradigma evolutivo.

4.2.3 Diseño de formularios para recolección de datos

Este proceso contando con un promedio de doce (12) días estimados y al igual que el caso anterior ejecutado solamente cuando era necesario, fue el encargado de mediante una constante refinación y asimilación de las necesidades emergentes traer a colación el diseño final del módulo.

A continuación, una imagen de una de las pestañas del módulo de mantenimiento:

Figura 17

Módulo de mantenimiento, pantalla equipos, diseño final

The screenshot displays the 'Equipos' (Equipment) management screen in the MetalSoft ERP system. The window title is 'Metalsoft - [Equipos]'. The interface includes a menu bar with options like 'Archivo', 'Editar', 'Ventanas', and 'Tareas'. Below the menu is a navigation bar with 'Primero', 'Anterior', '25 de 28', 'Siguiente', and 'Último'. A toolbar contains buttons for 'Nuevo', 'Editar', 'Eliminar', 'Guardar', 'Cancelar', 'Actualizar', 'Registrar contador', 'Bloquear equipo', 'Desbloquear equipo', and 'Adjuntos'. The main area is divided into two sections: 'Datos del grupo' (Group Data) and 'Datos del equipo' (Equipment Data). The 'Datos del grupo' section includes fields for 'Nombre' (Tractores), 'Código' (EQP-TRA.001), 'Familia' (Tractores), and 'Descripción' (Para realizar labores agrícolas). The 'Datos del equipo' section includes 'Origen' (Activo fijo), 'Código' (TRA-704000), 'Nombre' (TRACTOR KUBOTA #2 M-7040 DT # 71158), 'Ubicación' (Cosecha), 'Uso acumulado (Días)' (1.0000), and 'Mants. por realizar' (1). A 'DESBLOQUEADO' status indicator is present in the top right. Below the form is a navigation bar with tabs: 'Ficha técnica y contadores', 'Componentes', 'Historial de registros', 'Hojas de ruta', 'Órdenes de mantenimiento', 'Báscora', 'Enciclopedia de fallas', 'Listado de equipos', and 'Listado de grupos'. The 'Ficha técnica del equipo' section contains a table with columns 'Unidad del dato' and 'Descripción o valor'. The 'Contadores adicionales del equipo' section contains a table with columns 'Acumulado', 'Inc. diario', and 'Unidad del contador'. The status bar at the bottom indicates 'Empresa: METALTECO S.A.S.', 'Sucursal: Palmeras Metalteco', and 'Usuario Registrado: GUILLERMO ANDRÉS DAZA MENESES'.

Unidad del dato	Descripción o valor
Fabricante	-
Marca	-
Modelo	-
Serial	-

Acumulado	Inc. diario	Unidad del contador
0.0000	5.0000	Horas

Nota. Tomado de MetalSoft ERP, módulo de mantenimiento, pantalla de equipos

4.2.4 Programación del módulo

Este proceso, con un tiempo estimado de noventa y siete (97) días, sin duda el más extenso en el desarrollo de este proyecto cubre una gran cantidad de actividades que resultan críticas en la ejecución del mismo, entre estas actividades tenemos: la programación de los formularios, el diseño y programación de alertas, el diseño y programación de informes, reportes y proyecciones

y por último el diseño de consultas. Estas actividades se han de explicar más profundamente cuando se detalle el desarrollo del proyecto.

4.2.5 Implementación

Proceso en cual cuenta con un aproximado de veintidós (22) días fue el encargado de realizar la migración de los datos, capacitación al personal, la puesta en marcha y los ajustes necesarios para que esto fuese posible.

4.2.6 Mantenimiento del módulo

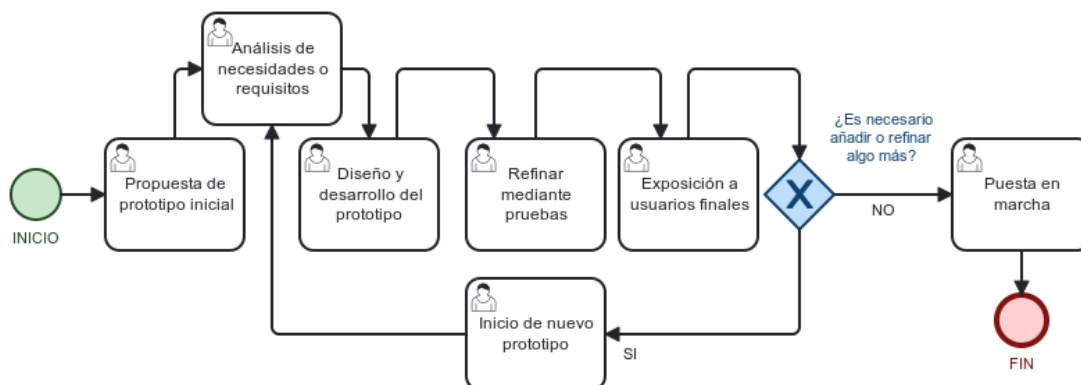
Para este último proceso se contó con un tiempo prudencial de treinta y ocho (38) días si bien no resultan totalmente necesarios por sus actividades, se estableció de esta manera para que si algún proceso tomaba más tiempo del estimado contar con la holgura necesaria. En este proceso se debe dar soporte a cualquier error que pueda surgir, diseñar el manual técnico y de usuario y finalmente afinar los elementos que se consideren necesarios.

4.3 Etapas de desarrollo

Teniendo en cuenta la metodología de prototipado evolutivo planteada para este proyecto, se propone un modelo BPMN que lo ilustra al detalle, es importante mencionar que el proyecto contó con un total de ocho (8) prototipos, los cuales se detallarán en el desarrollo del proyecto.

Figura 18

Módulo de mantenimiento, pantalla equipos, diseño final



Como podemos observar se plantean siete (7) etapas para el desarrollo de este proyecto, a continuación, se detallan cada una de estas etapas y el punto clave en el cual se decide si es necesario añadir un nuevo prototipo para cubrir requisitos emergentes, de ahí el carácter evolutivo.

4.3.1 Propuesta de prototipo inicial

Para esta etapa se plantea un prototipo básico en base a lo más evidente del problema a abarcar y una breve contextualización de mano del tutor del proyecto.

4.3.2 Análisis de necesidades o requisitos

En esta etapa se analizan los requisitos identificados hasta el momento, se descartan aquellos que por su viabilidad resultan irrealizables y se categorizan aquellos viables según su nivel de prioridad, esto para posteriormente implementarlos según esta categoría impuesta.

4.3.3 Diseño y desarrollo del prototipo

Una vez se han especificado los requisitos a implementar, tal y como se menciona anteriormente, se toman los requisitos con prioridad alta para ir secuencialmente añadiendo funcionalidades. Teniendo eso en cuenta es necesario empezar a diseñar las pantallas asociadas al módulo, estas deben permitir el ingreso, modificación, manipulación y/o eliminación de los datos especificados en los requisitos, tras terminar el diseño se procede con el desarrollo o programación de la lógica inherente, usando el entorno de desarrollo expuesto anteriormente.

4.3.4 Refinar mediante pruebas

Como se puede intuir por su nombre esta etapa se basa en una serie de pruebas del módulo en la que se contrastan las necesidades del área, objetivos especificados, recomendaciones por parte del tutor y normativa de la empresa, en busca de un equilibrio entre todas. Estas pruebas exponen vulnerabilidades, errores, correcciones o adiciones necesarias a realizar.

4.3.5 Exposición a usuarios finales

En esta etapa se organiza una reunión con las áreas de mantenimiento, tecnología, gerencia, almacén, software y operaciones para de esta manera ir mostrando los avances a la fecha y de igual modo conocer las modificaciones o correcciones necesarias a implementar en el módulo, esta etapa es indispensable para generar un producto final de acuerdo a las necesidades de la empresa y en cuanto sea posible de acuerdo a las necesidades de todas las áreas en conjunto.

4.3.6 Punto clave para generación de prototipo

En este punto se analiza la respuesta generada por los usuarios finales y de ser necesario se da inicio a un nuevo prototipo, de lo contrario se pasa a la etapa de puesta en marcha.

4.3.7 Inicio de nuevo prototipo

En la etapa de “Inicio de nuevo prototipo” se establece un punto de quiebre entre el desarrollo actual y el desarrollo pendiente a implementar. En el punto actual del desarrollo se cierra el prototipo y se empieza a generar uno nuevo con los avances acumulados hasta ese punto y todo lo que se añada de ahí hasta el próximo prototipo o puesta en marcha.

4.3.8 Puesta en marcha

Para esta etapa se pone en funcionamiento el módulo para el área y los usuarios que se determine deben tener acceso, se debe realizar una capacitación y manual de usuario.

5. Desarrollo del proyecto

Para explicar el desarrollo del proyecto, se detallará cada prototipo siguiendo las etapas previamente mencionadas, lo que permitirá mostrar de manera clara el proceso real paso a paso.

5.1 Prototipo inicial

5.1.1 Propuesta de prototipo inicial

Este es el único prototipo que contará con esta etapa, sienta las bases del proyecto

5.1.2 Análisis de necesidades o requisitos

Los requisitos iniciales tienen como objetivo definir claramente las ideas y la dirección del proyecto. Estos surgen a partir de conversaciones generales con los líderes de las áreas de mantenimiento, complementadas con la orientación del tutor del proyecto. Cabe destacar que se trata de un prototipo con un alcance muy limitado, cuyo propósito principal es establecer las bases para un paradigma evolutivo que se implementará como metodología en el desarrollo del proyecto.

Tabla 8

Análisis de requisitos prototipo inicial

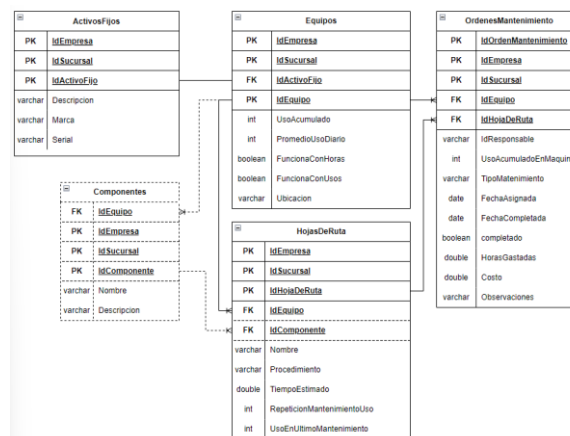
Requisitos identificados	Prioridad
Poder relacionar activos y crearles componentes	ALTA
Poder crear hojas de ruta con un procedimiento a realizar y componente a intervenir	ALTA
Poder crear ordenes de mantenimiento que me muestre información relevante	ALTA

5.1.3 Diseño y desarrollo del prototipo

Para el desarrollo de este prototipo se implementa solamente una propuesta de base de datos la cual intenta cubrir los requisitos mencionados.

Figura 19

Propuesta de base de datos para el prototipo inicial



5.1.4 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos a las tablas y los ajustes necesarios

5.1.5 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 6 de mayo de 2024, en dicha reunión surgieron diez (10) requisitos y cuatro (4) indicadores.

5.1.6 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes.

5.2 Segundo prototipo

5.2.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 9

Análisis de requisitos segundo prototipo

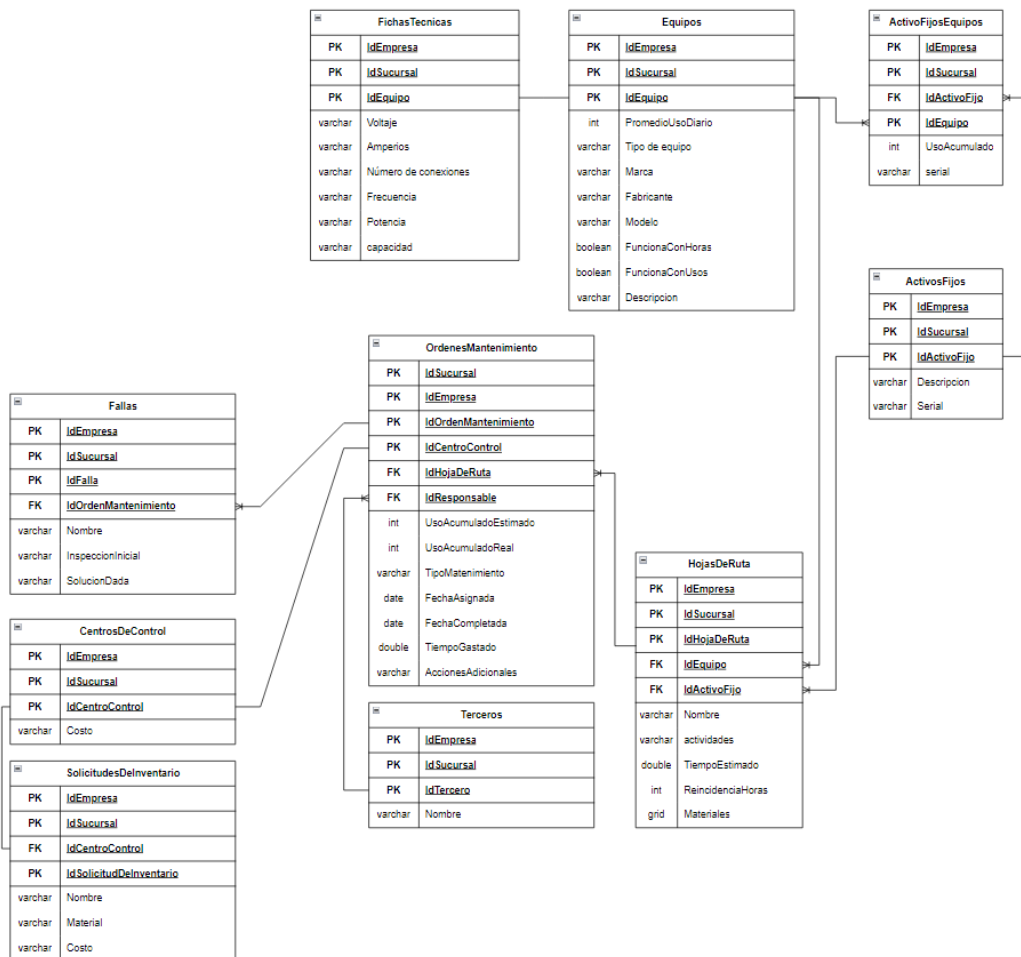
Requisitos identificados	Prioridad
Formato del equipo tener presente no incluir la ubicación	BAJA
Función de importar información de un equipo cuando se esté creando un equipo nuevo	ALTA
En el módulo de equipos registrar las fallas o síntomas que el manual puede traer	MEDIA
Tiempos se registran por el módulo de tiempos de nómina (Revisar relación para costos)	MEDIA
Una tabla intermedia entre equipos y activos fijos	MEDIA
Uso Acumulado En Maquina se puede actualizar de lo registrado en el módulo de tiempos	BAJA
Opcional el módulo de Herramientas mostrar información de quién posee el equipo a intervenir	MEDIA
Registro de horómetro, revisar cómo se capturaría la información	ALTA
Hojas de ruta, crear por grupo y crear específica por equipo	ALTA
Crear un visualizador de calendario de mantenimiento	MEDIA
Analizar indicadores de cumplimiento, accidentabilidad, lista de fallas, lista de síntomas	MEDIA

5.2.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Para el segundo prototipo aún no se ha empezado con el desarrollo de interfaz gráfica por lo tanto este diseño y desarrollo también se centra en la propuesta de base de datos.

Figura 21

Propuesta de base de datos para el segundo prototipo



5.2.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos a las tablas y los ajustes necesarios

5.2.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 15 de mayo de 2024, en dicha reunión surgieron cinco (5) requisitos que deben ser considerados.

5.2.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes.

5.3 Tercer prototipo

5.3.1 Análisis de necesidades o requisitos

Para esta etapa se van a analizar los requisitos identificados de la exposición anterior.

Tabla 10

Análisis de requisitos tercer prototipo

Requisitos identificados	Prioridad
Es necesario poder precargar materiales a la hoja de ruta	ALTA
Es necesario desde base de datos identificar qué hoja de ruta se relaciona con qué equipo	ALTA
Un grupo puede tener varios equipos relacionados	ALTA
Añadir un estado y descripción a la orden de mantenimiento	ALTA
Añadir frecuencias a las hojas de ruta para saber cuándo se repiten	ALTA

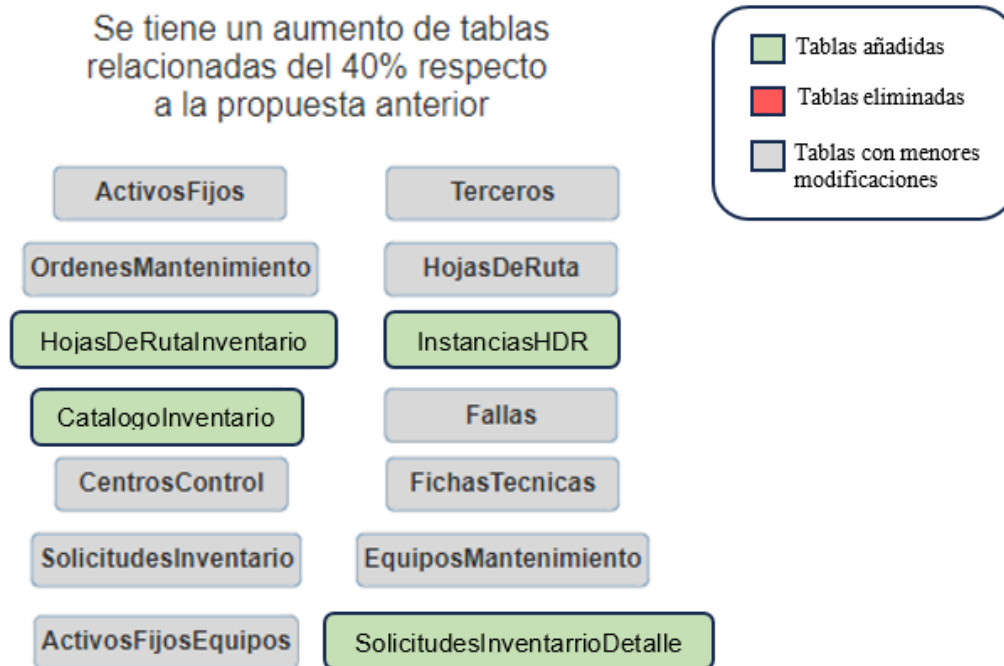
5.3.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Para el desarrollo de este prototipo, ya se dispone de un diseño preliminar de la interfaz gráfica. Este diseño busca optimizar las actividades de digitación y operatividad, manteniendo un enfoque en la facilidad de uso, eficiencia y rapidez. Además, se ha tenido en cuenta que el aspecto visual debe ser coherente con el sistema actual para preservar la familiaridad entre los usuarios. De esta manera, se minimizan las alteraciones en la funcionalidad habitual, reduciendo así la

resistencia que podría surgir ante la implementación del nuevo módulo. El objetivo es asegurar una transición suave, eficiente y completamente adaptada a las necesidades expuestas.

Figura 22

Resumen de la propuesta de base de datos para el tercer prototipo



Debido a la extensión de las propuestas de base de datos se muestra una representación conceptual o resumen que permite visualizar el crecimiento respecto al anterior prototipo.

De manera similar con las pantallas del módulo, para las pantallas involucradas, solo se muestra un vistazo representativo de cada prototipo. Sin embargo, en los resultados finales del proyecto, se puede visualizar cada una de las pantallas del prototipo final en detalle. En contraste, los prototipos presentados a continuación permiten observar la evolución de la interfaz.

A continuación, se puede por primera vez observar una propuesta de diseño de interfaz, esta como se puede intuir fue la primera propuesta realizada, buscando entre otras cosas cubrir al pie de la letra las necesidades expuestas en reuniones anteriores esta propuesta tiene como eje

central exponer falencias y generar una retroalimentación por parte de los usuarios para ir de esta manera optimizándose logrando de este modo cubrir las necesidades emergentes.

Figura 23

Vistazo al diseño para el tercer prototipo

5.3.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, algunas funciones aún no están implementadas, por ejemplo, la de cargar fotos o importar equipo, se plantean para el próximo prototipo.

5.3.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 20 de junio de 2024, en dicha reunión surgieron cuatro (4) requisitos que deben ser considerados a implementar en el próximo prototipo adicional a las actividades restantes de la última entrega.

5.3.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes.

5.4 Cuarto prototipo

5.4.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 11

Análisis de requisitos cuarto prototipo

Requisitos identificados	Prioridad
Llevar un control de horómetro por hoja de ruta para componentes del equipo	ALTA
Analizar el registro del horómetro manual por medio del usuario para llevar tiempos reales, puede ser opcional para llevar un registro de promedio y otro manual.	ALTA
Añadir un TabPage en ordenes de mantenimiento para las solicitudes de servicio para los equipos que se envían a reparaciones con terceros	ALTA
Tipos de equipos dividirlos por sucursal para que la lista desplegable muestre la información específica	ALTA

5.4.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Figura 24

Resumen de la propuesta de base de datos para el cuarto prototipo

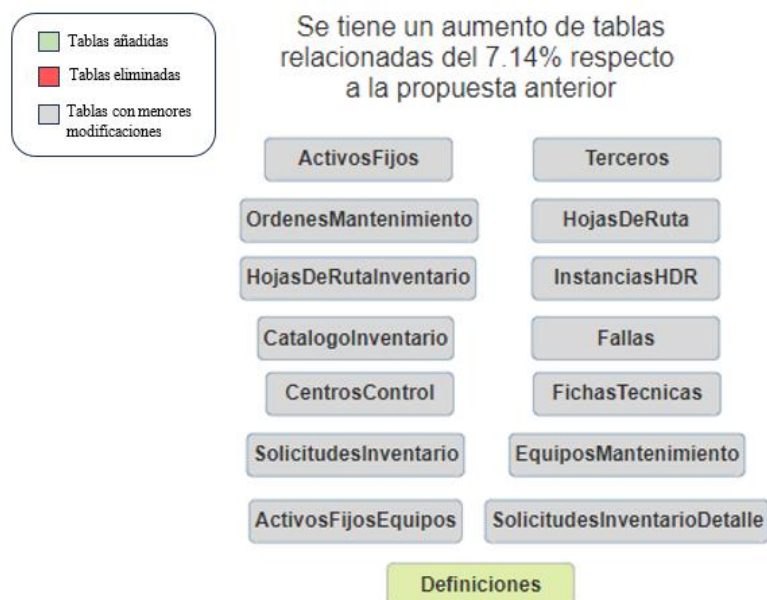


Figura 25*Vistazo al diseño para el cuarto prototipo*

The screenshot displays a software application window titled "Equipos". At the top, there is a navigation bar with "Primero", "Anterior", "1 de 2", "Siguiente", and "Último". Below this is a toolbar with "Nuevo", "Editar", "Eliminar", "Guardar", and "Cancelar". The main area is divided into two sections. The upper section, "Datos del Equipo", contains two rows of input fields: "Id del equipo" (EQP.C1), "Nombre del equipo" (Ejemplo de cortadoras), "Modelo" (Modelo 1), "Fabricante" (Fabricante 1), "Marca" (Marca 1), and "Tipo de equipo" (Equipos de corte). The second row includes "Id del activo fijo" (SMA-COLO2), "Nombre del activo fijo" (CORTADORA LASER TRULASER 1030 FIBER (L94)), "Ubicacion" (Ubicacion 1), and "Serial" (A1217J0185). The lower section, "Detalles", has several tabs: "Detalles", "Enciclopedia de fallas", "Hojas de ruta", "Órdenes de mantenimiento", "Bitácora", "Listado de Activo Fijos", and "Listado de equipos". The "Detalles" tab is selected, showing "Detalles específicos" with checkboxes for "Funciona con horas" (checked) and "Funciona con usos" (unchecked). It also includes fields for "Promedio de uso diario" (10.00) and "Uso acumulado" (0). Below this is the "Datos Técnicos" section with fields for "Voltaje" (7272 V), "Número de conexiones" (277227 FASES), "Amperios" (27274 A), "Frecuencia" (HZ), "Capacidad" (2772 HP), and "Potencia" (HP). A "Descripción del equipo" field contains "Descripcion 1". On the right, there is a photo upload area with a placeholder image of a blue laser cutting machine and a "La foto se carga o modifica en modo de edición" message.

5.4.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, todas las funciones están implementadas a la fecha, algunas cargas de datos ya se han automatizado.

5.4.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 10 de julio de 2024, en dicha reunión surgieron siete (7) requisitos que deben ser considerados a implementar en el próximo prototipo.

5.4.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes.

5.5 Quinto prototipo

5.5.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 12

Análisis de requisitos quinto prototipo

Requisitos identificados	Prioridad
Los grupos deben poder vincular tanto activos fijos como herramientas (son activos fijos solo que se guardan en BD como herramientas)	ALTA
Las fichas técnicas deben asociarse al equipo para que se puede individualizar la información	ALTA
Añadir ubicación o proceso de los equipos	ALTA
Modelo, marca y fabricante deben asociarse al equipo automáticamente si es posible	ALTA
Los equipos deben tener una familia o un tipo de equipo específico	ALTA
Se debe poder registrar el uso de forma manual o automática y en caso de que sea manual que se conserve el historial de quien lo hizo y cuanto ingresó	ALTA
Las horas acumuladas en las hojas de ruta se deben reiniciar cuando le lance el mantenimiento respectivo	ALTA

5.5.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Aquí ya se puede observar un importante cambio en la interfaz gráfica.

Figura 26

Vistazo al diseño para el quinto prototipo

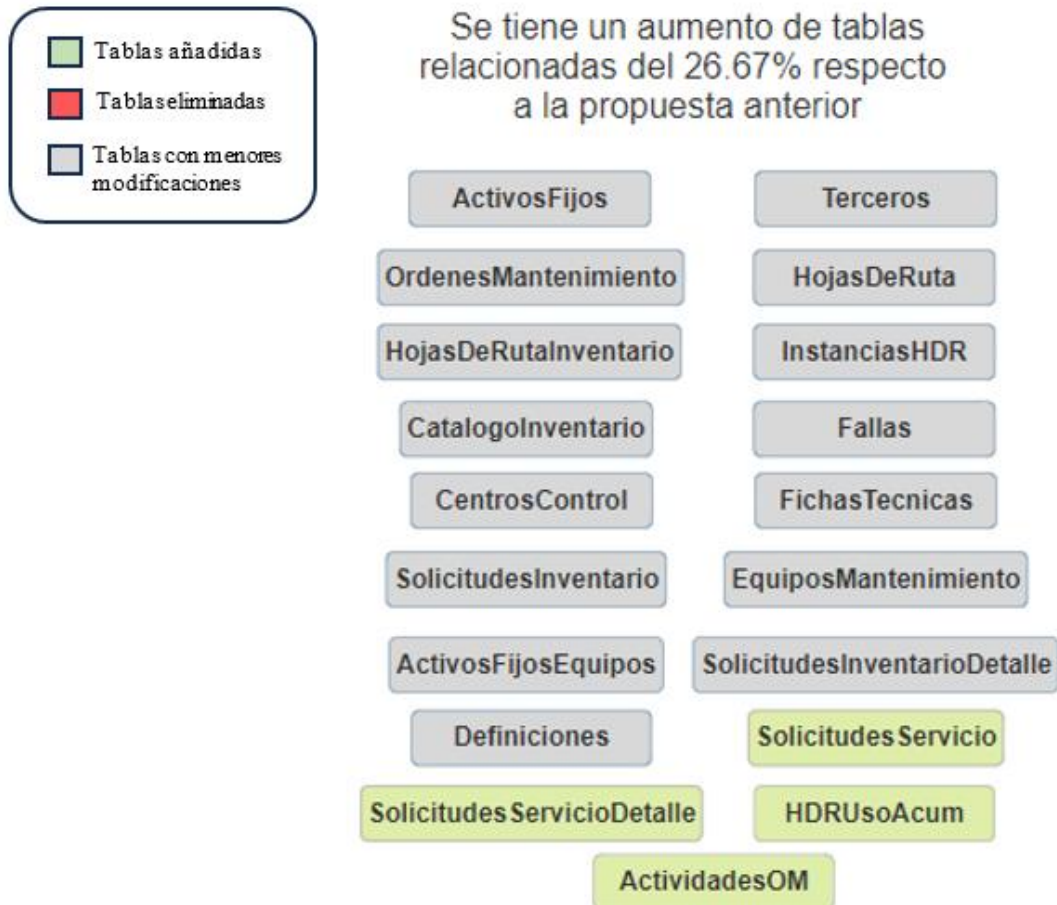
The screenshot shows a web-based application window titled 'Equipos'. The interface includes a navigation bar with 'Primero', 'Anterior', '0 de (0)', 'Siguiete', and 'Último'. Below this is a toolbar with buttons for 'Nuevo', 'Editar', 'Eliminar', 'Guardar', 'Cancelar', and 'Registrar uso acumulado'. The main form is divided into several sections:

- Left Section:** 'Nombre del equipo' with an 'Equipo especial' checkbox, 'Código', 'Familia' dropdown, and 'Descripción' text area.
- Right Section:** 'Origen del elemento', 'Código', 'Nombre', 'Fabricante', 'Modelo', 'Marca', 'Uso diario promedio', 'Uso acumulado', 'Serial', and 'Ubicación o proceso' dropdown.
- Bottom Section:** 'Horas' and 'Horas' input fields.

At the bottom of the window, there is a breadcrumb trail: 'Ficha Técnica', 'Enciclopedia de fallas', 'Hojas de ruta', 'Órdenes de mantenimiento', 'Btácara', 'Listado de elementos', and 'Listado de equipos'. The main content area below the form is empty, with a table header showing 'Nombre o unidad del dato' and 'Descripción o valor'.

Figura 27

Resumen de la propuesta de base de datos para el quinto prototipo



5.5.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, todas las funciones están implementadas a la fecha.

5.5.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 29 de julio de 2024, en dicha reunión surgieron siete (7) requisitos y siete (7) indicadores identificados que deben ser considerados a implementar en el próximo prototipo.

5.5.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes.

5.6 Sexto prototipo

5.6.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 13

Análisis de requisitos sexto prototipo

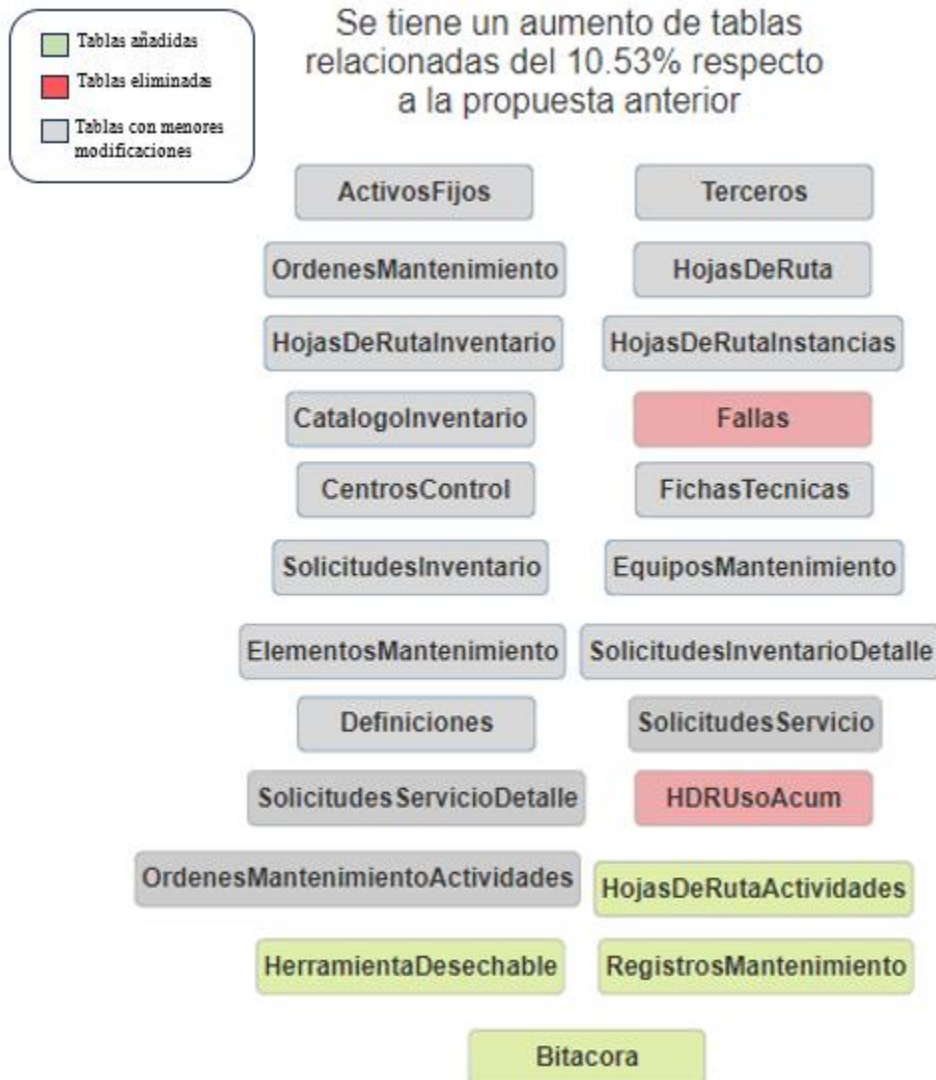
Requisitos identificados	Prioridad
Registrar despiece del elemento, y poderlo asociar a las actividades de la hoja de ruta	ALTA
Nuevo estado de la orden de mantenimiento (no atendida) y pedir observación	ALTA
Poder reprogramar la orden de mantenimiento	ALTA
Ver actividades del último mantenimiento del equipo	ALTA
Implementar frecuencia de hojas de ruta por días, meses, semestres y años	ALTA
Poder adjuntar documentos o archivos a las órdenes de mantenimiento	MEDIA
Hoja de vida para el equipo	ALTA
Indicadores identificados	Prioridad
Tasa de cumplimiento de las ordenes de mantenimiento	ALTA
Desfase en la ejecución del tiempo planeado	ALTA
Horas ejecutadas en preventivos	ALTA
Horas ejecutadas en correctivos	ALTA
Tiempo medio de falla (TMF)	ALTA
Tiempo medio de reparación (TMR)	ALTA
Horas ejecutadas según tipo de falla	ALTA

5.6.2 Diseño y desarrollo del prototipo

La interfaz y la base de datos supone un gran cambio ya que se debe añadir la lógica a la orden de mantenimiento para poder gestionar de manera adecuada los diferentes estados, pero el cambio en sí de mayor impacto viene por los procesos almacenados.

Figura 28

Resumen de la propuesta de base de datos para el sexto prototipo



En el caso del diseño de la interfaz se implementaron algunos botones nuevos, pero ya que el proceso almacenado que controla la lógica de no atender, reprogramar y algunas otras opciones que a la fecha de exposición del prototipo aun no estaban del todo configuradas, se mantuvo como invisible hasta su desarrollo completo en el próximo prototipo.

Figura 29*Vistazo al diseño para el sexto prototipo*

5.6.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, todas las funciones están implementadas a la fecha y la comunicación con otros módulos funciona como es esperado.

5.6.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 24 de agosto de 2024, en dicha reunión surgieron siete (4) requisitos que resulta necesarios implementar en el próximo prototipo.

5.6.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes y compatibilidades con módulos de costos.

5.7 Séptimo prototipo

5.7.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 14

Análisis de requisitos séptimo prototipo

Requisitos identificados	Prioridad
Pestaña de costos (materiales, mano de obra y costos directos). mostrar igual que en el formulario de subórdenes de producción	ALTA
Mostrar conceptos de las solicitudes de inventario en la pestaña de solicitudes de inventario	ALTA
Cuando se le de registrar a la orden de mantenimiento, se debe registrar el préstamo del activo fijo o herramienta al responsable de la orden	ALTA
Al completar la orden se debe preguntar a quién va devolverse la herramienta o activo fijo	ALTA

5.7.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Figura 30

Resumen de la propuesta de base de datos para el séptimo prototipo

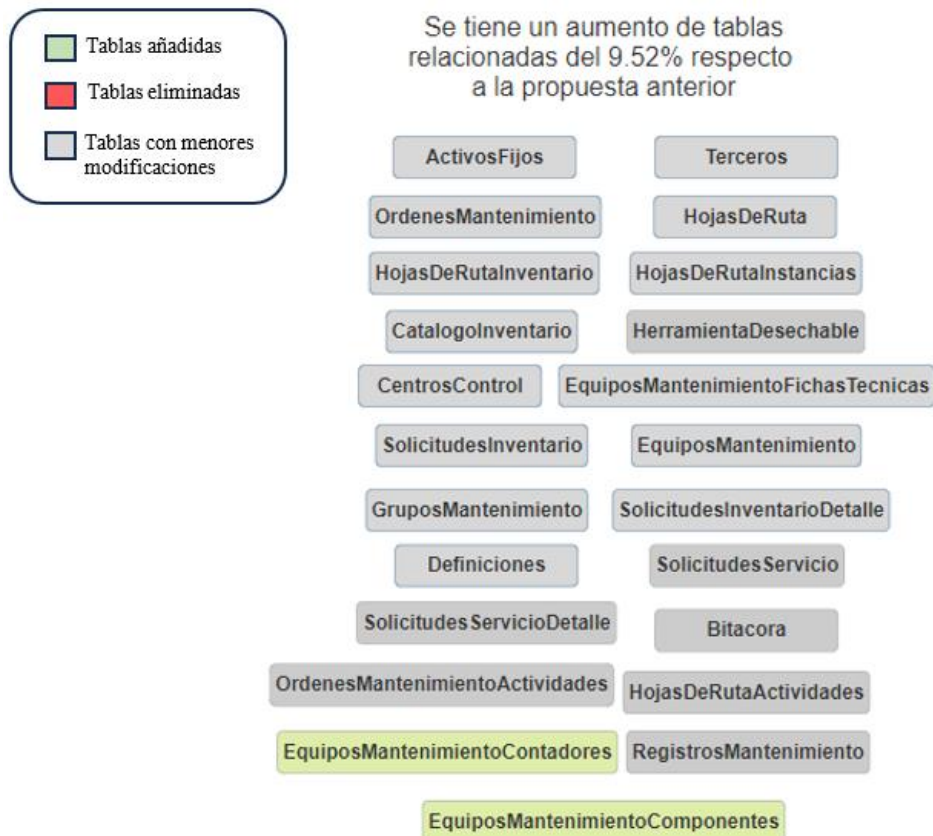


Figura 31*Vistazo al diseño para el séptimo prototipo*

Concepto	Detalle	Valor Detalle	Valor Concepto
MATERIALES			0
MANO DE OBRA			0
COSTOS DIRECTOS			0

Total Costos: 0

5.7.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, todas las funciones están implementadas a la fecha y la comunicación con otros módulos funciona como es esperado.

5.7.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 31 de agosto de 2024, en dicha reunión surgieron siete (7) requisitos que resulta necesarios implementar en el próximo prototipo.

5.7.5 Inicio de nuevo prototipo

En base a los resultados obtenidos de la exposición a usuarios finales se considera que es necesario el inicio de un nuevo prototipo para dar alcance a los requisitos emergentes y compatibilidades adicionales.

5.8 Octavo prototipo (FINAL)

5.8.1 Análisis de necesidades o requisitos

Tabla 15

Análisis de requisitos octavo prototipo

Requisitos identificados	Prioridad
Visualizar nombre de equipo en el indicador de proyección de Power BI	MEDIA
En la pestaña de solicitudes de servicios del formulario de OM, visualizar todos los documentos SE que se realizaron	ALTA
Días de antelación para los mantenimientos preventivos automáticos: 30 días Palmeras, 15 días metalmecánica	ALTA
Limpia imagen de equipo cuando se cambia de index en el formulario	MEDIA
Revisar el guardado de componentes de equipo	ALTA
Impresión de la OM en el formulario de OM	ALTA
Fecha de proyección de mantenimiento en Power BI a la real	ALTA

5.8.2 Diseño y desarrollo del prototipo

Se añadieron algunos botones, las funciones de cada uno se explican en los resultados

Figura 32

Vistazo al diseño para el octavo prototipo

The screenshot displays the 'Equipos' (Equipment) management interface. The main window shows the details for a specific piece of equipment, a Kubota tractor. The interface is divided into several sections:

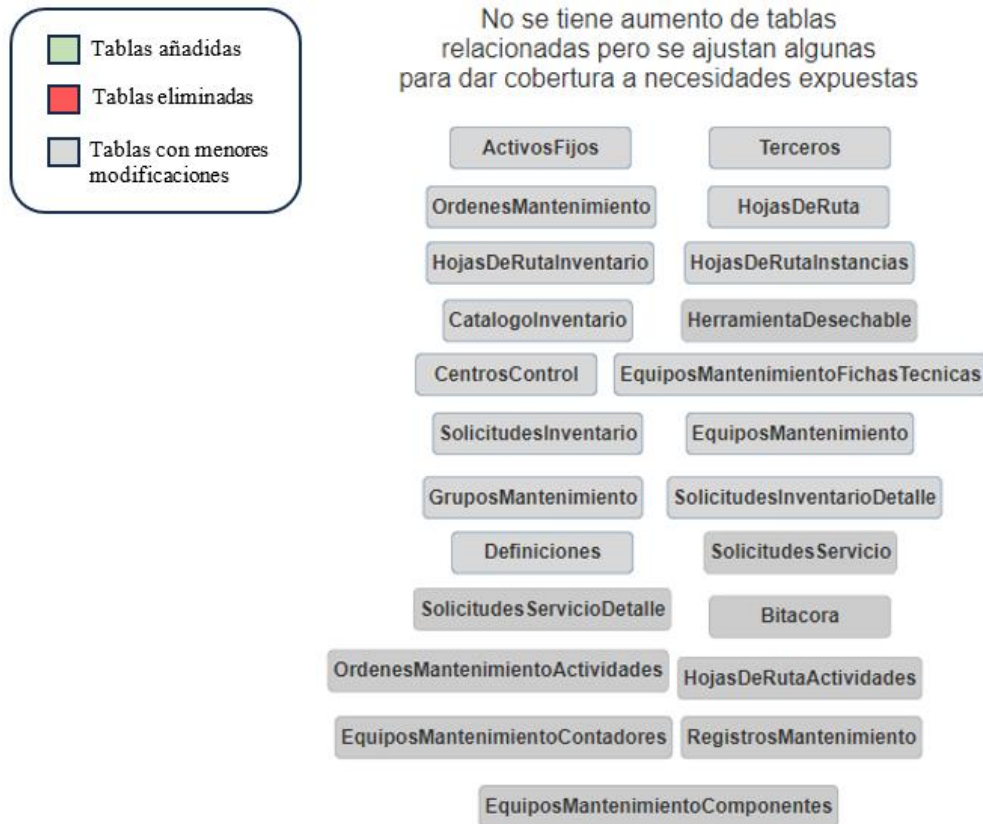
- Header:** Includes navigation buttons (Primero, Anterior, 25 de 28, Siguiente, Ultimo) and action buttons (Nuevo, Editar, Eliminar, Guardar, Cancelar, Actualizar, Registrar contador, Bloquear equipo, Desbloquear equipo, Adjuntos). A 'DESBLOQUEADO' status indicator is visible.
- Datos del grupo:** Fields for Nombre (Tractores), Código (EQP.TRA.001), and Descripción (Para realizar labores agrícolas).
- Datos del equipo:** Fields for Origen (Activo fijo), Código (TRA-704000), Nombre (TRACTOR KUBOTA #2 M-7040 DT # 71158), Ubicación (Cosecha), Uso acumulado (Días) (1.0000), and Manto por realizar (1).
- Ficha técnica y contadores:** A tabbed interface with 'Ficha técnica del equipo' selected. It contains a table for technical data and a table for additional counters.

Unidad del dato	Descripción o valor
Fabricante	-
Marca	-
Modelo	-
Serial	-

Acumulado	Inc. diario	Unidad del contador
0.0000	5.0000	Horas

Figura 33

Resumen de la propuesta de base de datos para el octavo prototipo



5.8.3 Refinar mediante pruebas

Se realizaron pruebas de carga de datos mediante la interfaz y se realizaron los ajustes necesarios, todas las funciones están implementadas a la fecha y la comunicación con otros módulos funciona como es esperado.

5.8.4 Exposición a usuarios finales

La exposición a los usuarios finales se dio en una reunión el día 2 de septiembre de 2024, en dicha reunión se presentó completa conformidad con el desarrollo propuesto.

5.8.5 Puesta en marcha

Se habilitó el módulo el mismo día para los usuarios con permisos.

6. Aclaraciones

6.1 Migración de datos

Para poder dar inicio con la puesta en marcha fue necesario llevar todo un proceso de migración de datos con los equipos a cargar módulo (los más relevantes), la información de los mantenimientos (fecha de últimos mantenimientos y contadores asociados) e información básica de las hojas de ruta, para lograr este proceso de manera correcta se diseñó una plantilla en Excel que facilitaba la carga de la información por parte de los operarios, para mayor detalle de requisitos identificados se puede revisar el apéndice A, Especificación de Requisitos del Software (SRS).

Figura 34

Vistazo a una de las plantillas suministradas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Nombre de la agrupación	Código de la agrupación (NO MODIFICAR NADA)	Familia	Descripción	Origen	Ubicación	Jedro de la agrupación	Código del Elemento (Activo Rip / herramienta)	Nombre	Contador	Unidad del contador	Incremento diario promedio del contador			
Contadores base	ESP-CORLAS-001	Contadores base	Ejemplo de descripción...	Activos base	Area TCD	ESP-CORLAS-001	SPA-COL-01	CORTADORA LASER TRAPFF L 3000-324V						
Contadores plasma	ESP-CORPLA-001	Contadores plasma	Ejemplo de descripción...	Activos base	Area TCD	ESP-CORLAS-001	SPA-COL-02	CORTADORA LASER TRILASER 1000 PFER 1.361						
Puentes guía	ESP-PUEGUI-001	Puentes guía	Ejemplo de descripción...	Activos base	Area TCD	ESP-CORLAS-001	SPA-COR-005	COALLA HERRALLA CIZALLA 3000 P 6.2000 MOTOR QUADRIWATE						
Tornos CNC	ESP-TORCNC-001	Tornos CNC	Ejemplo de descripción...	Activos base	Area TCD	ESP-TORCNC-001	SPA-COR-001	DOBILADORA VERTICAL TIGER HCE T-SWA SERIAL 2000						
Tornos convencionales	ESP-TORCON-001	Tornos convencionales	Ejemplo de descripción...	Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-COR-002	DOBILADORA HERRALLA						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-COR-003	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-COR-004	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-COR-005	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-01	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-02	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-03	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-04	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-05	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-06	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-07	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-08	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-09	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-10	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-11	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-12	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-13	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-14	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-15	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-16	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-17	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-18	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-19	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-20	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-21	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-22	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-23	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-24	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-25	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-26	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-27	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-28	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-29	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-30	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-31	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-32	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-33	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-34	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-35	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-36	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-37	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-38	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-39	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-40	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-41	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-42	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-43	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-44	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-45	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-46	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-47	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-48	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-49	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-50	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-51	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-52	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-53	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-54	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-55	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-56	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-57	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-58	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-59	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-60	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-61	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-62	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-63	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-64	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-65	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-66	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-67	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-68	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-69	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-70	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-71	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-72	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-73	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-74	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-75	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-76	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-77	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-78	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-79	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-80	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-81	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-82	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-83	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						
				Activos base	Area TCD	ESP-TORCON-001	SPA-MEC-84	DOBILADORA HERRALLA 40-3-30075						

6.3 Tabla CRUD por perfiles

El módulo de mantenimiento como tal cuenta con permisos especiales para cada una de sus pantallas, por ello será necesario identificar estos permisos de forma individual para cada de ellas. A continuación, los permisos asignados para la pantalla de equipos

Tabla 16

Tabla de permisos para la pantalla de equipos

Perfiles	Permisos
Dirección Administrativa	Ver
	Ver
	Crear
	Modificar
Administrador del Software y Líder de mantenimiento	Eliminar
	Imprimir
	Registrar contador
	Cargar imagen
	Bloquear / Desbloquear equipo

A continuación, los permisos asignados para la pantalla de hojas de ruta

Tabla 17

Tabla de permisos para la pantalla de hojas de ruta

Perfiles	Permisos
Dirección Administrativa	Ver
	Ver
	Crear
Administrador del Software y Líder de mantenimiento	Modificar
	Eliminar
	Imprimir

A continuación, los permisos asignados para la pantalla órdenes de mantenimiento

Tabla 18

Tabla de permisos para la pantalla de hojas de órdenes de mantenimiento

Perfiles	Permisos
Dirección Administrativa	Ver
Administrador del Software y Líder de mantenimiento	Ver
	Crear
	Modificar
	Eliminar
	Imprimir
	Completar
	Registrar
	Reversar
	No atender
	Reprogramar
	Adjuntar

A continuación, los permisos asignados para la pantalla indicadores

Tabla 19

Tabla de permisos para la pantalla de indicadores

Perfiles	Permisos
Dirección Administrativa, Administrador del Software y Líder de mantenimiento	Ver

Tabla 20

Tabla de permisos para la pantalla de hojas de reportes y consultas

Perfiles	Permisos
Dirección Administrativa, Administrador del Software y Líder de mantenimiento	Ver

7. Resultados del proyecto

7.1 Nuevo proceso del mantenimiento

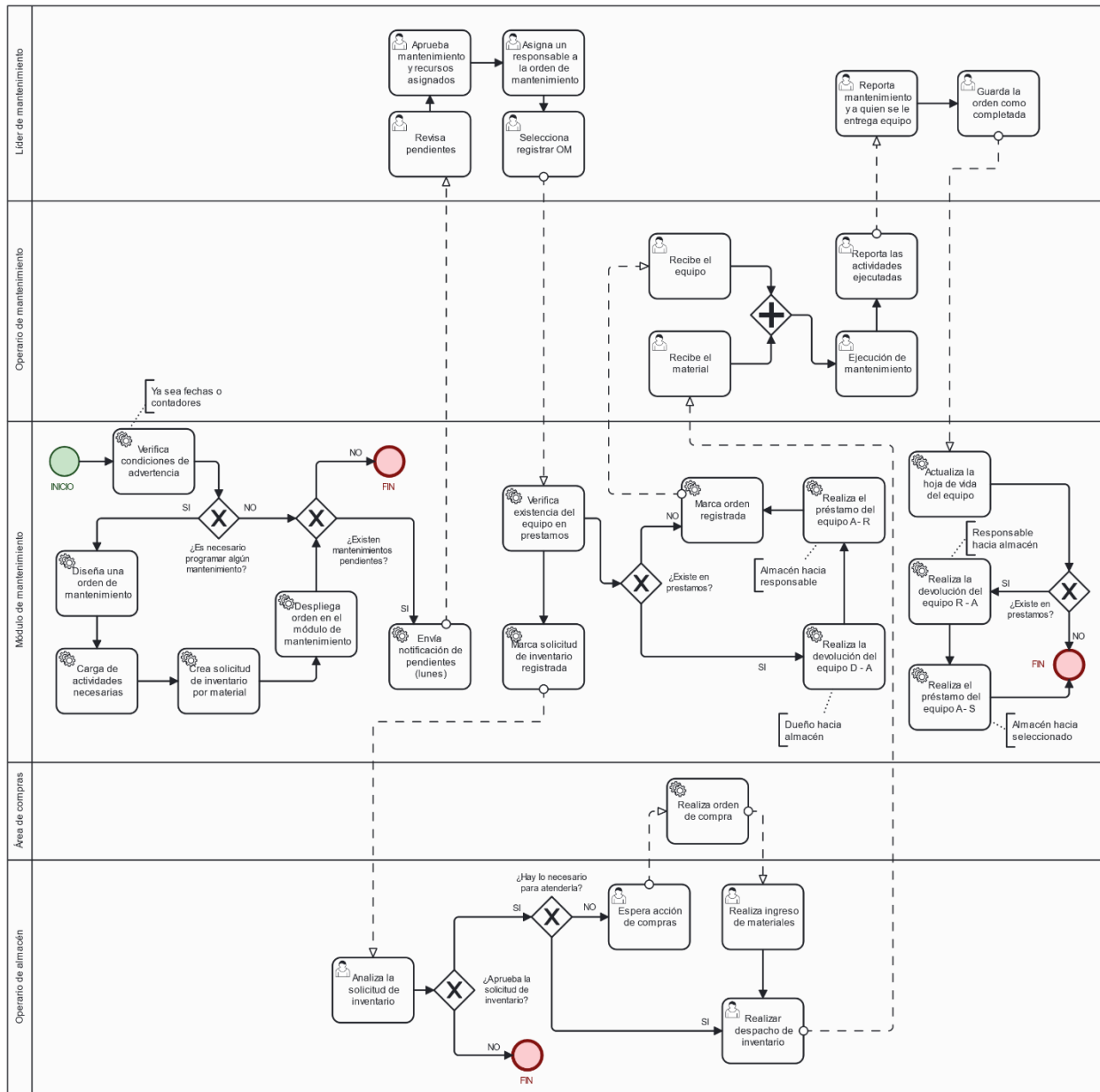
A continuación, se describe en detalle el proceso mediante modelado BPMN tras la implementación del módulo de mantenimiento, para visualizar el flujo de trabajo relacionado.

7.1.1 Proceso del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo fue el que se vio afectado de mayor manera, siendo un cambio completo al proceso anterior, automatizando gran parte de las tareas de varios actores.

Figura 37

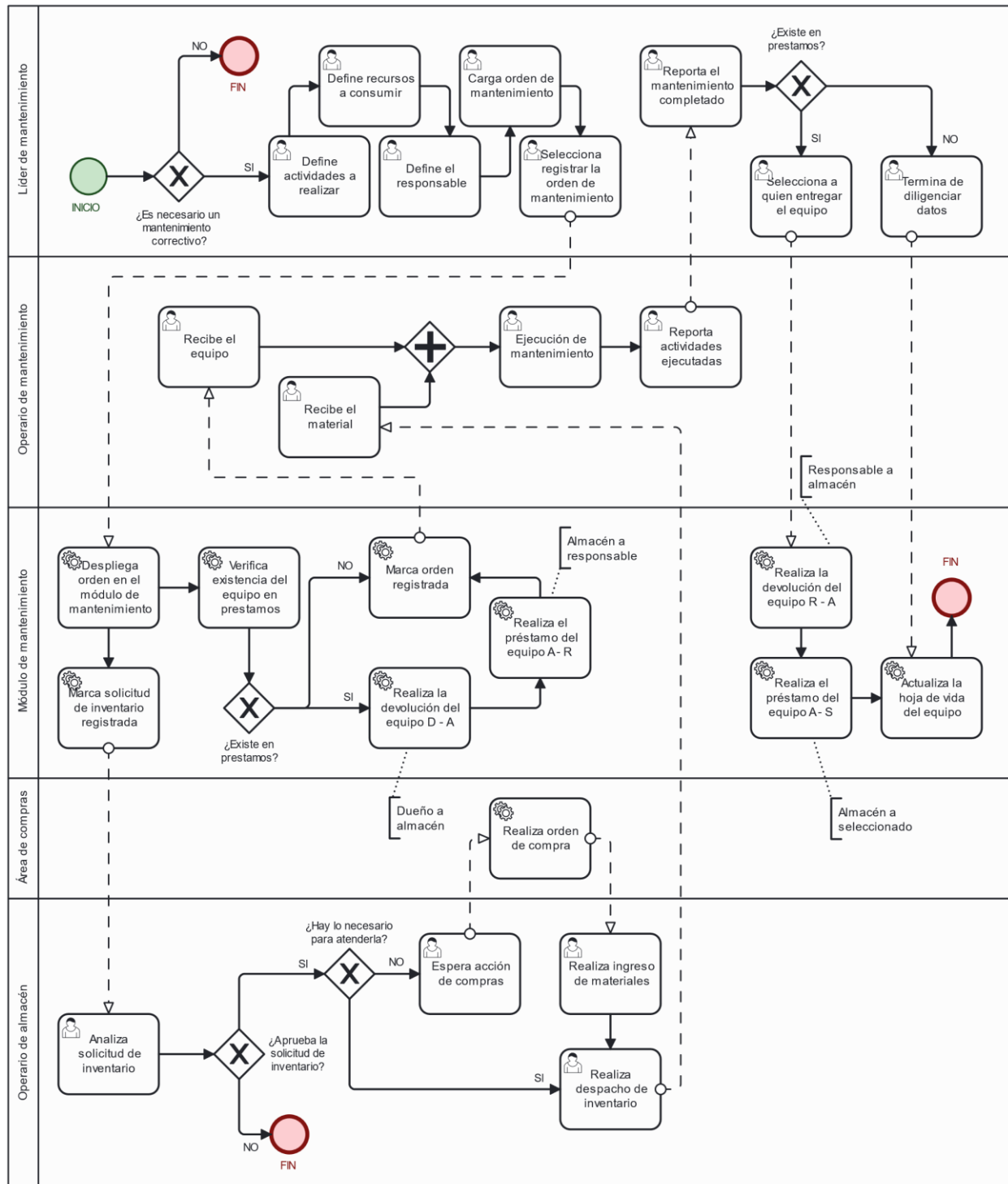
Modelo BPMN del nuevo proceso de mantenimiento preventivo



7.1.2 Proceso del mantenimiento correctivo

Figura 38

Modelo BPMN del nuevo proceso de mantenimiento correctivo



Para el proceso de mantenimiento correctivo, teniendo en cuenta que es un suceso que no se puede anticipar, requiere un poco más de intervención manual ya que tanto actividades como materiales tienen que cargarse manualmente, sin embargo, es una tarea bastante optimizada que se puede terminar en menos de un minuto.

7.2 Módulo de mantenimiento

El módulo de mantenimiento está compuesto por varias pantallas o secciones, diseñadas para gestionar y presentar toda la información necesaria para su correcto funcionamiento. Esta información se organiza en cuatro grandes categorías: “Equipos”, “Hojas de ruta”, “Órdenes de mantenimiento” e “Información”. La sección de “Información” se subdivide en “Indicadores” y “Reportes y consultas”. El módulo también incluye un logotipo que mantiene la esencia de Metalsoft ERP. Los requisitos de diseño del logotipo incluyeron consideraciones de color y tamaño; su tamaño final es de 32x32 píxeles. Para garantizar la calidad, el logotipo fue originalmente diseñado a 330x330 píxeles y luego reducido utilizando herramientas en línea que permiten redimensionar (“resize”) imágenes. A continuación, se puede observar el color del logo.

Figura 39

Requisito de color para el logo



Nota. Tomada de selector código color, Site24x7

Como se menciona anteriormente el logotipo del módulo de mantenimiento busca mantener la esencia de Metalsoft ERP a la vez que reflejar la intención del módulo en sí.

Figura 40

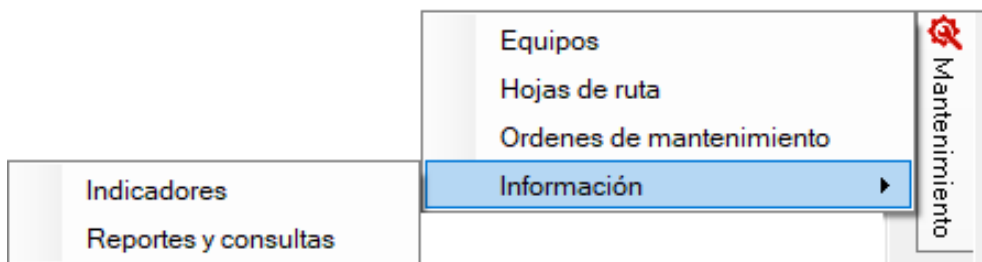
Logo del módulo de mantenimiento



Por otra parte, el diseño para acceder al módulo de mantenimiento se conserva al igual que todas las demás usando un menú lateral que despliega las opciones mediante los índices cargados.

Figura 41

Menú de acceso al módulo de mantenimiento



7.2.1 Programación automática de mantenimientos preventivos

El módulo de mantenimiento cuenta con una función central que se enfoca en programar de manera automática los mantenimientos preventivos, basándose en los datos proporcionados del último mantenimiento realizado y en la configuración de las hojas de ruta. Estas hojas de ruta establecen la frecuencia con la que deben realizarse los mantenimientos según el tipo de equipo, permitiendo al sistema calcular cuándo debe programarse cada mantenimiento preventivo. Este cálculo se realiza tomando en cuenta el incremento diario promedio de uso de contadores como son horómetros o kilometraje, lo que permite una programación precisa y eficiente.

El sistema es lo suficientemente flexible para adaptarse a cambios en tiempo real. Si durante el período de espera para el próximo mantenimiento el usuario registra un nuevo valor de contador, el sistema recalcula automáticamente la fecha del próximo mantenimiento. De esta manera, el mantenimiento se ajusta continuamente al uso real del equipo, garantizando que se realicen de manera oportuna, evitando tanto mantenimientos innecesarios como retrasos que podrían afectar la operación del equipo.

Es importante mencionar que, según el nivel de detalle con el que el operario haya diseñado y diligenciado la hoja de ruta, la programación automática de los mantenimientos puede incluso simplificar aún más el proceso, evitando la necesidad de ingresar manualmente actividades y la carga de materiales a la orden de mantenimiento. Esto se debe a que una hoja de ruta bien estructurada incluye no solo las frecuencias de mantenimiento, sino también las tareas específicas que deben realizarse y los materiales necesarios para cada intervención.

De esta manera, cuando el sistema programa automáticamente un mantenimiento, ya cuenta con toda la información necesaria sobre las actividades y los recursos a utilizar, eliminando la necesidad de que el usuario realice entradas adicionales. Esto no solo optimiza la gestión del

mantenimiento, sino que también mejora la planificación del inventario, asegurando que los materiales necesarios estén disponibles sin requerir una carga manual. Así, se reduce la carga administrativa y se agiliza el proceso de mantenimiento preventivo, permitiendo un flujo más eficiente desde la planificación hasta la ejecución. En resumen, el módulo ofrece una solución integral para la gestión de mantenimientos, optimizando los tiempos y adaptándose dinámicamente al uso registrado de los equipos.

La función de programación automática, implementada en SQL como un procedimiento almacenado, se divide en dos segmentos principales que utilizan un “*cursor*” para gestionar la planificación de los mantenimientos. El primer segmento, denominado “segmento de identificación” para mayor claridad en su referencia, tiene la tarea de identificar qué mantenimientos deben programarse. Para lograrlo, el sistema revisa la tabla donde se almacenan los datos del último mantenimiento realizado. Además, verifica si ya existe una orden de mantenimiento activa en la que tanto el equipo como la hoja de ruta coincidan. Si se encuentra una orden en curso que aún no ha sido cerrada, el sistema evita programar un nuevo mantenimiento con la misma hoja de ruta para ese equipo. Esto asegura que no se generen mantenimientos duplicados o innecesarios, incluso cuando el mantenimiento programado esté retrasado. De esta forma, se mantiene un control eficiente sobre las instancias de mantenimiento, evitando la sobresaturación de órdenes abiertas para el mismo equipo. El segundo segmento, denominado “segmento de programación”, almacena en un cursor el resultado de la consulta del segmento de identificación. A partir de ese cursor, comienza a programarse el mantenimiento, asegurando que la variable booleana del cursor, “ExisteOM”, esté en “*False*”. Esta variable indica si ya existe una orden de mantenimiento para la combinación exacta de equipo y hoja de ruta. Una vez verificado, el sistema determina si la fecha actual coincide con la fecha de advertencia, calculada en base a

frecuencias e incrementos diarios. Si se da esta coincidencia, se procede a programar la orden de mantenimiento bajo el nombre "Orden de mantenimiento creada automáticamente" y se asigna como responsable al usuario con ID "00000000", con el fin de manejar los datos que no pueden almacenarse como nulos debido al diseño de la base de datos.

A continuación, podemos observar una orden de mantenimiento creada automáticamente mediante la función anterior para el tractor número once (11) y con la hoja de ruta de 1000 horas.

Figura 42

Ejemplo de orden de mantenimiento automática

Ordenes de mantenimiento

Primero Anterior 1 de 24 Siguiente Último

Nuevo Editar Anular Guardar Cancelar Actualizar No atender Registrar Completar Reprogramar Adjuntos Imprimir

Nombre: ORDEN DE MANTENIMIENTO CREADA AUTOMÁTICAMENTE Observaciones: **OM:2024-00024**

Grupo: Tractores Responsable asignado: AAA - AAA AAA TERCERO SIN IDENTIFICAR AAA Ejecución de actividades (%): Fecha de lanzamiento: 09-09-2024

Equipo: TRACTOR #11 M-108 DT Tipo de mantenimiento: PREVENTIVO Contador reportado: Unidad del contador: Horas Tiempo estimado (Hrs): 5.0000 Tiempo gastado (Hrs): Fecha de registro:

Hoja de ruta: Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas Nombre de la falla: Tipo de falla: Fecha de cierre:

Información general Actividades Solicitudes de inventario Solicitudes de servicio Actividades del último mantenimiento Costos Totales Bitácora Ordenes de mantenimiento

Actividades propuestas para este mantenimiento Porcentaje de ejecución completada: 0 %

#	Actividad	Id Componente	Componente afectado	Relevancia	Completado	Observaciones
1	Cambio de aceite hidraulico			20.0000	<input type="checkbox"/>	
2	cambio de valvulina			20.0000	<input type="checkbox"/>	
3	revisión de bomba del hidraulico			20.0000	<input type="checkbox"/>	
4	revisión del alce de los brazos del hidraulico			20.0000	<input type="checkbox"/>	
5	revisión del toma fuerza			20.0000	<input type="checkbox"/>	

7.2.2 Notificación de mantenimientos pendientes

De mano con la función anterior y con una lógica similar, de hecho, implementada en el mismo proceso almacenado, esta función se encarga de automatizar el proceso de notificación de mantenimientos pendientes. Su funcionamiento se basa en qué tras programar los mantenimientos, si el día de la ejecución es lunes, la función envía un correo electrónico a los responsables del área de mantenimiento. Este correo contiene una lista detallada de todos los mantenimientos que aún

no han sido cerrados. Además, proporciona información clave sobre cada mantenimiento, incluyendo el retraso acumulado o, en su defecto, el tiempo de antelación que queda en relación con la fecha en que se envía el correo. Esto permite que los responsables puedan tener una visión clara del estado actual de las tareas de mantenimiento y puedan priorizar o reasignar recursos según sea necesario. El envío del correo electrónico se gestiona a través de un procedimiento almacenado en SQL Server que utiliza la funcionalidad de *Database Mail*. Este procedimiento permite enviar correos electrónicos desde el servidor de bases de datos mediante el protocolo SMTP, lo que ofrece varias opciones, como la posibilidad de incluir archivos adjuntos, personalizar el formato en HTML y enviar el mensaje a múltiples destinatarios. Este enfoque automatizado asegura que el equipo de mantenimiento se mantenga informado en tiempo real sobre los trabajos pendientes, lo que mejora la eficiencia operativa, facilita la planificación y ayuda a evitar la acumulación de retrasos en las tareas programadas.

A continuación, podemos observar un ejemplo del correo de notificación enviado a los líderes de mantenimiento en el cual se resumen los mantenimientos pendientes a la fecha.

Figura 43

Ejemplo de notificación automática

Notificación de mantenimientos [16-09-2024] ▶

 **.:METALSOFT:. Alertas** <mmtc.alertas@gmail.com>
para mí, guillermmodaza2109 ▼

ORDEN DE MANTENIMIENTO	FECHA DE LANZAMIENTO	CONTROL DE FECHAS
OM:2024-00004	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20
OM:2024-00005	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20
OM:2024-00006	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20
OM:2024-00007	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20
OM:2024-00008	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20
OM:2024-00011	27/08/2024	DIAS DE ATRASO : 20

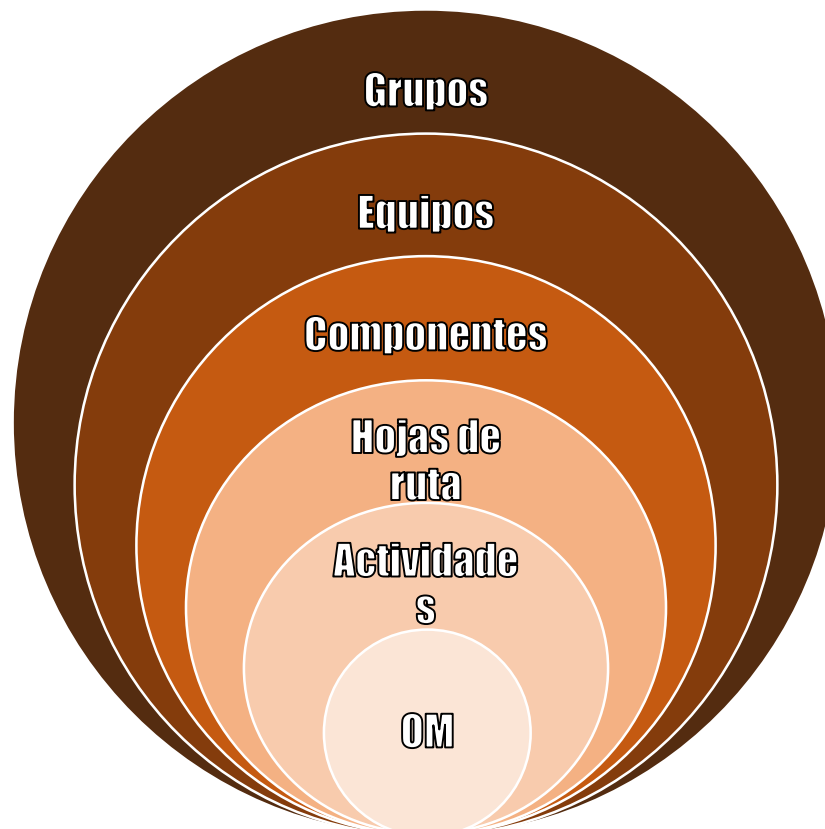
Nota. Tomada de Gmail (No representa datos reales)

Para comprender adecuadamente el orden dispuesto a las secciones del módulo de mantenimiento, es esencial entender que el módulo está diseñado siguiendo una secuencia lógica de información. Esta secuencialidad implica que la información debe presentarse en un orden específico: primero debe establecerse la base (A), luego se desarrolla el siguiente componente (B), y así sucesivamente hasta llegar a (C). Este enfoque garantiza que cada etapa del proceso se construya sobre la anterior, proporcionando una estructura coherente y fluida.

A continuación, se ofrece una explicación detallada de la estructura implementada en el módulo de mantenimiento, que sigue esta secuencia lógica para asegurar una comprensión clara y efectiva de cómo se interrelacionan las diferentes secciones.

Figura 44

Estructura del módulo de mantenimiento














Como se puede observar en la estructura del módulo, esta sigue un orden lógico hasta llegar a la orden de mantenimiento (OM). En primer lugar, es necesario definir los grupos de mantenimiento, luego cargar los datos referentes al equipo. Este paso asegura que toda la información relevante sobre el equipo esté disponible y actualizada. Si es necesario, también se definen o crean los componentes asociados al equipo, lo que permite una gestión detallada y específica de cada parte del mismo. Con los grupos, equipos y componentes establecidos, se procede al diseño de las hojas de ruta. En esta fase, las actividades son el eje principal, ya que son las tareas específicas que deben realizarse para mantener el equipo en condiciones óptimas. La hoja de ruta proporciona un plan detallado que guía el proceso de mantenimiento, asegurando que todas las actividades se lleven a cabo de manera ordenada y eficiente. Finalmente, toda esta información integrada y estructurada es la que da sentido a la orden de mantenimiento. Cada componente y actividad se interrelaciona para formar un plan de mantenimiento cohesivo que facilita las tareas de mantenimiento.




7.3 Sección de equipos

La sección de equipos como se menciona de forma implícita anteriormente, se encarga de agrupar toda la información referente a los equipos, pero adicional a ello, esta sección se encarga de diseñar los grupos y asociarles equipos, así como de poner en disposición del usuario información de suma utilidad que facilita su trabajo.

7.3.1 Funciones

Para detallar las funciones de la sección de equipos estas se van a dividir en dos tipos, las implícitas y las explícitas, para el caso de las funciones explícitas, tenemos aquellas que directamente mediante los botones en la interfaz sabemos que existen. La sección de equipos en total cuenta con catorce (14) tipos de botones. El primero de ellos, el botón  **Nuevo** habilita la

interfaz para que el usuario pueda crear grupos, vincular equipos o ambos, puede cargar información referente a componentes, ficha técnica y contadores, el botón de  Editar habilita la interfaz para que el usuario pueda editar datos ya sea del grupo o del equipo, pero bloquea cierta información clave que no debe poderse editar, el botón  Eliminar tiene según el momento en que se selecciona dos funciones, la primera es desvincular el equipo del grupo y la segunda es eliminar el grupo totalmente, esto depende de si el grupo aún tiene, o no, equipos vinculados, luego el botón  Guardar se encarga de guardar el registro nuevo o los cambios, este botón se habilita cuando el usuario está en modo edición o creación, el botón  Cancelar similar al botón guardar, se habilita únicamente cuando el usuario se encuentra en modo de creación y edición y su objetivo es descartar los cambios ingresado y salir del modo edición o creación, el botón de  Actualizar se enfoca en, valga la redundancia, actualizar la información que se está desplegando en la interfaz por si ha sido sujeto de alguna modificación mientras el usuario estaba visualizándola, el siguiente, el botón de  Registrar contador es una función única de los equipos que permite al usuario registrar todos los contadores de un equipo (Horómetros, Kilometrajes, Usos), añadir una observación y fecha del datos para cuestiones de control y proyecciones dinámicas del mantenimiento, a continuación, los botones de  Bloquear equipo y  Desbloquear equipo como su nombre lo indica tienen el objetivo de fijar un estado de “Bloqueado” o “Desbloqueado” que a fines prácticos lo que hace es programar o no el mantenimiento a un equipo específico dependiendo del estado de este, para que así si un equipo se determina guardar o se da de baja se pueda bloquear y no se generen mantenimiento sin sentido para este equipo, el botón de  Adjuntos tiene como función permitir al usuario adjuntar todo tipo de documentos, manuales, fotografías, recibos y en general varios tipos de documentos al equipo en sí, esto para centralizar la información de este y tenerla accesible para todos, el botón de  se usa para cargar la imagen del equipo, esto se decidió implementar de esta manera debido

a que a la hora de cargar la imagen en la interfaz se debe consumir un servicio web, el cual tiende a ser un poco lento, por lo tanto cargarla de forma automática retrasaría demasiado la navegación en el módulo, es importante mencionar que este botón tiene una doble función, la primera como ya se mencionó es cargar la imagen desde el servicio web, la segunda es mostrar la imagen desde una base de datos implementada específicamente para el módulo de mantenimientos, esto pensado para los activos de tipo herramienta que no cuentan con imágenes en el servicio web, de mano con lo anterior el botón  permite al usuario subir una imagen a esta base de datos para posterior visualización, cabe aclarar que si el equipo en cuestión cuenta con una imagen en el servicio web se prioriza está por sobre la almacenada en la base de datos de imágenes de mantenimiento, por último los botones de  y  son usados para cargar información y borrarla respectivamente, estos no modifican registros, simplemente cargar información para ediciones o creaciones.


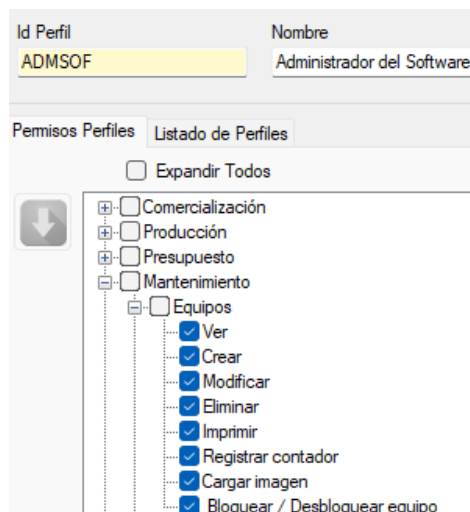
Cabe mencionar que algunos de estos botones solamente están disponibles si el usuario cuenta con los permisos respectivos, por ejemplo, para el botón de  Registrar contador el usuario debe contar con el permiso de “Registrar contador” como se observa a continuación.

Figura 45

Vistazo a la interfaz de permisos para Metalsoft ERP



En el análisis de funciones implícitas, se revisará la interfaz del módulo para identificar funciones que no son evidentes a simple vista. Se detallará cómo acceder a estas funciones y se explicará su propósito y cómo contribuyen al funcionamiento general del módulo. La primera de estas funciones es cargar la ficha técnica, el módulo proporciona la capacidad de cargar tantos datos del equipo como se requieran para permitirle al usuario consultarlos de manera sencilla.

Figura 46

Vistazo a ficha técnica de un camión cargado en el módulo

Ficha técnica del equipo		
	Unidad del dato	Descripción o valor
▶	Capacidad	25 Toneladas
	Fabricante	-
	Marca	INTERNATIONAL
	Modelo	7600
	Motor	Diesel
	Placa	TTT - 600
	Potencia	600 HP
	Serial	3HTWYAHT5FN716810

Entre las funciones de la sección equipos también es importante resaltar la función de contadores, esta se compone como tal de tres (3) puntos clave, el primero es la visualización de los contadores del equipo, aquí podemos ver incrementos diarios, acumulados y las unidades.

Figura 47

Vistazo a contadores del equipo

Contadores adicionales del equipo			
	Acumulado	Inc. diario	Unidad del contador
▶	0.0000	6.5000	Horas

El segundo es el historial de registros, en este se lleva un historial completo de todos los registros realizados a los contadores del equipo en cuestión, ya sea por órdenes de mantenimiento o por registros manuales realizados al actualizar la información del acumulado en contadores.

Figura 48

Vistazo al historial de registros

Registros de los contadores							Unidad del contador: [Todos]
Código equipo	Unidad del contador	Contador	Fecha	Usuario	Observacion		
CAM-TTT 600	Horas	21863.0000	15/08/2024	DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES	Primera carga de contadores		


Y por último como función relacionada a los contadores tenemos el registro de contadores, este se activa cuando el usuario hace clic sobre el botón  Registrar contador y tiene como fin dar registro al contador específico de los presentes en el equipo, como se muestra a continuación.

Figura 49

Vistazo al registro de contador

Registro de contadores

Grupo del contador
Camiones

Equipo del contador
CAMION TTT 600 INTERNATIONAL WORKSTAR

Observacion del registro

Contador actual

Contador seleccionado
Horas

11-09-2024

En la figura anterior podemos ver que al registrar el contador debemos ingresar el contador actual, la fecha del dato, especificar el contador seleccionado y dar una observación si es necesario. Ahora en términos de otra función que añade la sección de equipos, tenemos la vinculación de componentes al equipo, desde aquí podemos añadir activos fijos o componentes de ingreso manual para poder realizar un despiece al equipo y así, si se considera necesario, poder controlar más a detalle exactamente que componente se intervino y de qué manera en cada mantenimiento.

Figura 50

Vistazo al listado de componentes

Código del componente	Nombre	Descripcion
MOT-BAR-HIF-10H-AUT	MOTOBOMBA BARNES MOTOR HI FORCE 10 HP AUTOCEBANTE	Usada en en campo

A continuación, podemos observar cómo luce la interfaz cuando deseamos cargar un componente al equipo, esta interfaz se despliega al presionar el botón de búsqueda en cada celda del listado.

Figura 51

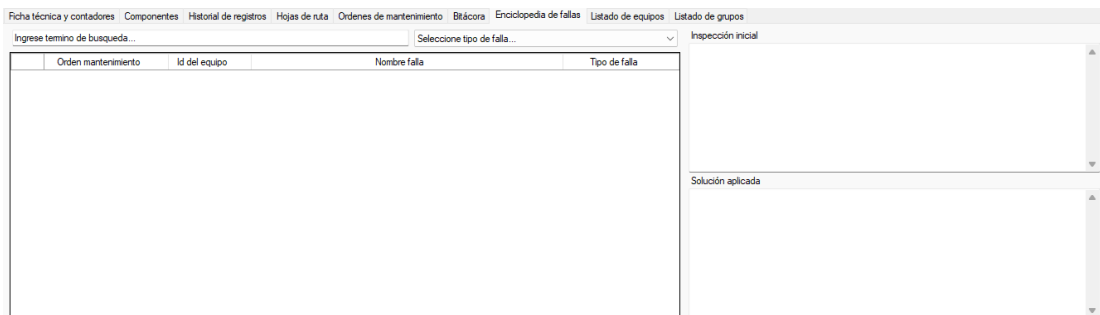
Vistazo a la interfaz de carga de componentes

Código activo fijo	Nombre del activo fijo	Descripcion
CIN-COR-PAL-STH-HP-C	CINCEL CORTADORA DE PALMA STHL PC70	Usada en en campo
COR-PAL-STH-HP-C70	CORTADORA DE PALMA STHL PC70 #1	
COR-PAL-STH-HP-C70-002	CORTADORA DE PALMA STHL PC70 #2 (HERRAMIENTA)	
COR-PAL-STH-HP-C70-001	CORTADORA DE PALMA STHL PC70 #1 (HERRAMIENTA)	
COR-ROT01	CORTAMALEZA ROTATIVA ALCE HIDRAULICO	
COR-YOM01	CORTAMALEZA YOMEL REF. 1021	

Otra función que ofrece la sección de equipos es denominada “Enciclopedia de fallas” esta cumple como una Intranet o Base de datos de soluciones, en resumen, se encarga de compilar la información de todas las fallas reportadas para que el usuario pueda buscar ya sea por palabras claves o por tipologías de falla situaciones similares, de esta forma puede informarse de la inspección inicial dada por el operario de esa orden y un relato de cómo lo solucionó, aunque si bien al principio va a ser una información muy mínima con el tiempo puede llegar a ser una fuente muy fiable de información que optimice aún más el proceso de mantenimiento.

Figura 52

Vistazo a la enciclopedia de fallas

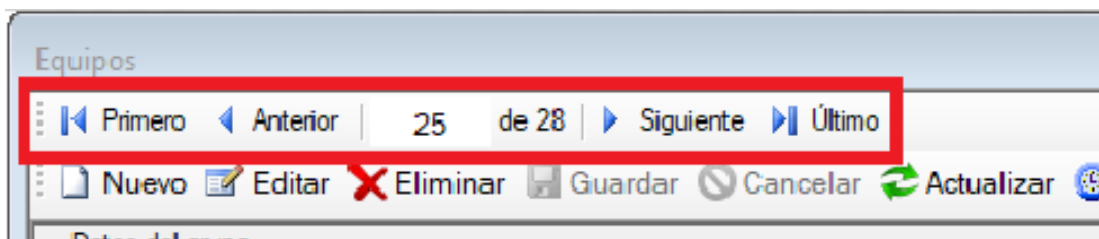


7.3.2 Interfaz

La interfaz de la sección equipos y en casi todo el ERP se compone lo siguientes elementos: “Binding” de equipos, este proporciona una forma sencilla de navegar entre los ítems importantes de cada pantalla, para el caso de la sección equipos el “Binding” navega entre grupos.

Figura 53

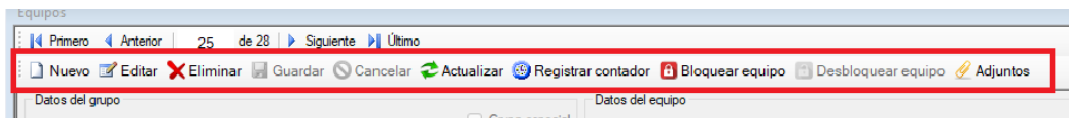
Binding de equipos



Botones principales, cayendo en redundancia aquí se agrupan los botones o funciones principales de la sección equipos, por decirlo de otra manera, las funciones explícitas que ofrece el módulo, estos botones son dinámicos y se activan según permisos o estados.

Figura 54

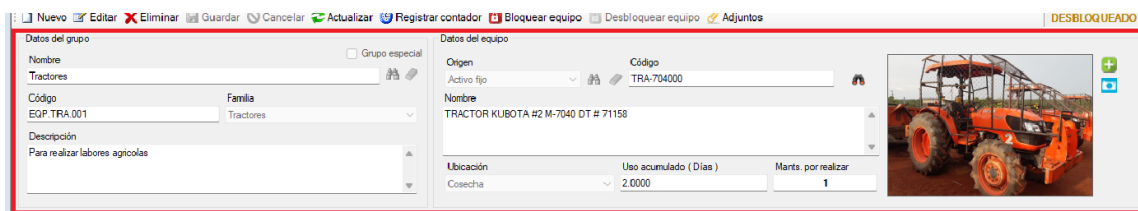
Botones principales sección equipos



Datos generales, aquí se muestra el grupo seleccionado en el momento y la información referente a él, como puede ser nombres, códigos, imágenes, descripciones, etc.

Figura 55

Datos generales sección equipos



Datos específicos, aquí se muestra la información concisa respecto al equipo y/o grupo seleccionado en los datos generales, los datos específicos tienen, al menos en la sección de equipos nueve (9) subsecciones, entre ellos, Ficha técnica y contadores, Componentes, Historial de registros, Hoja de ruta, Ordenes de mantenimiento, Bitácora, Enciclopedia de fallas, Listado de equipos y Listado de grupos.

Ficha técnica y contadores, como su nombre lo indica es la subsección encargada de administrar los datos de la ficha técnica y de los contadores asociados a dicho equipo, componentes se encarga de administrar, valga la redundancia, todos los componentes del equipo, Historial de registros muestra todos los registros realizados a los contadores, de igual modo Hojas de ruta

muestra aquellas relacionadas al equipo, Ordenes de mantenimiento de igual manera, Bitácora muestra acciones realizadas sobre el equipo y/o grupo seleccionado, quien la ejecutó y cuando, esto con fines de seguimiento y auditabilidad, Enciclopedia de fallas sintetiza la información de todas las fallas que se han presentado en este equipo, permite buscar por palabras clave o tipologías de falla y según la orden de mantenimiento seleccionada permite visualizar la inspección inicial y la solución dada, esto con fines de agilizar o apoyar el mantenimiento en casos que para el operario en cuestión resulten complicados, Listado de equipos muestra todos los equipos del grupo seleccionado y por último, Listado de grupos muestra todos los grupos creados.

A continuación, un vistazo completo de la interfaz diseñada para la sección equipos.

Figura 56

Sección equipos, ficha técnica y contadores

The screenshot displays the 'Equipos' (Equipment) management interface. It features a top navigation bar with options like 'Nuevo', 'Editar', 'Eliminar', 'Guardar', 'Cancelar', 'Actualizar', 'Registrar contador', 'Bloquear equipo', 'Desbloquear equipo', and 'Adjuntos'. The main area is divided into several sections:

- Datos del grupo:** Includes fields for 'Nombre' (Camiones), 'Código' (EQP.CAM.001), 'Familia' (Camiones), and 'Descripción' (Para transporte de fruto).
- Datos del equipo:** Includes 'Origen' (Activo fijo), 'Código' (CAM-TTT 600), 'Nombre' (CAMION TTT 600 INTERNATIONAL WORKSTAR 7600 BLANCO), 'Ubicación' (Transporte de fruto), 'Uso acumulado (Días)' (2.0000), and 'Mants. por realizar' (1). A small image of a truck is shown on the right.
- Ficha técnica y contadores:** A tabbed interface with the following data:

Unidad del dato	Descripción o valor
Capacidad	25 Toneladas
Fabricante	-
Marca	INTERNATIONAL
Modelo	7600
Motor	Diesel
Placa	TTT - 600
Potencia	600 HP
Serial	3HTWYAH75FN716810
- Contadores adicionales del equipo:** A table with columns for 'Acumulado', 'Inc. diario', and 'Unidad del contador'.

Acumulado	Inc. diario	Unidad del contador
21863.0000	6.5000	Horas

En la figura anterior podemos observar como para el grupo de camiones y para el equipo con código "CAM-TTT-600" se tiene una ficha técnica con ciertos datos muy específicos como la capacidad o el tipo de motor, de igual modo los contadores creados para este equipo (Horómetro).

Figura 57

Sección equipos, componentes

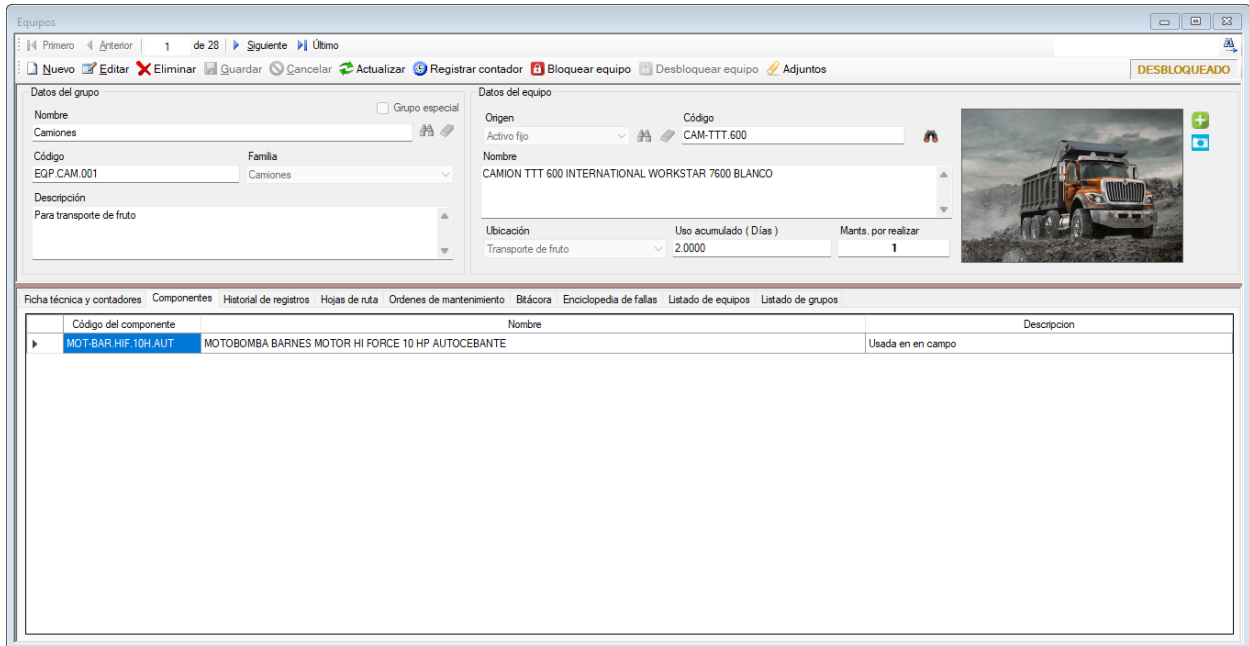


Figura 58

Sección equipos, historial de registros

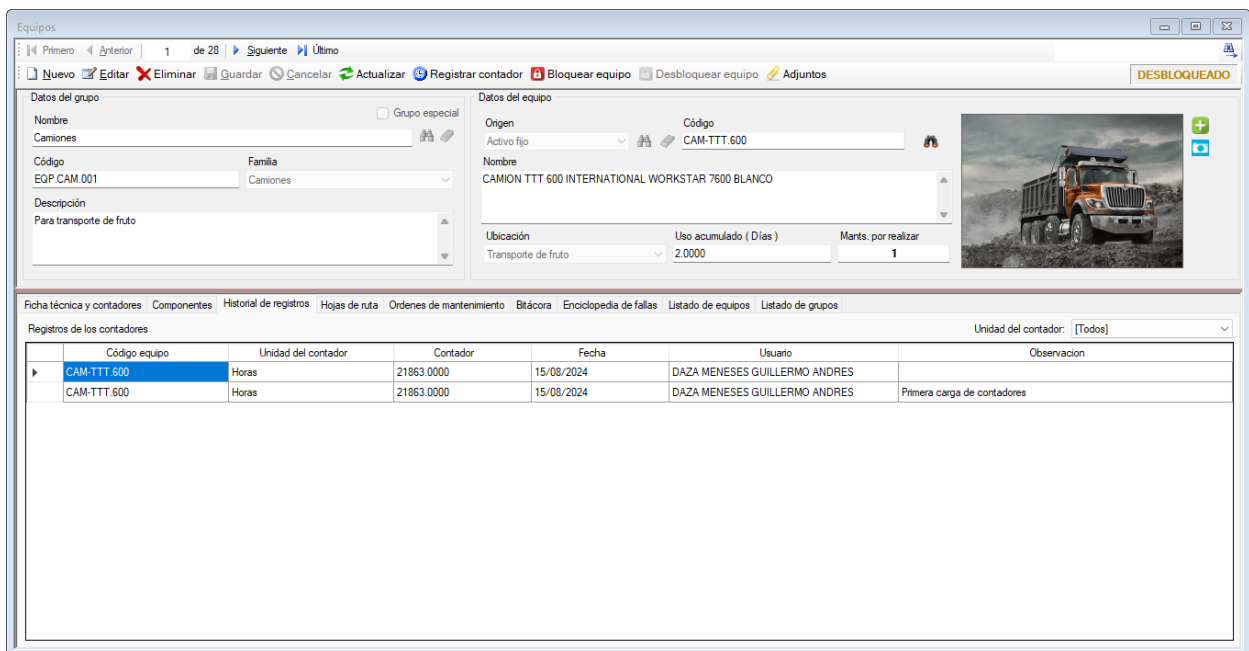


Figura 59

Sección equipos, hojas de ruta

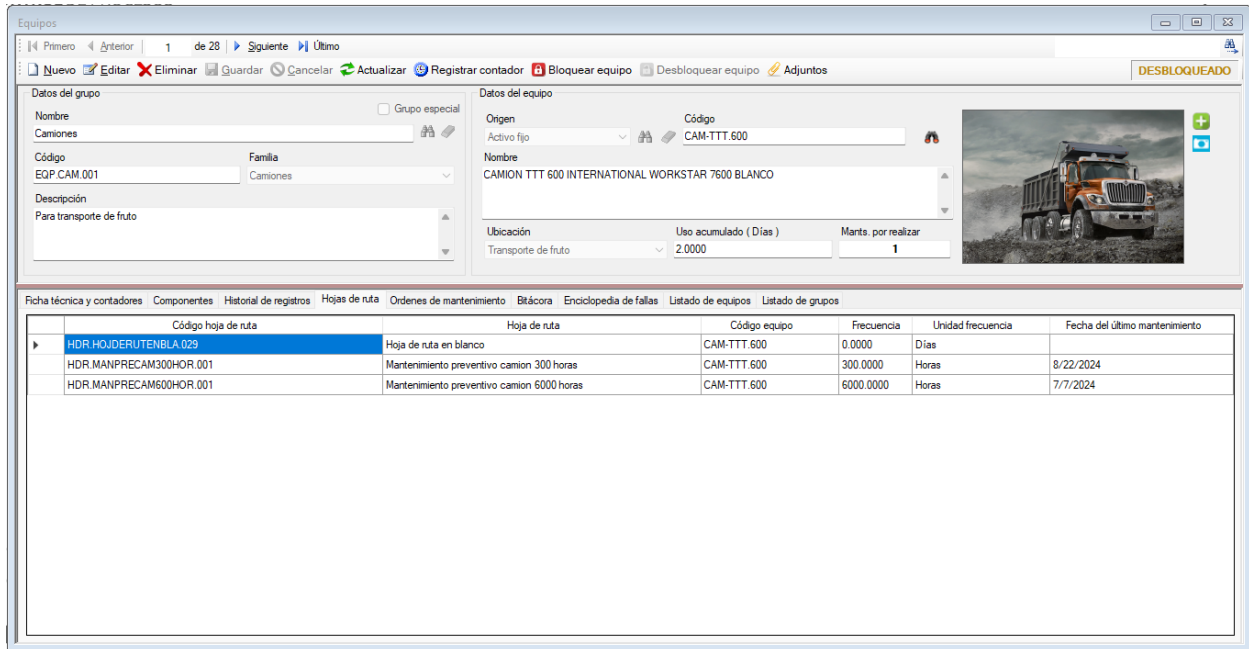


Figura 60

Sección equipos, ordenes de mantenimiento

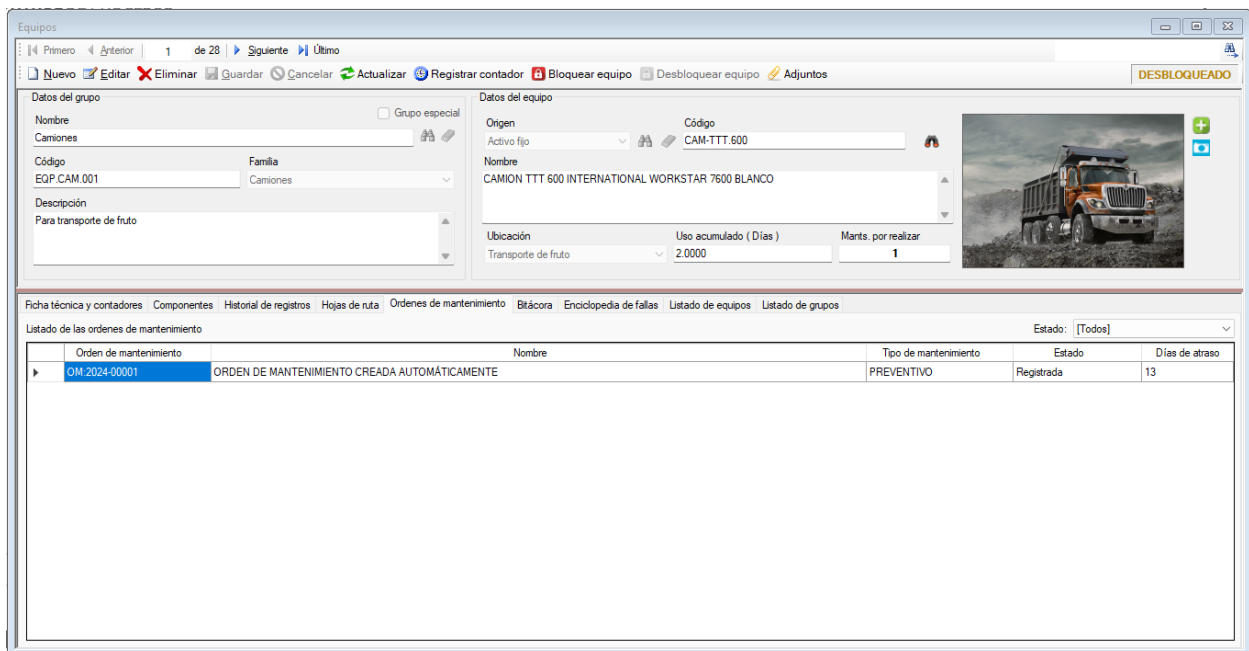


Figura 61

Sección equipos, bitácora

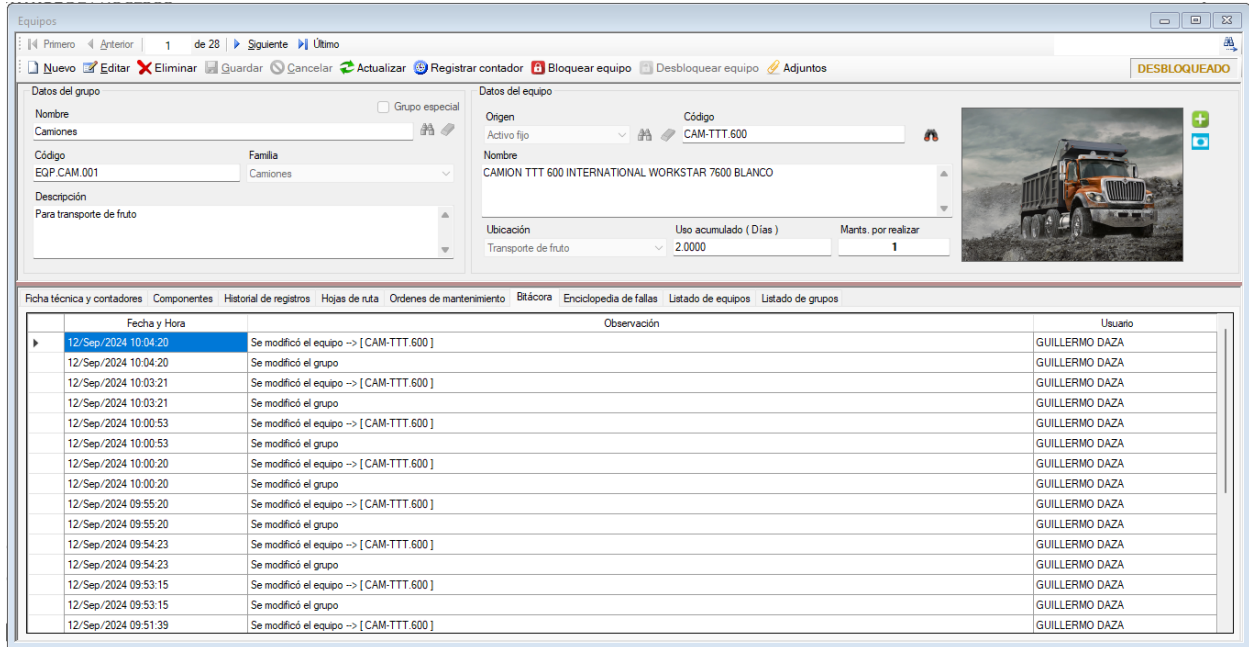


Figura 62

Sección equipos, enciclopedia de fallas

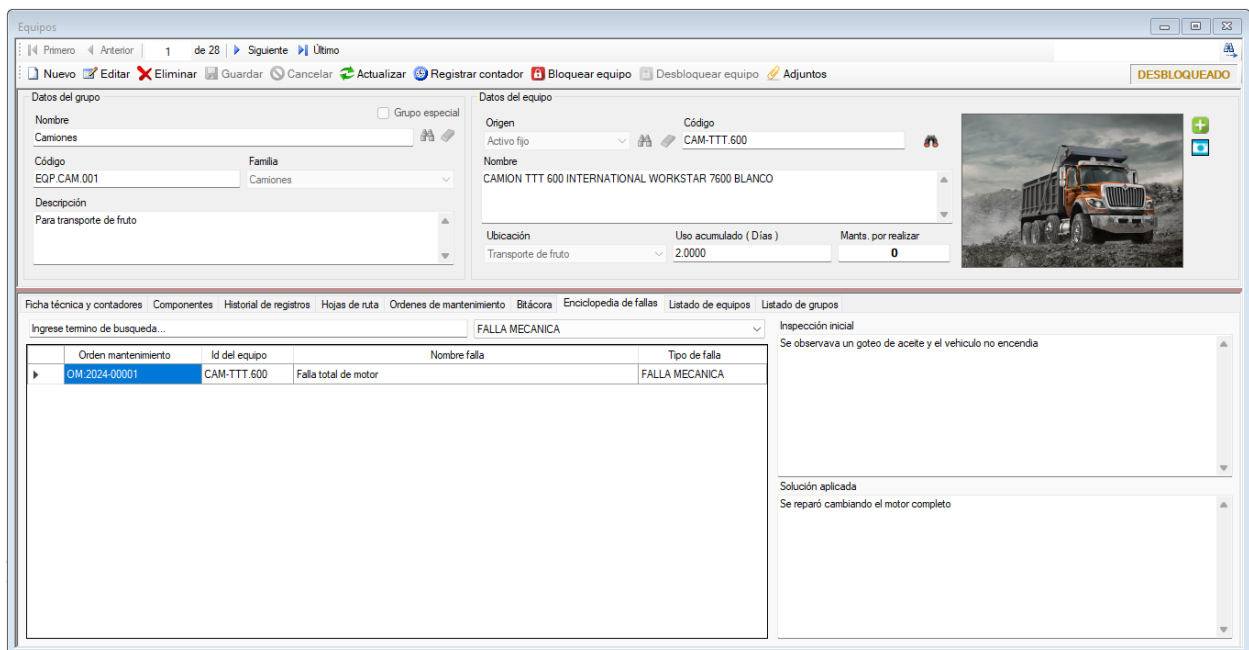


Figura 63

Sección equipos, listado de equipos

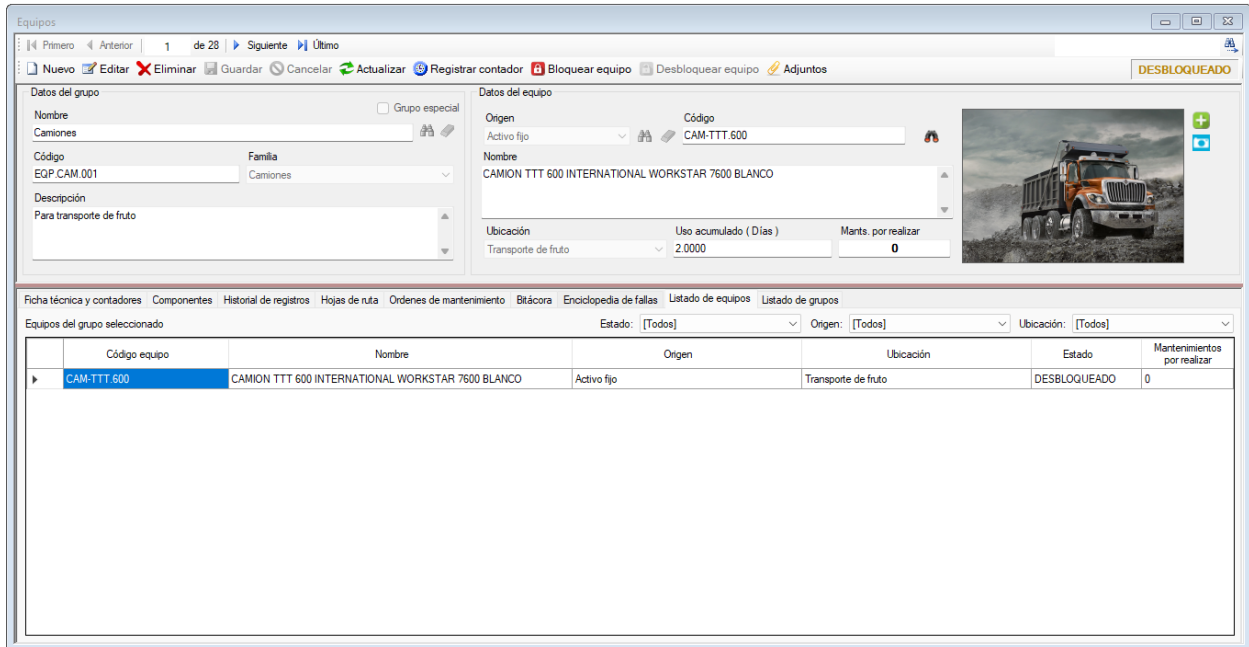
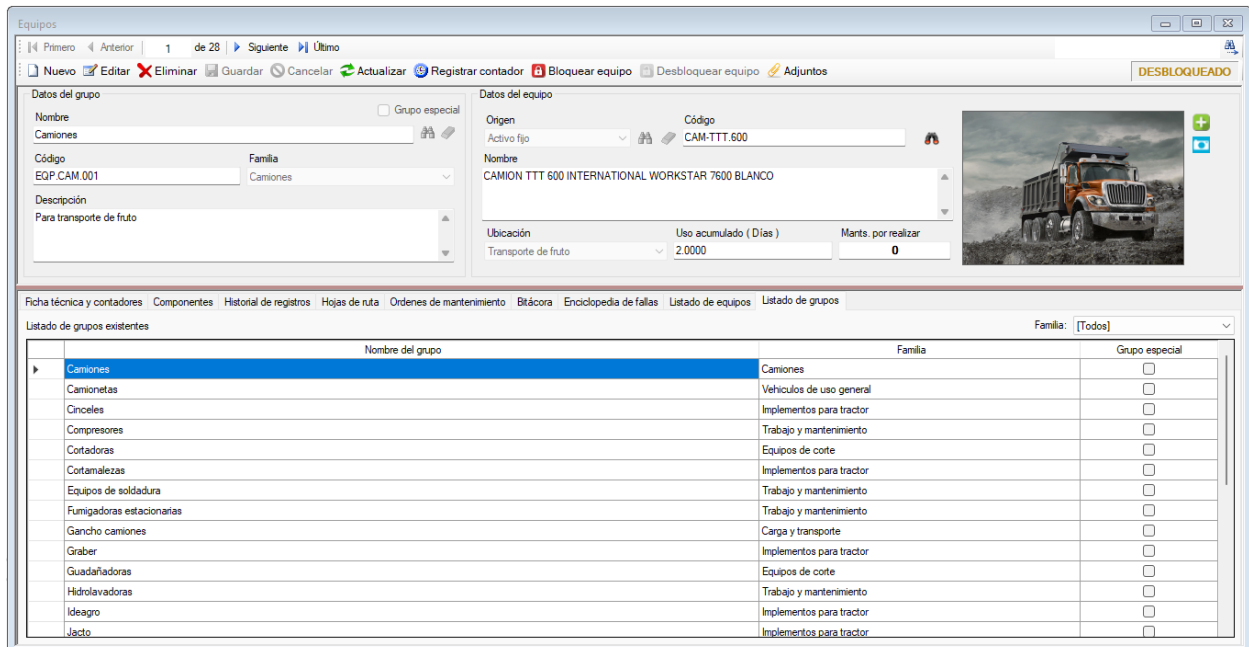


Figura 64











Sección equipos, listado de grupos



7.4 Sección de hojas de ruta

La sección de hojas de ruta se encargar de compilar todos los datos precargados y de gestionar la configuración de reincidencia creada por los usuarios, en las frecuencias dispuestas.

7.4.1 Funciones

Al igual que para la sección equipos en la sección de hojas de ruta se va a dividir entre funciones implícitas y explícitas, sin embargo, se simplificará un poco aquellas funciones repetidas para evitar redundancia y simplificar la lectura. Esta sección cuenta con diez (10) tipos de botones principales, el primero, el botón  **Nuevo** habilita la interfaz para que el usuario pueda crear hojas de ruta, cuando esto ocurre el usuario debe elegir qué tipo de hoja de ruta desea crear (global o única), cuando es de tipo global significa que la hoja de ruta se ha de crear para todos los equipos vinculados al grupo seleccionado, por otro lado, si se selecciona hoja de ruta única, esta se creará únicamente para el equipo seleccionado; El botón  **Editar** de la misma forma que funciona en la sección equipos habilita la interfaz para edición, permite modificar la hoja de ruta en sí o cada instancia de equipo asociado, el botón de  **Eliminar** permite la eliminación de la hoja de ruta y de sus instancias solamente si esta no ha sido utilizada y si no es una hoja de ruta en blanco (usada en mantenimientos correctivos, cada equipo tiene una), el botón  **Guardar** simplemente “guarda” los cambios o registros digitados, el botón  **Cancelar** valga la redundancia cancela los cambios digitados anteriormente, el botón  **Actualizar** sincroniza la información de la interfaz con la base de datos por si ha sido sujeto de modificaciones sin mostrarse, el botón  carga la imagen, el botón  permite explorar el grupo, equipo o cualquier registro desde su interfaz específica, por último los botones de  y  son usados para cargar información y borrarla respectivamente, estos no modifican registros, simplemente cargar información para ediciones o creaciones.

Ahora respecto a las funciones implícitas al igual que con la sección equipos se irán detallando dichas funciones en base a la interfaz, mostrando de esta manera desde donde se accede y un pequeño vistazo a como luce la función en cuestión con datos cargados, la primera de estas funciones, es la función de administración de actividades, las actividades se componen por cuatro (4) cosas en general, numeración, descripción de la actividad, relevancia de actividades, estas deben sumar 100% e indican según qué actividades se marcan completadas que tanto porcentaje de cumplimiento se le da a las órdenes de mantenimiento, por último, el componente asociado (este componente es opcional y solamente sirve para especificar en detalle que componente del equipo se va a intervenir en esta actividad, exclusivo de hojas de ruta únicas).

Figura 65

Vistazo a las actividades de las hojas de ruta

#	Actividad	Relevancia
1	Cambio de aceite de motor	20.0000
2	cambio de filtro de aceite	20.0000
3	cambio de filtro de aire	20.0000
4	cambio de filtro de combustible	20.0000
5	engrase general	20.0000

Tenga en cuenta que la relevancia debe sumar un total de 100 %, y que las actividades se numeran automáticamente en el orden dispuesto en la tabla

Relevancia total: 100 %

Otra función importante de la sección "hojas de ruta" es la de precarga de materiales. Esto permite al usuario indicar con antelación qué materiales serán necesarios para cada hoja de ruta. De este modo, cuando se programe una orden de mantenimiento, la solicitud de inventario ya incluirá automáticamente estos materiales, lo que facilita una preparación más rápida y organizada. Esto es muy útil porque ahorra tiempo al evitar ingresar manualmente cada material. Además, ayuda a que los materiales estén listos cuando se necesiten, lo que hace que el proceso sea más

eficiente y evita errores. Al mejorar la gestión del inventario y la planificación, se optimiza todo el proceso de mantenimiento, reduciendo posibles retrasos y mejorando el flujo de trabajo.

Figura 66

Vistazo a la precarga de materiales

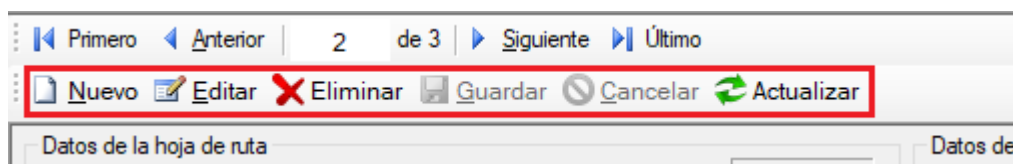
Item	Código Inventario	Nombre Inventario	Unidades	Dim 1	Dim 2	Cantidad	Unidad medida
	EMB-FLE.1/2	EMBUDO FLEXIBLE 1/2 LT	7.0000			7.0000	Unidades
	ABR-CRE.13/16	ABRAZADERA CREM 25-20 13/16-1.3/4"	2.0000			2.0000	Unidades
**							

7.4.2 Interfaz

La sección hojas de ruta al igual que la sección equipos también cuenta con el mismo “Binding” enfocado a las hojas de ruta, respecto a los botones principales tenemos:

Figura 67

Botones principales sección hojas de ruta




Nuevamente al igual que en la sección equipos y al igual que en todo el módulo de mantenimiento se divide el contenido en dos partes, Datos generales y Datos específicos.

Los datos generales traen información de la hoja de ruta en sí y de la instancia de equipo seleccionada, por otra parte, los datos específicos se componen de cinco (5) subsecciones, entre ellas, Actividades, Materiales, Bitácora, Equipos asociados y Hojas de ruta.

Entre estas las más relevantes son actividades y materiales.

Figura 68*Datos generales sección hojas de ruta*

Datos de la hoja de ruta				Datos del equipo y último mantenimiento		
Nombre	Código	HDR.MANPRECAM300HOR.001		Equipo asociado	CAMION TTT 600 INTERNATIONAL WORKSTAR 7600 BLANCO	
Mantenimiento preventivo camion 300 horas				Último orden de mantenimiento	ORDEN DE MANTENIMIENTO CREADA AUTOMÁTICAMENTE	
Grupo asociado Camiones				Último contador reportado en mantenimiento	Última ejecución (%)	Fecha del último mantenimiento
Estimado (Hrs)	Unidad frecuencia	Frecuencia	<input type="checkbox"/> Fecha estricta	21900.0000	100.0000	16-09-2024
5.0000	Horas	300.0000				



Aquí podemos observar valga la redundancia los datos generales de la hoja de ruta y los datos de la instancia del equipo seleccionado, esto se entiende de mejor manera teniendo en cuenta que una hoja de ruta, por ejemplo, una global, la hoja de ruta global crea una instancia de sí misma para cada equipo que esté vinculado al grupo seleccionado.

Ahora en los datos específicos tenemos principalmente la información de la hoja de ruta, los datos específicos tienen cinco (5) subsecciones, entre ellas, Actividades, Materiales, Bitácora, Equipos asociados y Hojas de ruta. La sección actividades permite gestionar tareas asignando un porcentaje de relevancia a cada una, asegurando que sumen un 100% para facilitar la priorización. También ofrece la opción de vincular componentes específicos para personalizar y adaptar las tareas a las necesidades operativas. En la subsección materiales, se optimiza la gestión de inventario al precargar elementos para el mantenimiento, automatizando las solicitudes y asegurando la disponibilidad de materiales. La bitácora registra todas las acciones de los usuarios dentro de las hojas de ruta, permitiendo un control estricto y la revisión de cada intervención.

La subsección equipos asociados permite seleccionar instancias específicas vinculadas a equipos, facilitando la actualización y consulta rápida de datos sobre mantenimientos e inspecciones. Finalmente, la subsección hojas de ruta ofrece una vista general de todas las hojas disponibles, con filtros para facilitar la búsqueda en situaciones con grandes cantidades de hojas de ruta para múltiples equipos.

A continuación, se presenta la interfaz diseñada para la sección Hojas de ruta

Figura 69

Sección hojas de ruta, actividades

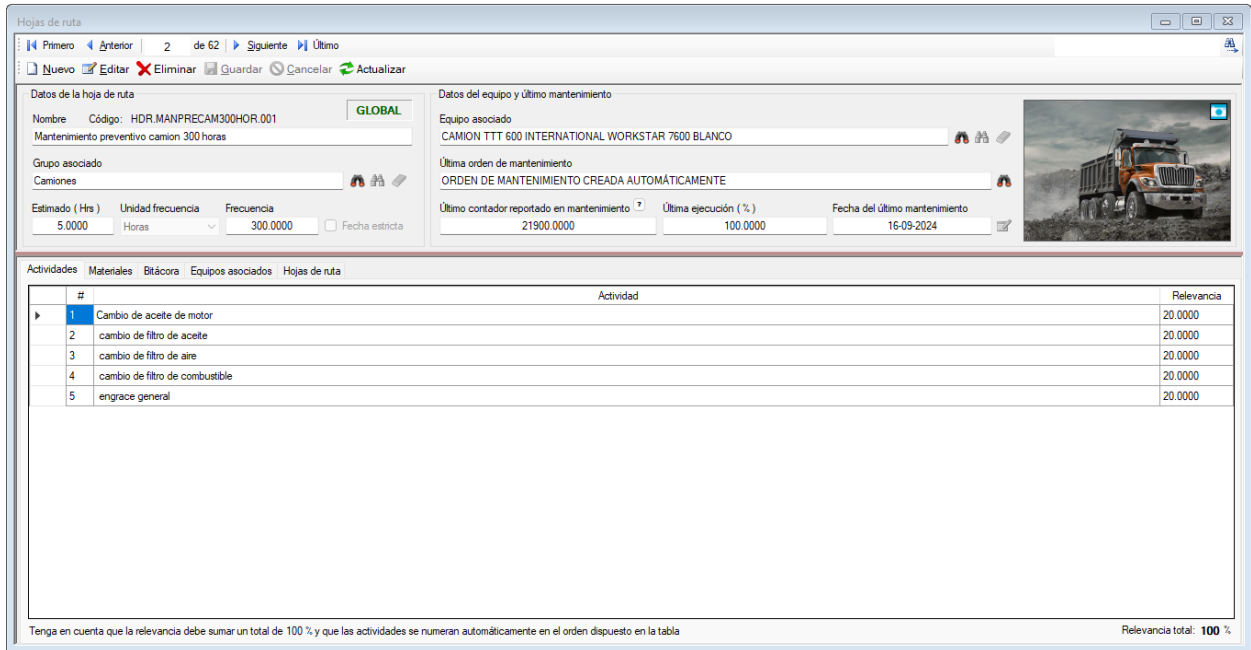


Figura 70

Sección hojas de ruta, materiales

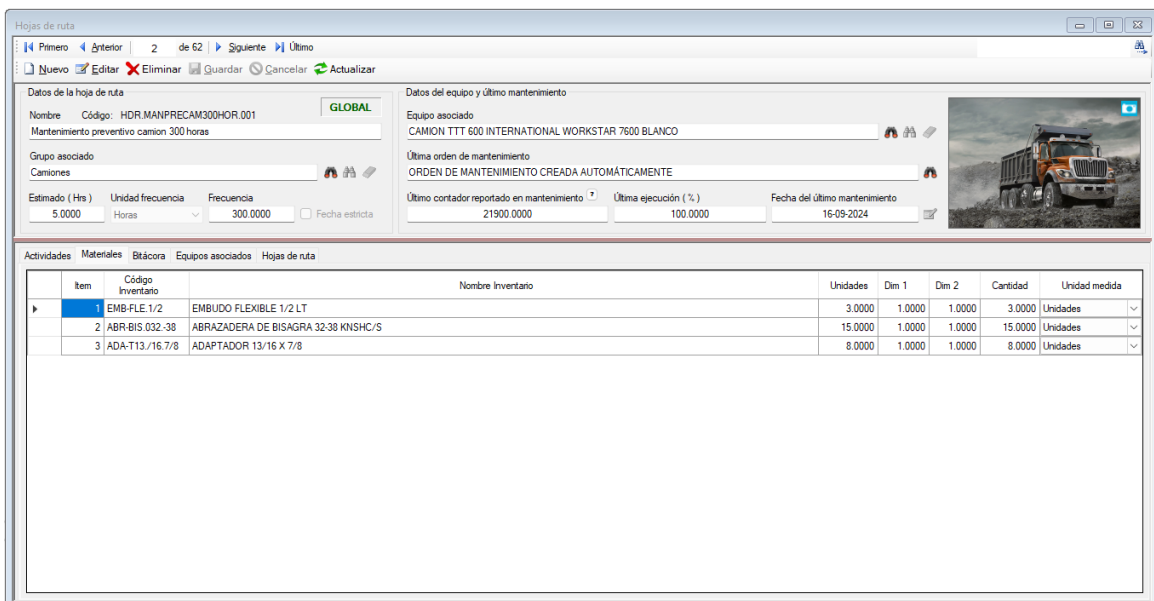


Figura 71

Sección hojas de ruta, bitácora

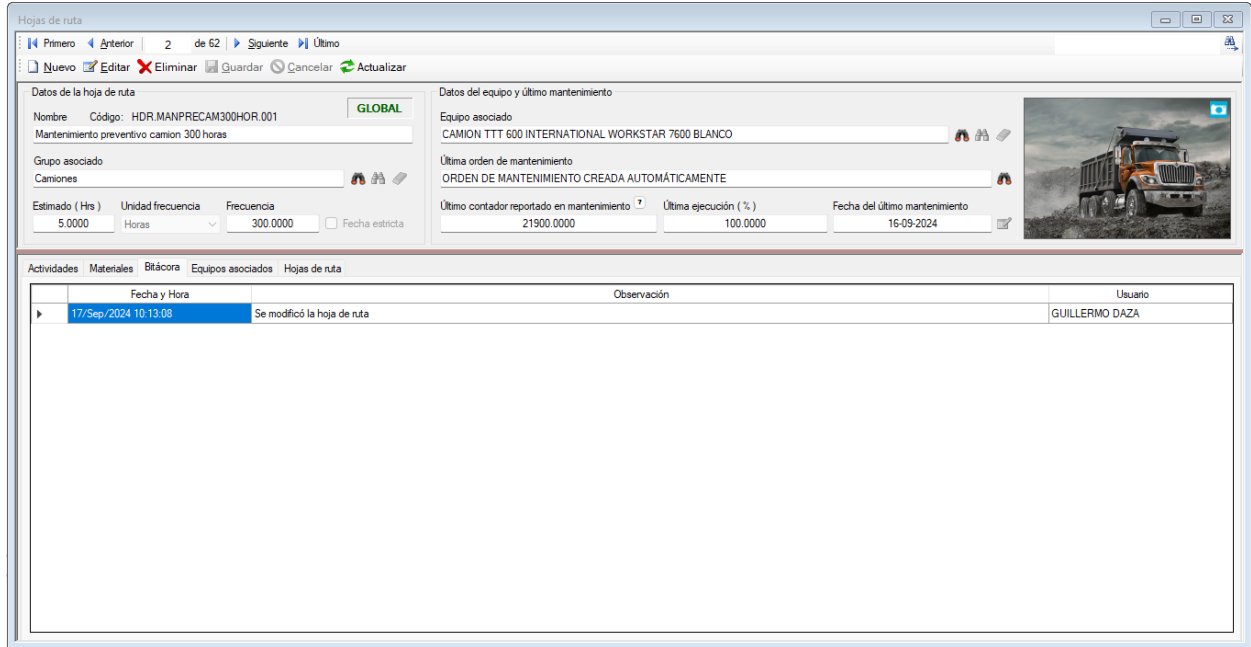


Figura 72

Sección hojas de ruta, equipos asociados

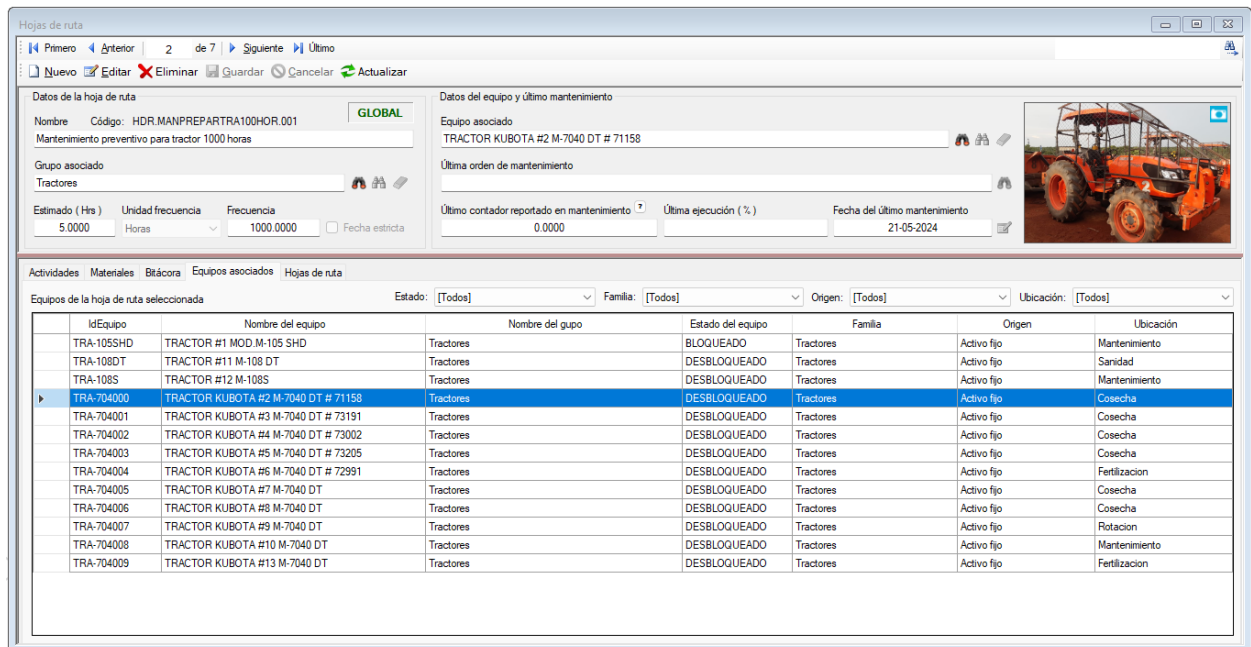


Figura 73*Sección hojas de ruta, hojas de ruta*

The screenshot shows a software interface for managing route sheets. The window title is "Hojas de ruta". At the top, there are navigation buttons: "Primero", "Anterior", "2 de 7", "Siguiente", and "Último". Below these are action buttons: "Nuevo", "Editar", "Eliminar", "Guardar", "Cancelar", and "Actualizar".

The main area is divided into two sections:

- Datos de la hoja de ruta:**
 - Nombre: (with a "GLOBAL" button next to it)
 - Código: HDR.MANPREPARTRA100HOR.001
 - Grupo asociado:
 - Estimado (Hrs): Unidad frecuencia: Frecuencia: Fecha estricta
- Datos del equipo y último mantenimiento:**
 - Equipo asociado:
 - Última orden de mantenimiento:
 - Último contador reportado en mantenimiento: Última ejecución (%): Fecha del último mantenimiento:

Below the form is a tabbed interface with "Hojas de ruta" selected. It shows a list of existing route sheets for the "Tractores" group. The table below represents the data shown in the screenshot:

Nombre hoja de ruta	Grupo	Frecuencia	Global
Hoja de ruta en blanco	EQP.TRA.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
► Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas	EQP.TRA.001	Horas	<input checked="" type="checkbox"/>
Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Horas	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisión de frenos tractor	EQP.TRA.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisión de la transmisión y el embrague tractores	EQP.TRA.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisión de neumáticos y llantas tractores	EQP.TRA.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
Revisión y mantenimiento sistema eléctrico tractores	EQP.TRA.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>

En la figura anterior podemos ver un ejemplo en el cual filtramos las hojas de ruta para específicamente el grupo de tractores en este caso se selecciona la hoja de ruta “Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas”, y en la figura setenta y uno (72) podemos ver como para ese grupo específico se tienen trece (13) instancias de hoja de ruta en base a su respectivo equipo.

7.5 Sección de órdenes de mantenimiento

La sección de órdenes de mantenimiento la más compleja diseñada para este proyecto se encarga de agrupar en un solo lugar toda la información referente a los mantenimientos pendientes, registrados (aprobados) o terminados, además de permitir que la orden de mantenimiento pase por múltiples estados adicionales que según su comportamiento y características específicas pueden terminar en una acción especial, predeterminada en base a los requisitos y modo de trabajo implementado en el módulo, se debe tener en cuenta que todas las funciones se construyeron en base a situaciones evidenciables en el día a día y requeridas para el correcto funcionamiento.

7.5.1 Funciones

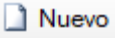
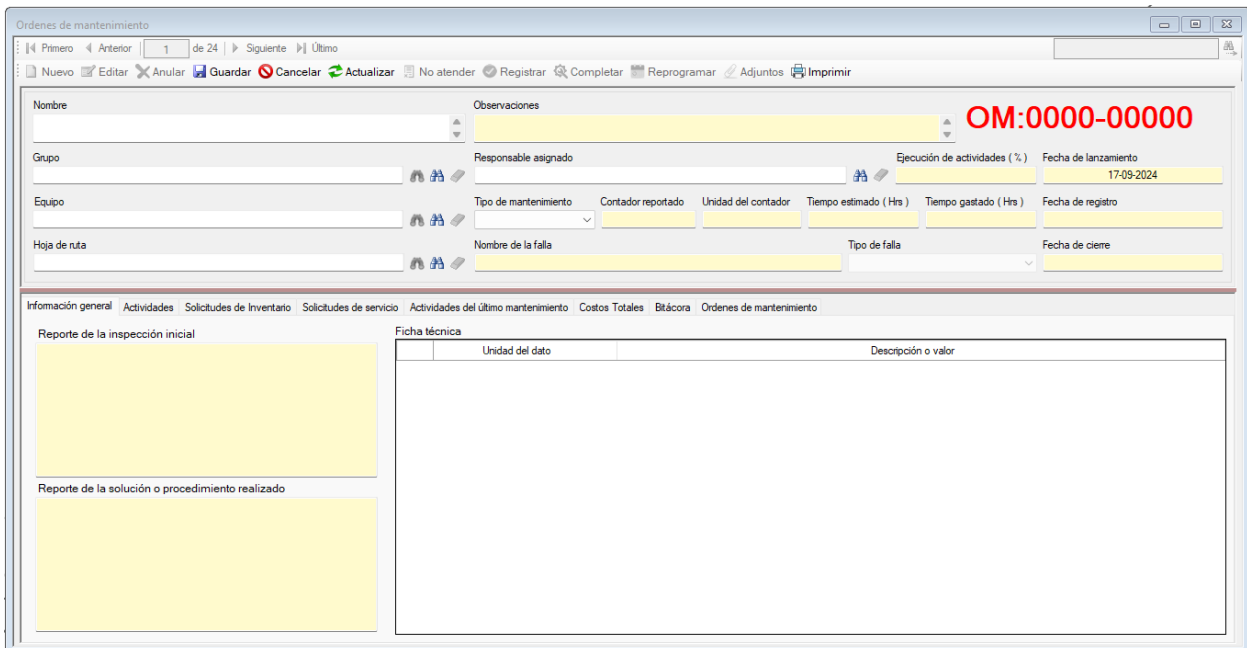
Las funciones de igual modo que hasta ahora se van a dividir en dos, las implícitas y las explícitas, pero para esta sección, la cual se considera el corazón del módulo de mantenimiento, será necesario ahondar un poco más en las funciones explícitas para que se pueda evidenciar como es el ciclo de vida de una orden de mantenimiento y los múltiples estados que puede alcanzar. Siendo así, la primera función es la del botón  **Nuevo** cuando es presionado se habilita la interfaz de ingreso de datos, los campos que se ponen de color amarillo (“*LemonChiffon*”) son campos que no se permiten editar durante la creación y que deben ser ingresados más adelante o en alguna circunstancia específica, por ejemplo, las observaciones se ingresan cuando se está completando.

Figura 74

Formulario limpio al crear la OM



En este caso podemos ver cómo crear una orden se compone de darle un nombre, seleccionar el grupo, el equipo y la hoja de ruta, decir de qué tipo de mantenimiento se trata (correctivo, preventivo) y asignarle un responsable, con el simple hecho de seleccionar estos datos,

se carga automáticamente toda la información adicional disponible, por ejemplo, la ficha técnica, actividades e incluso solicitudes de inventario, como se puede ver a continuación.

Figura 75

Información cargada al crear la OM, información general

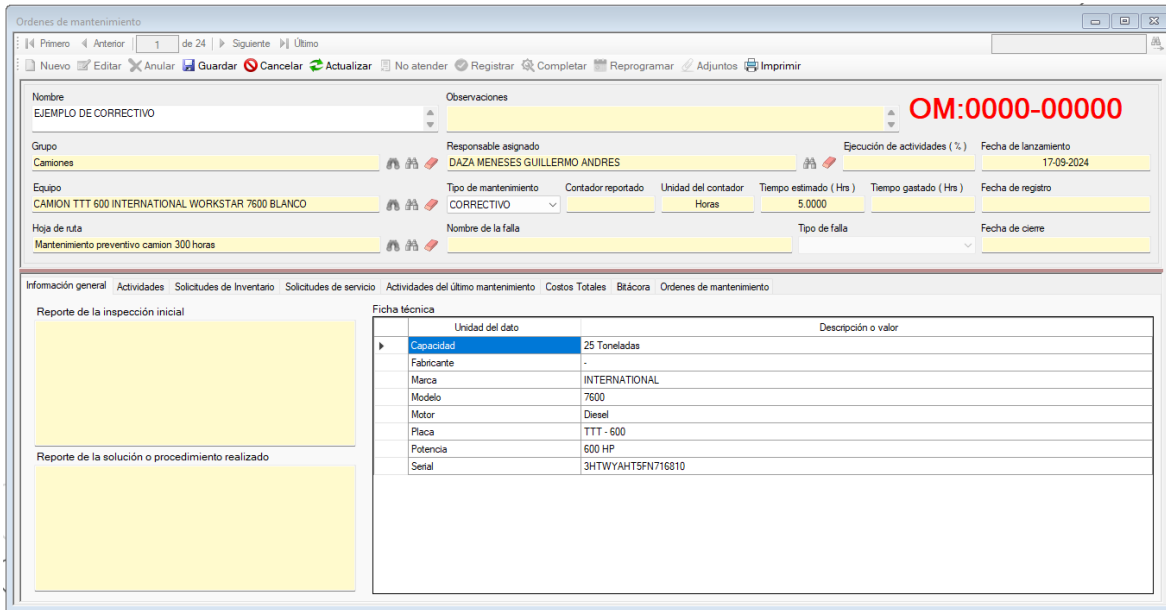


Figura 76

Información cargada al crear la OM, actividades

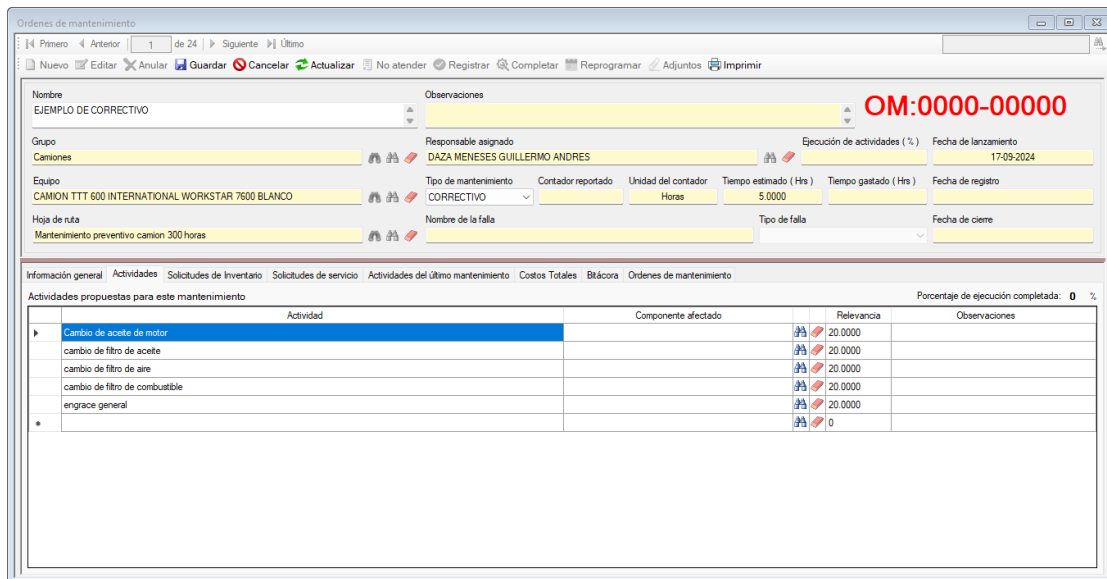


Figura 77*Información cargada al crear la OM, solicitud de inventario*

Ordenes de mantenimiento


Nombre: EJEMPLO DE CORRECTIVO Observaciones: OM:0000-00000

Grupo: Camiones Responsable asignado: DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES Ejecución de actividades (%): Fecha de lanzamiento: 17-09-2024

Equipo: CAMION TTT 600 INTERNATIONAL WORKSTAR 7600 BLANCO Tipo de mantenimiento: CORRECTIVO Contador reportado: Horas Unidad del contador: Horas Tiempo estimado (Hrs): 5.0000 Fecha de registro:

Hoja de ruta: Mantenimiento preventivo camion 300 horas Nombre de la falla: Tipo de falla: Fecha de cierre:

Solicitud	Código Inventario	Nombre Inventario	Unidades	Dim1	Dim2	Cantidad	Unidad medida	Disponible antes de	Observaciones	Costo Unitario	Costo Total
	EMB-FLE.1/2	EMBUDO FLEXIBLE 1/2 LT	3.0000	1.0000	1.0000	3.0000	Unidades	17-Sep-2024		17.647	52.941
	ABR-BIS.032-38	ABRAZADERA DE BISAGRA 32-38 KNSHC/S	15.0000	1.0000	1.0000	15.0000	Unidades	17-Sep-2024		26.450	396.750
	ADA-T13./16.7/8	ADAPTADOR 13/16 X 7/8	8.0000	1.0000	1.0000	8.0000	Unidades	17-Sep-2024		25.210	201.680

Estos son los campos principales que se habilitan para edición durante la creación de una orden de mantenimiento, como se menciona anteriormente todos estos datos son cargados de manera automática con solo seleccionar la hoja de ruta, el equipo y el grupo, es decir, para generar una orden de mantenimiento bastante completo es cuestión de unos pocos segundos. Continuando con las funciones tenemos el botón de  **Editar** para este caso no es necesario ser tan específicos, este botón permite editar la orden de mantenimiento, solamente cuando esta se encuentre en estado pendiente (estado en el cual se crean todas las ordenes de mantenimiento por defecto, sean o no de forma automática), una vez registrada la orden no se puede reversar si no es con expresa autorización del líder de sistemas ya que el mismo debe realizar dicha reversión, esto se maneja de esta manera ya que los insumos que algunos mantenimientos requieren pueden costar cifras muy elevadas y el hecho de que se pueda reversar después de que el líder de mantenimiento decida























aprobarla expone el sistema a un gran riesgo de irregularidades económicas; Continuando, el botón de  **Anular**, este llamado en las demás secciones  **Eliminar** se denomina para esta sección como “Anular” debido a que las ordenes de mantenimiento no se deben poder eliminar, únicamente debe poderse pasar a un estado llamado  **Anulado** el cual indica que se decidió destruir la orden, pero el registro permanece intacto para futuras auditorias. Los siguientes dos botones  **Guardar** el cual simplemente almacena el registro y el botón de  **Cancelar** que valga la redundancia cancela las ediciones realizadas hasta el momento, el botón de  **Actualizar** se encarga de sincronizar toda la información de la interfaz con la base de datos por si ha sido sujeto de modificaciones sin mostrarse, ahora, respecto a las funciones más importantes, las cuales le dan la capacidad de pasar por múltiples estados a la orden de mantenimiento. La primera de estas funciones es  **No atender** encargada de poner en estado  **No atendida** la orden de mantenimiento, el procedimiento almacenado de esta función se ejecuta teniendo como concepto que la orden decide saltarse voluntariamente y se programa el siguiente recalculando la frecuencia de la hoja de ruta en cuestión, este proceso cierra el ciclo de vida de la orden de mantenimiento, la siguiente, la función de  **Registrar** indica que la orden de mantenimiento fue aprobada por el supervisor de mantenimiento y puede pasar a ejecución, en cuanto la orden de mantenimiento se marca como “Registrada” se crea un registro en la bitácora y se fija la fecha de registro con la fecha actual (esta fecha es inamovible).

Figura 78

Ejemplo de orden de mantenimiento registrada

 Nuevo
  Editar
  Anular
  Guardar
  Cancelar
  Actualizar
  No atender
  Registrar
  Completar
  Reprogramar
  Adjuntos
  Imprimir

Nombre ORDEN DE MANTENIMIENTO CREADA AUTOMÁTICAMENTE	Observaciones	OM:2024-00002		
Grupo Camionetas	Responsable asignado DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES	Ejecución de actividades (%)	Fecha de lanzamiento 03-09-2024	
Equipo CAMIONETA TOYOTA UGU-681	Tipo de mantenimiento PREVENTIVO	Contador reportado Kilometros	Tiempo estimado (Hrs) 8.0000	Tiempo gastado (Hrs) Fecha de registro 17-09-2024
Hoja de ruta Mantenimiento preventivo camioneta 5000 kilometros	Nombre de la falla	Tipo de falla	Fecha de cierre	

alimenta otras funciones como por ejemplo la enciclopedia de fallas de la sección equipos. La siguiente, la función de **Reprogramar** sirve para que cuando resulte imposible el mantenimiento se pueda cambiar la fecha de lanzamiento, dejando claro un registro en bitácora.

Figura 80

Ejemplo de orden de mantenimiento reprogramándose

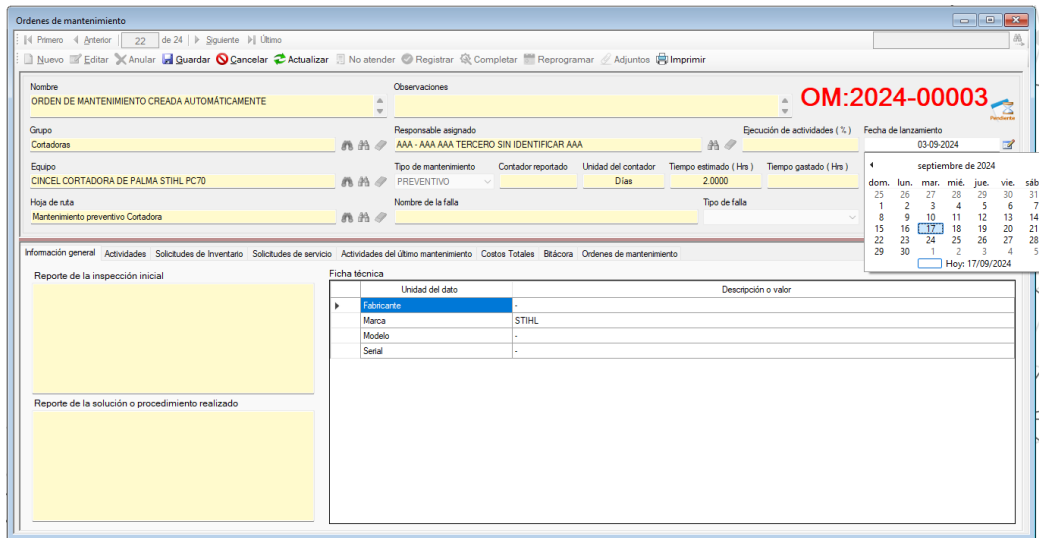
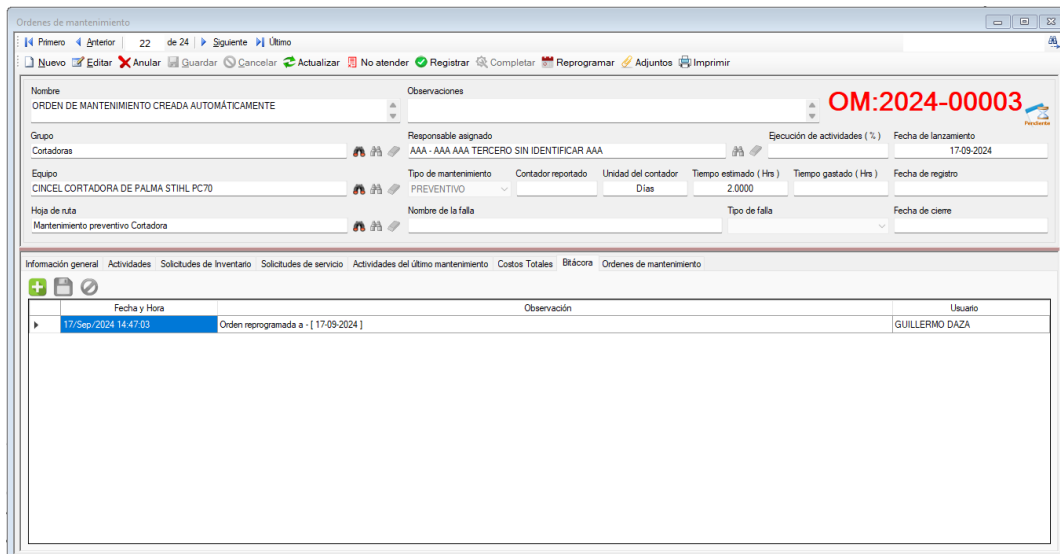


Figura 81

Bitácora de la orden de mantenimiento reprogramada




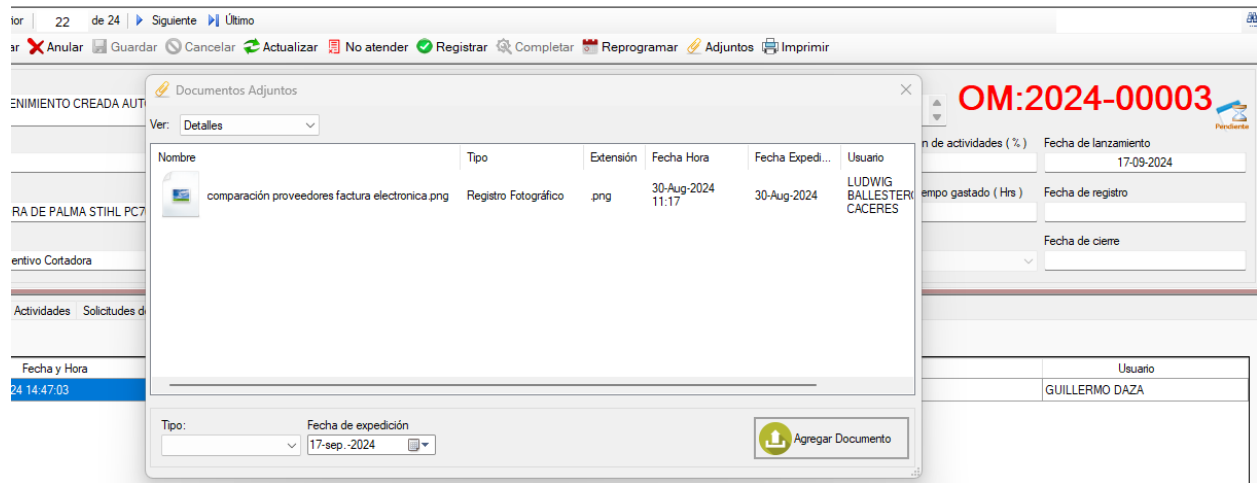
Otra función importante implementada para la sección de órdenes de mantenimiento es la de  **Adjuntos** esta proporciona al usuario un espacio para que puedan subir evidencias, recibos, facturas, y todo tipo de archivo que pueda resultar importante para la orden de mantenimiento.

Figura 82

Adjuntos de la orden de mantenimiento




Ahora, la función de  **Imprimir** la última ofrecida por los botones principales de la orden, permite al usuario imprimir en PDF la orden de mantenimiento para fines prácticos del registro.

Figura 83

PDF generado al imprimir la orden



Nota. Tomada de SAP CRYSTAL REPORTS

Ahora respecto a las funciones implícitas de la sección ordenes de mantenimiento tenemos, carga de actividades, al igual que con las hojas de ruta el usuario puede modificar, eliminar, añadir y/o vincular actividades con componentes, otra función es la de solicitudes de inventario, así se muestran todos los materiales, suministros o recursos destinados para esta orden de mantenimiento, de igual manera con las solicitudes de servicio se pueden observar los servicios cargados al centro de control (id que centraliza costos de cada mantenimiento) de ese mantenimiento en específico, otra función bastante interesante es denominada “Actividades del último mantenimiento” aquí se despliega el último mantenimiento que tuvo el equipo en cuestión, esto funciona mediante un proceso almacenado que busca un mantenimiento que coincida con el equipo y grupo para el cual la fecha de cierre cumpla ciertas características al igual que el ID de la orden de mantenimiento, a continuación se pueden observar las actividades antes mencionadas.

Figura 84

Ejemplo de actividades del último mantenimiento

Nombre: ORDEN DE MANTENIMIENTO CREADA AUTOMÁTICAMENTE Observaciones: OM:2024-00024

Grupo: Tractores Responsable asignado: CASTRO IPUZ LUIS HUMBERTO Ejecución de actividades (%): Fecha de lanzamiento: 11-09-2024

Equipo: TRACTOR #11 M-108 DT Tipo de mantenimiento: PREVENTIVO Contador reportado: Unidad del contador: Horas Tiempo estimado (Hrs): 5.0000 Tiempo gastado (Hrs): Fecha de registro: 13-09-2024

Hoja de ruta: Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas Nombre de la falla: Tipo de falla: Fecha de cierre:

#	Actividad	IdComponente	Componente afectado	Relevancia	Completado	Observaciones
1	Cambio de aceite de motor			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	cambio de filtro de aceite			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	cambio de filtro de aire			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	cambio de filtro de combustible			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	engrase general			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	

Orden de mantenimiento: OM:2024-00011 Porcentaje de ejecución completada: 100%

Mediante el botón  se puede explorar la orden de mantenimiento mencionada en detalle.

Otra función muy importante implementada que facilita en gran medida el análisis de las ordenes de mantenimiento es la subsección de costos totales, aquí mediante una estructura de árbol con un nodo raíz (la orden de mantenimiento) y tres (3) nodos principales: mano de obra, materiales y costos directos, a continuación, se puede observar la subsección de costos totales.

Figura 85

Ejemplo de costos totales

The screenshot shows a software window titled "Ordenes de mantenimiento" with a menu bar and a toolbar. The main area displays details for order "OM:2024-00001". Below this, a tabbed interface is open to "Costos Totales".

Concepto	Detalle	Valor Detalle	Valor Concepto
MATERIALES			139,407
CARGOS DIRECTOS			139,407
ABRAZADERA DE CREMALLERA METALICA DE 1 1/2"	10 Unidades a \$ 2857 c/u	28,571	
ABRAZADERA DE CREMALLERA METALICA PARA TUBO DE 3/4"	4 Unidades a \$ 1960 c/u	7,920	
ABRASION SHIELD 1 1/4" NPT MOUNT REF. BAS	1 Unidades a \$ 102915 c/u	102,915	
MANO DE OBRA			80,526
CARGOS DIRECTOS		80,526	
ORDENES DE MANTENIMIENTO		80,526	
COSTOS DIRECTOS			2,500,000
CARGOS DIRECTOS		2,500,000	
7.3.45. MANTENIMIENTO Y REPARACIONES		2,500,000	
Total Costos			2,719,932

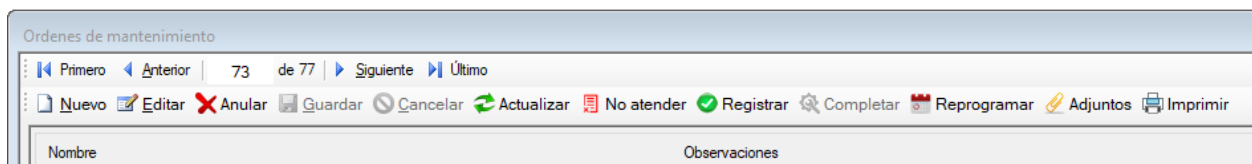
La función de bitácora al igual que con todas las demás secciones del módulo de mantenimiento es la encargada de mostrar cambios realizados sobre las ordenes, y por último la subsección "Ordenes de mantenimiento" permite seleccionar las ordenes de mantenimiento en base a filtros como pueden ser, el grupo (por ejemplo tractores), el equipo (por ejemplo tractor 1), la hoja de ruta (por ejemplo mantenimiento para tractores de 300 horas), el estado (por ejemplo pendiente, registrado, completado, no atendido o anulado) o el tipo de la orden (mantenimiento preventivo o mantenimiento correctivo), con esta serie de filtros podemos facilitar en gran medida la exploración de las ordenes de mantenimiento que resultan relevantes según la necesidad.

7.5.2 Interfaz

La sección de órdenes de mantenimiento cuenta de igual modo que hasta ahora con un “*Binding*” que permite de manera sencilla navegar entre las ordenes de mantenimiento sin tener que seleccionarlas de forma manual, pero es importante mencionar que mediante este método se pierde la posibilidad de seleccionar solo la o las ordenes que nos interesan, ya que en el “*Binding*” se ordenan las ordenes de manera secuencial descendente (de mayor a menor), por lo tanto si se requiere ir a una orden que está muy “abajo” es mejor hacerlo mediante la subsección “Órdenes de mantenimiento”, de igual modo la sección “Órdenes de mantenimiento” cuenta con una “Barra” o apartado de botones principales, los cuales se pueden observar a continuación.

Figura 86

Botones principales sección ordenes de mantenimiento



La sección de órdenes de mantenimiento se organiza en dos divisiones principales que estructuran su contenido de manera eficiente. La primera división, denominada "Datos Generales," está enfocada en proporcionar la información básica de la orden de mantenimiento, incluyendo detalles clave como el número de orden, la fecha de creación, el solicitante, y el tipo de mantenimiento requerido. Estos datos son esenciales para identificar y gestionar cada orden de manera precisa y oportuna. La segunda división está compuesta por ocho subsecciones que desglosan aspectos más específicos de la orden de mantenimiento. Estas subsecciones son: Información General, Actividades, Solicitudes de Inventario, Actividades del Último

Mantenimiento, Costos Totales, Bitácora, y Órdenes de Mantenimiento. Cada subsección desempeña un papel importante en la documentación y seguimiento de las actividades realizadas.

Figura 87

Datos generales sección ordenes de mantenimiento

The screenshot shows the 'Ordenes de mantenimiento' application interface. The main form displays the following data:

- Nombre:** TESTEO OM CORRECTIVA
- Observaciones:** (Empty field)
- OM ID:** OM:2024-00001
- Grupo:** Cortadoras láser
- Responsable asignado:** DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES
- Ejecución de actividades (%):** 0.0000
- Fecha de lanzamiento:** 22-08-2024
- Equipo:** CORTADORA LASER TRUMPF L 3030-3.2 KW
- Tipo de mantenimiento:** CORRECTIVO
- Contador reportado:** 0.0000
- Unidad del contador:** Dias
- Tiempo estimado (Hrs):** 0.0000
- Tiempo gastado (Hrs):** 4.5000
- Fecha de registro:** 22-08-2024
- Hoja de ruta:** Hoja de ruta en blanco
- Nombre de la falla:** EJEMPLO
- Tipo de falla:** FALLA ELECTRICA
- Fecha de cierre:** 22-08-2024

Figura 88

Sección ordenes de mantenimiento, información general

The screenshot shows the 'Ordenes de mantenimiento' application interface, specifically the 'Información general' section. The main form displays the same data as Figure 87. Below the main form, there are two text input areas and a technical data table:

- Reporte de la inspección inicial:** EJEMPLO
- Reporte de la solución o procedimiento realizado:** EJEMPLO
- Ficha técnica:**

	Unidad del dato	Descripción o valor
Fabricante	-	-
Marca	-	TRUMPF
Modelo	-	-
Sental	-	-

En la información general se puede observar dos espacios de texto en específico, el primero de ellos, reporte de la inspección inicial, el segundo, reporte de la solución o procedimiento

realizado, estos campos tienen un comportamiento especial, son obligatorios únicamente cuando la orden de mantenimiento es de tipo correctivo, y se habilitan únicamente cuando la orden de mantenimiento se intenta completar, estos datos alimentan la enciclopedia de fallas.

Figura 89

Sección ordenes de mantenimiento, actividades

Ordenes de mantenimiento

Primer 77 de 77 Siguiente Ultimo

Nuevo Editar Anular Guardar Cancelar Actualizar No atender Registrar Completar Reprogramar Adjuntos Imprimir

Nombre: TESTED OM CORRECTIVA Observaciones: OM:2024-00001

Grupo: Cortadoras láser Responsable asignado: DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES Ejecución de actividades (%): 0.0000 Fecha de lanzamiento: 22-08-2024

Equipo: CORTADORA LASER TRUMPF L 3030-3.2 KW Tipo de mantenimiento: CORRECTIVO Contador reportado: 0.0000 Unidad del contador: Dias Tiempo estimado (Hrs): 0.0000 Tiempo gastado (Hrs): 4.5000 Fecha de registro: 22-08-2024

Hoja de ruta: Hoja de ruta en blanco Nombre de la falla: EJEMPLO Tipo de falla: FALLA ELECTRICA Fecha de cierre: 22-08-2024

Información general Actividades Solicitudes de inventario Solicitudes de servicio Actividades del último mantenimiento Costos Totales Bitácora Ordenes de mantenimiento

Actividades propuestas para este mantenimiento

#	Actividad	Id Componente	Componente afectado	Relevancia	Completado	Observaciones
1	Actividad 1			80.0000	<input type="checkbox"/>	No se realizó por decisión del operario
2	Actividad 2			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	

Porcentaje de ejecución completada: 20

Aquí se pueden observar las actividades de esta orden de mantenimiento, la actividad cuenta con datos del componente vinculado, la relevancia de cada actividad, el dato de si está o no completada y las observaciones individuales de cada actividad si se requiere ingresar.

Figura 90

Sección ordenes de mantenimiento, solicitudes de inventario

Ordenes de mantenimiento

Primer 77 de 77 Siguiente Ultimo

Nuevo Editar Anular Guardar Cancelar Actualizar No atender Registrar Completar Reprogramar Adjuntos Imprimir

Nombre: TESTED OM CORRECTIVA Observaciones: OM:2024-00001

Grupo: Cortadoras láser Responsable asignado: DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES Ejecución de actividades (%): 0.0000 Fecha de lanzamiento: 22-08-2024

Equipo: CORTADORA LASER TRUMPF L 3030-3.2 KW Tipo de mantenimiento: CORRECTIVO Contador reportado: 0.0000 Unidad del contador: Dias Tiempo estimado (Hrs): 0.0000 Tiempo gastado (Hrs): 4.5000 Fecha de registro: 22-08-2024

Hoja de ruta: Hoja de ruta en blanco Nombre de la falla: EJEMPLO Tipo de falla: FALLA ELECTRICA Fecha de cierre: 22-08-2024

Información general Actividades Solicitudes de inventario Solicitudes de servicio Actividades del último mantenimiento Costos Totales Bitácora Ordenes de mantenimiento

Solicitudes de inventario

Solicitud	Item	Código inventario	Nombre inventario	Unidades	Dem1	Dem2	Cantidad	Unidad medida	Disponible antes de	Observaciones	Costo Unidad	Costo Total
SI-24000001	1	ABR-SHE-114-BA	ABRACION SHIELD 1 1/4" NPT MOUNT REF. BAS	1.0000			1.0000	Unidades	25-Aug-2024		102.507	102.507
SI-24000001	2	ABR-CRE-112	ABRAZADERA DE CREMALLERA METALICA DE 1 1/4"	10.0000			10.0000	Unidades	25-Aug-2024		2.857	28.571
SI-24000001	3	ABR-CRE-3/4	ABRAZADERA DE CREMALLERA METALICA PARA...	4.0000			4.0000	Unidades	25-Aug-2024		1.980	7.920

Figura 91

Sección ordenes de mantenimiento, solicitudes de servicio

Solicitud	Item	IdServicio	Servicio	Elementos	Cantidad	Medida	Tipo Centro Control	IdCentroControl	IdPresupuesto	Observaciones
SE-24080001	1	31	Mantenimiento maquinaria y equipo	Prueba	5.00	Unidades	Ordenes de mantenimiento	OM.2024-00001		

Figura 92

Sección ordenes de mantenimiento, actividades del último mantenimiento

#	Actividad	IdComponente	Componente afectado	Relevancia	Completado	Observaciones
1	Actividad 1			80.0000	<input type="checkbox"/>	No se realizó por decisión del operario
2	Actividad 2			20.0000	<input checked="" type="checkbox"/>	

Orden de mantenimiento: OM.2024-00001 Porcentaje de ejecución completada: 20 %

Las actividades del último mantenimiento como se mencionó anteriormente muestran el mantenimiento anterior al que se está revisando, para que dichas actividades se muestren debe

haber un mantenimiento para el mismo equipo, debe ser un mantenimiento con fecha anterior al actual y dicho mantenimiento debe estar en estado completado, el fin de esta subsección es apoyar la toma de decisiones del operario respecto a actividades adicionales necesarias.

Figura 93

Sección ordenes de mantenimiento, costos totales

The screenshot displays a software window titled "Órdenes de mantenimiento". The top section contains form fields for order details:

- Nombre:** TESTEO OM CORRECTIVA
- Observaciones:** OM:2024-00001
- Grupo:** Cortadoras láser
- Responsable asignado:** DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES
- Ejecución de actividades (%):** 0.0000
- Fecha de lanzamiento:** 22-08-2024
- Equipo:** CORTADORA LASER TRUMPF L 3030-3.2 KW
- Tipo de mantenimiento:** CORRECTIVO
- Contador reportado:** 0.0000
- Unidad del contador:** Días
- Tiempo estimado (Hrs):** 0.0000
- Tiempo gastado (Hrs):** 4.5000
- Fecha de registro:** 22-08-2024
- Hoja de ruta:** Hoja de ruta en blanco
- Nombre de la falla:** EJEMPLO
- Tipo de falla:** FALLA ELECTRICA
- Fecha de cierre:** 22-08-2024

The bottom section is a table titled "Costos Totales" with the following data:

Concepto	Detalle	Valor Detalle	Valor Concepto
MATERIALES			139,407
CARGOS DIRECTOS		139,407	
ABRAZADERA DE CREMALL...	10 Unidades a \$ 2857 c/u	28,571	
ABRAZADERA DE CREMALL...	4 Unidades a \$ 1980 c/u	7,920	
ABRASION SHIELD 1 1/4" N...	1 Unidades a \$ 102915 c/u	102,915	
MANO DE OBRA			80,526
CARGOS DIRECTOS		80,526	
ORDENES DE MANTENIMIE...		80,526	
COSTOS DIRECTOS			2,500,000
CARGOS DIRECTOS		2,500,000	
7.3.45. MANTENIMIENTO Y...		2,500,000	
Total Costos			2,719,932

En la figura anterior se puede observar la subsección de costos, en esta subsección se puede notar una estructura de árbol compuesta de un nodo raíz (concepto), tres nodos principales (Materiales, Mano de obra, Costos directos) y cada uno de estos con un nodo adicional llamado “cargos directos”, es de cada uno de estos nodos de cargos directos puede tener tantos nodos como sea necesario, por ejemplo, por cada material de la solicitud de inventario se va a crear un nodo, por cada persona que intervino en la orden de mantenimiento y se le facturó tiempo cargado a la orden, se va a crear un nodo y por último, por cada solicitud de servicio se va a crear un nodo. Podemos observar que hay tres (3) datos de principal interés en esta subsección, valor concepto, que muestra el total de cada uno de los tres (3) nodos principales, valor detalle, que muestra el

total de cada uno de los cargos directos y del costo de sus nodos, el último de estos datos es “Total costos” visible en la parte inferior a la izquierda totalizando el valor de todos los nodos del árbol.

Figura 94

Sección ordenes de mantenimiento, bitácora

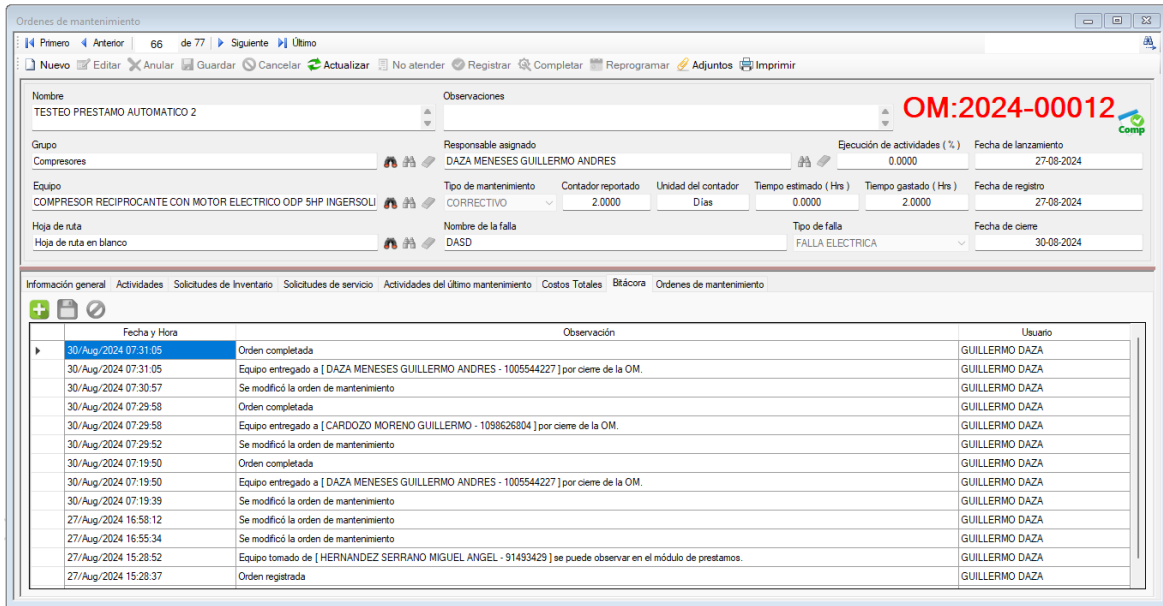
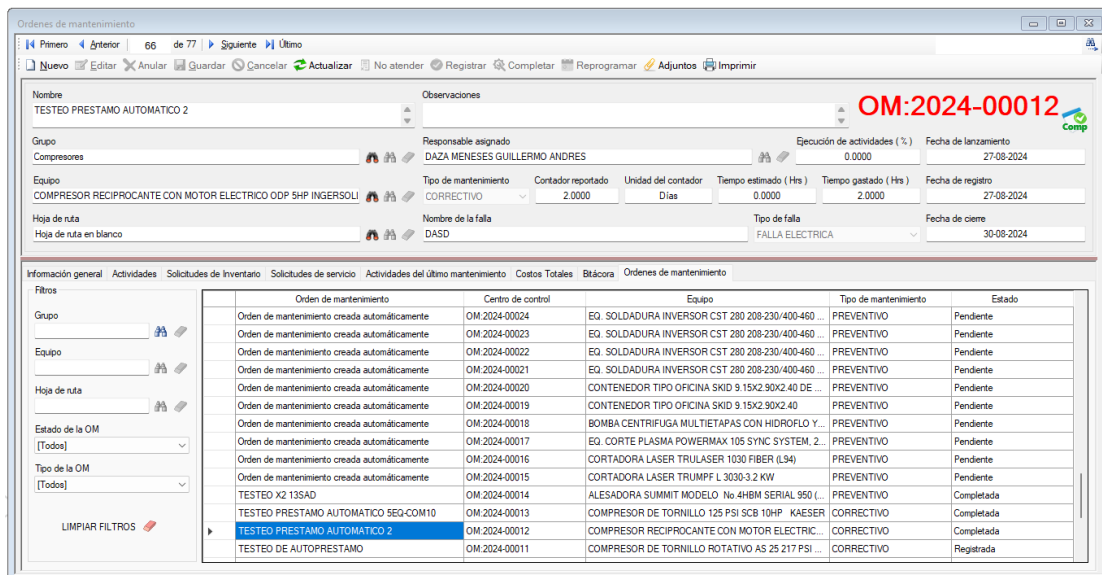


Figura 95

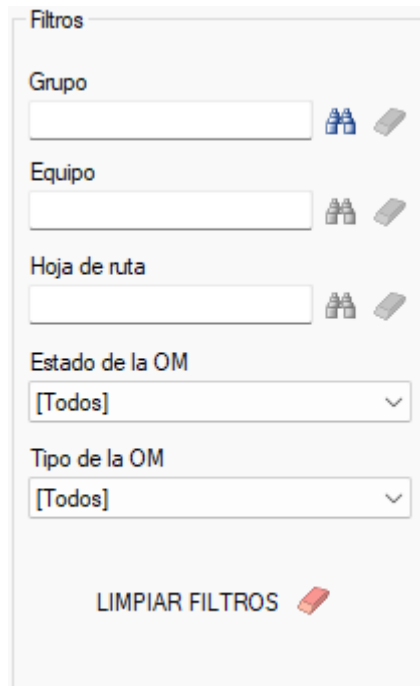
Sección ordenes de mantenimiento, ordenes de mantenimiento



La sección ordenes de mantenimiento tienen una serie bastante amplia de filtros para facilitar ubicar las ordenes que resulten importantes para el operario entre otros datos importantes.

Figura 96

Filtros de las ordenes de mantenimiento



The image shows a user interface for filtering maintenance orders. It is titled "Filtros" and contains the following elements:

- Grupo:** A text input field with a blue icon of two people and a grey eraser icon to its right.
- Equipo:** A text input field with a blue icon of two people and a grey eraser icon to its right.
- Hoja de ruta:** A text input field with a blue icon of two people and a grey eraser icon to its right.
- Estado de la OM:** A dropdown menu with "[Todos]" selected and a downward arrow.
- Tipo de la OM:** A dropdown menu with "[Todos]" selected and a downward arrow.
- LIMPIAR FILTROS:** A button with a red eraser icon.

7.6 Indicadores del módulo

El módulo de mantenimiento cuenta en total con cinco indicadores los cuales tras un consenso con los líderes de las áreas de mantenimiento se estima ofrecen suficiente información para poder tomar decisiones respecto a los equipos y su vida útil. Los indicadores son: tasa de cumplimiento de las ordenes de mantenimiento, desfase en la ejecución del tiempo planeado, horas ejecutadas según tipo de falla y tipo de mantenimiento, tiempo medio de falla y tiempo medio de reparación, es importante mencionar que estos indicadores se pueden filtrar según equipos, grupos o fechas para facilitar la toma de decisiones de los líderes de cada área y todos están implementados en Power BI, plataforma ampliamente usada a nivel general en la empresa.

Ahora, detallando un poco más en los indicadores, el indicador de tasa de cumplimiento está centrado en el cumplimiento de cada una de las actividades de la orden tomando como dato central para el cálculo del cumplimiento la relevancia de cada actividad, de este modo, la fórmula que permite el cálculo de este indicador es la siguiente:

$$\text{Tasa de cumplimiento (Porcentaje)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^{n_j} R_{ij} \right)$$

Donde:

R_{ij} = Relevancia de la actividad i en la orden j

n_j = Número total de actividades completadas en la orden j

i = Actividad completada

j = Orden de mantenimiento

m = Número total de órdenes de mantenimiento

El siguiente indicador relevante es el desfase de la ejecución del tiempo planeado, este es un poco más sencillo, pero no menos relevante ya que permite identificar que tanto se está cumpliendo la planeación del mantenimiento o dado el caso identificar razones que lo retrasen.

$$\text{Desfase del tiempo planeado (Horas)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (T_{ej} - T_{gj})$$

Donde:

T_{ej} = Tiempo estimado en la orden j

T_{gj} = Tiempo gastado en la orden j

j = Orden de mantenimiento completada

m = Número total de ordenes de mantenimiento completadas

De este modo si el indicador muestra valores mayores que cero indica que se está gastando menos tiempo del estimado, en contra parte, si el indicador muestra valores menores que cero esto indica que se está gastando más tiempo del estimado y es necesario revisar que está pasando. El siguiente indicador podemos definirlo por decirlo de alguna manera como un indicador múltiple, esto debido a que según el filtro aplicado podemos tener distintos datos de la misma naturaleza.

$$\text{Horas ejecutadas} = \sum_{j=1}^{m_f} (T_{gj})$$

Donde:

T_{gj} = Tiempo gastado en la orden j (Horas)

j = Orden de mantenimiento completada que cumple con el filtro

m_f = Número de ordenes de mantenimiento completadas que cumplen con el filtro

Los filtros aplicables a los que se hace mención anteriormente de forma breve se pueden resumir en: mantenimientos preventivos, mantenimientos correctivos, falla mecánica, falla eléctrica, falla hidráulica, falla neumática, falla por fatiga/desgaste, falla sin especificar. A continuación, los indicadores de tiempo medio de falla (TMF) y tiempo medio de reparación (TMR), encargados de señalar que tan seguido se dan ordenes de mantenimiento correctivas y que tanto se tardan en resolver los mantenimientos correctivos.

$$TMF = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{m-1} (FL_{j+1} - FL_j)$$

Donde:

FL_j = Fecha de lanzamiento de la orden de mantenimiento

j = Orden de mantenimiento

m = Número total de órdenes de mantenimiento

$$TMR = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (T_{gj})$$

Donde:

T_{gj} = Tiempo gastado en la orden j (Horas)

j = Orden de mantenimiento

m = Número total de ordenes de mantenimiento

Con estos contadores se le permite al líder de mantenimiento y en general a la parte administrativa de la empresa tomar decisiones fiables y con información concreta en base a sus activos fijos ya que, por ejemplo, dado el caso de un equipo con una tasa media de falla muy baja y una tasa media de reparación muy alta, resulta más productivo cambiar el equipo que repararlo.

A continuación, un vistazo de la implementación de estos indicadores en Power BI

Figura 97

Indicador de tasa de cumplimiento en Power BI

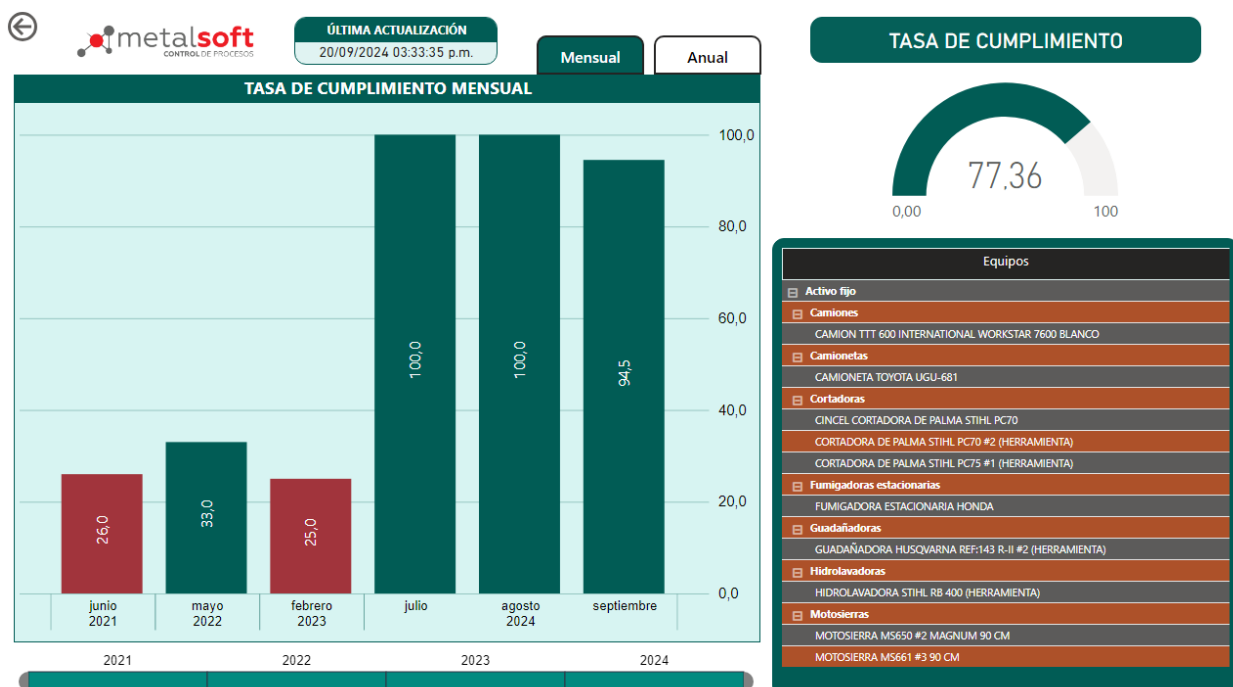


Figura 98

Indicador de desfase del tiempo planeado en Power BI



Figura 99

Indicador de horas ejecutadas en Power BI

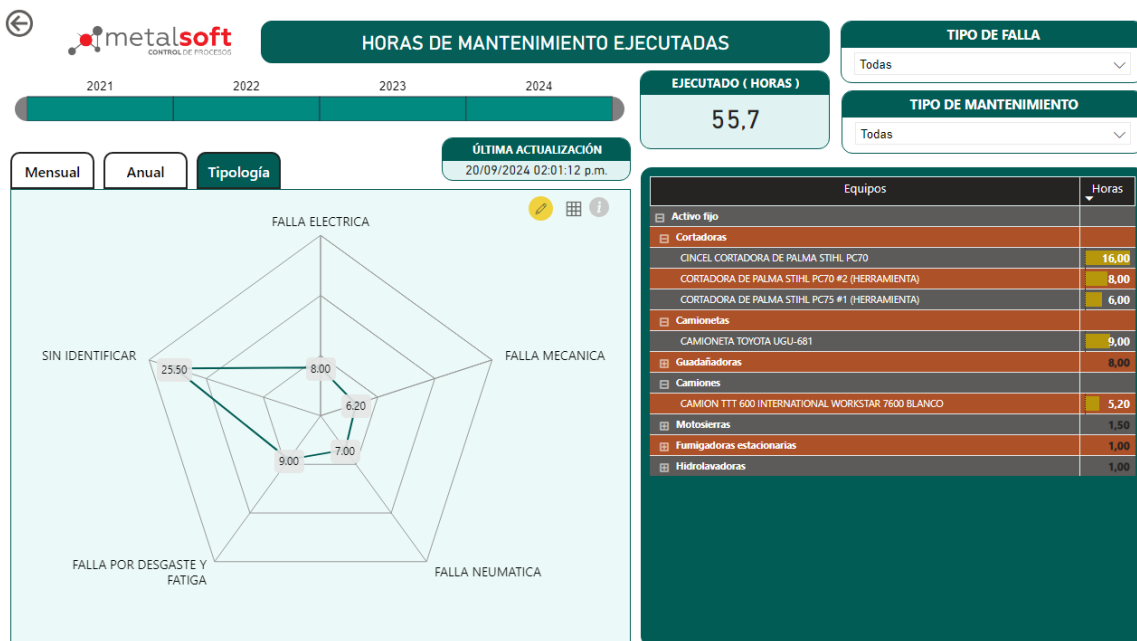


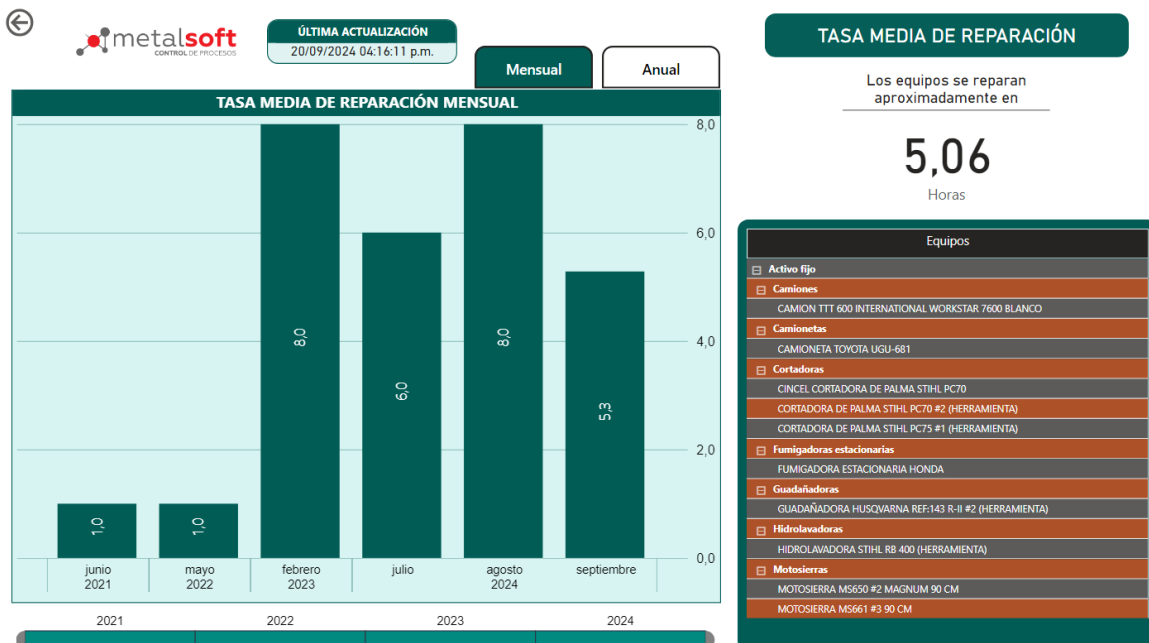
Figura 100

Indicador de tiempo medio de falla en Power BI



Figura 101

Indicador de tiempo medio de reparación en Power BI



7.7 Reportes del módulo

En tema de reportes el módulo de mantenimiento cuenta con un total de tres (3) reportes a los cuales se accede mediante la siguiente interfaz, seleccionando la opción de “informe”, seleccionando la lista desplegable y por último seleccionando el botón “generar”.

Figura 102

Interfaz de selección de reportes para el módulo de mantenimiento

Reportes y consultas mantenimiento

Grupo seleccionado

Equipo seleccionado

Hoja de ruta

OM Inicial

OM Final

Periodo

Desde: 01/ene./2024

Hasta: 18/sep./2024

Informe Consulta

Informe: Detalle de costos

Generar

Como se puede observar, la interfaz cuenta con una serie bastante amplia de filtros que permite detallar tanto como se requiera el reporte generado, el módulo de mantenimiento actualmente cuenta con un total de tres (3) reportes como se menciona anteriormente, estos reportes son: detalle de costos, hoja de vida e imprimir órdenes.

La primera de estas, detalle de costos, entrega un consolidado de todas las ordenes de mantenimiento completadas, relacionando costos de materiales, de mano de obra y directos.

Figura 103


Vistazo al reporte de detalle de costos

PRUEBAS - METALTECO S.A.S.						
NIT:800042867-0						
Detalle de costos						
Metalmecánica						
Desde el 01 de Enero de 2024 hasta el 18 de Septiembre de 2024						
Id orden de mantenimiento	Estado	Nombre	Materiales	Mano de obra	Costos directos	Total costos
OM:2024-00001	C	TESTEO OM CORRECTNA	139,406.69	322,103.28	2,500,000.00	2,961,509.87
OM:2024-00002	C	TEST	0.00	0.00	0.00	0.00
OM:2024-00012	C	TESTEO PRESTAMO AUTOMATICO 2	0.00	0.00	0.00	0.00
OM:2024-00013	C	TESTEO PRESTAMO AUTOMATICO 5EQ-COM10	0.00	0.00	0.00	0.00
OM:2024-00014	C	TESTEO X2 13SAD	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALES			139,406.69	322,103.28	2,500,000.00	2,961,509.87

Nota. Tomada de SAP CRYSTAL REPORTS

El siguiente reporte, denominado “Hoja de vida” genera un, por decirlo de alguna manera, historial de mantenimientos, la estructura de este reporte esta dado en Grupos, Equipos, Hojas de ruta, Ordenes de mantenimiento, dando de esta manera la posibilidad de buscar todos los mantenimientos realizados a un equipo específico, o todos los mantenimientos realizados en una fecha, rango de fechas o incluso los mantenimientos realizados en un rango de identificadores de las ordenes de mantenimiento, lo cual facilita en gran medida el seguimiento y el control por parte de los líderes del área y los gerentes administrativos y/o de operaciones que coordinan la empresa y sus actividades diarias como, por ejemplo, los mantenimientos realizados a diario.

Figura 104*Vistazo al reporte de hoja de vida*

	HOJA DE VIDA		9/18/2024	
			VERSIÓN 01	
Grupo:	Alesadora			
Código del grupo:	EQP.ALE.001			
Descripción:	Equipo convencional utilizado para la perforacion, alesado y desbaste de materia prima.			
Familia:	Alesadoras	Es especial	No	
Equipo: ALESADORA SUMMIT MODELO No.4HBM SERIAL 950 (ALESADOR - CODO - 2 BASES NIVELADORAS MESA - 19 PORTA HERRAMIENTAS)				
Código del equipo: 5MA-ALE01		Origen: Activo fijo		
Ordenes de mantenimiento completadas para el equipo				
Orden de mantenimiento: OM:2024-00002				
Responsable: DAZA MENESES GUILLERMO ANDRES				
Fecha de registro: 2024-08-24		Fecha de cierre: 2024-08-29		
Hoja de ruta: test				
Actividad	Completado	Observaciones		
actividad 1	Sí			
Orden de mantenimiento: OM:2024-00014				
Responsable: ACEVEDO BECERRA JAIRO ALONSO				
Fecha de registro: 2024-08-28		Fecha de cierre: 2024-08-29		
Hoja de ruta: test				
Actividad	Completado	Observaciones		
actividad 1	Sí			

Nota. Tomada de SAP CRYSTAL REPORTS

Por último, el reporte de “imprimir órdenes” crea un documento con múltiples ordenes de mantenimiento para facilitar la impresión, este reporte se puede observar en el apéndice B.

7.8 Consultas del módulo

El módulo de mantenimiento cuenta con un total de dos (2) consultas, las consultas son básicamente, de forma muy simplista tablas exportables a Excel con cierta información, la primer consulta denominada “Detalle de costos” al igual que el reporte de igual nombre proporciona un compilado de los costos de las ordenes, pero tal como se menciona anteriormente, lo hace en un formato de tablas exportable a Excel para facilitar cálculos y/o actividades adicionales, la siguiente consulta, denominada proyección de mantenimiento, proporciona una tabla completa en la cual

muestra todos los mantenimientos del año (excepto aquellos ya realizados) y todos los que se deben realizar hasta finalizar el año, como podemos observar a continuación.

Figura 105

Vistazo a la consulta detalle de costos

Orden de mantenimiento	Nombre	Costos directos	Costos de materiales	Costos de mano de obra	Costos totales	Estado
OM-2024-0001	TESTEO OM CORRECTIVA	2.500.000.0000	139.406.5881	322.103.2800	2.961.509.8681	C
OM-2024-0002	TEST	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	C
OM-2024-0012	TESTEO PRESTAMO AUTOMATICO 2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	C
OM-2024-0013	TESTEO PRESTAMO AUTOMATICO 5EQ-COM10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	C
OM-2024-0014	TESTEO X2 13SAD	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	C

Recuento: 1 Suma: 2.961.509.8681

Nota. Tomada de SAP CRYSTAL REPORTS

Figura 106

Vistazo a la consulta proyección de mantenimientos

Fecha de advertencia	Fecha del mantenimiento	Código de la hoja de ruta	Nombre de la hoja de ruta	Código del grupo	Nombre del grupo	Código del equipo	Nombre del equipo	Origen
20 jul. 2024	22 ago. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704006	TRACTOR KUBOTA 88 M-7040 DT	Activo fijo
26 jul. 2024	25 ago. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704000	TRACTOR KUBOTA 82 M-7040 DT # 71188	Activo fijo
08 ago. 2024	04 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704001	TRACTOR KUBOTA 88 M-7040 DT # 71191	Activo fijo
07 ago. 2024	07 ago. 2024	HR.MANPREPLAELE250HOR.001	Mantenimiento preventivo Planta eléctrica 250h.	EQP.PLAELE.001	Plantas eléctricas	GEN.ENE.CIM.C20.D6	GENERADOR DE ENERGIA CUMMINS C20 D6	Activo fijo
15 ago. 2024	14 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704008	TRACTOR KUBOTA #10 M-7040 DT	Activo fijo
15 ago. 2024	14 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704009	TRACTOR KUBOTA #10 M-7040 DT	Activo fijo
17 ago. 2024	16 sep. 2024	HR.MANPRECAM500KIL.001	Mantenimiento preventivo canoneta 5000 kilos.	EQP.CAM.002	Canonetas	CAM.TOT.UGLU.681	CANONETA TOYOTA UGLU-681	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPRECOR.001	Mantenimiento preventivo Cortadoras	EQP.COR.001	Cortadoras	CIN.COR.PAL.STH.HPC.70	CANCEL CORTADORA DE PALMA STH.HPC.70	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPRECOR.001	Mantenimiento preventivo Cortadora	EQP.COR.001	Cortadoras	COR.PAL.STH.HPC.076.002	CORTADORA DE PALMA STH.HPC.076.002	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPRECOR.001	Mantenimiento preventivo Cortadora	EQP.COR.001	Cortadoras	COR.PAL.STH.HPC.076.001	CORTADORA DE PALMA STH.HPC.076.001	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREFUMEST.001	Mantenimiento preventivo Fumigadora estacionaria	EQP.FUMEST.001	Fumigadoras estacionarias	FUM.EST.001	FUMIGADORA ESTACIONARIA HONDA	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREGUA.001	Mantenimiento preventivo Guadafle	EQP.GUA.001	Guadafle	GUA.HUS.143.002	GUADAFLE HUSQVARNA REF.143 R II z.	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREMOT.002	Mantenimiento preventivo motoaserra	EQP.MOT.003	Motoaserras	MOT.M5650.002	MOTOSIERRA M5650 #2 MAGNUM 90 CM	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREMOT.002	Mantenimiento preventivo motoaserra	EQP.MOT.003	Motoaserras	MOT.M5661.003	MOTOSIERRA M5661 #3 90 CM	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704005	TRACTOR KUBOTA #7 M-7040 DT	Activo fijo
18 ago. 2024	17 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704002	TRACTOR KUBOTA 88 M-7040 DT # 73002	Activo fijo
23 ago. 2024	22 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-704004	TRACTOR KUBOTA 88 M-7040 DT # 72991	Activo fijo
24 ago. 2024	23 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-1085	TRACTOR #12 M-1085	Activo fijo
29 ago. 2024	24 sep. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 300 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-1080T	TRACTOR #11 M-1080 DT	Activo fijo
29 ago. 2024	28 sep. 2024	HR.MANPREHID.001	Mantenimiento preventivo Hidrolavadora	EQP.HID.001	Hidrolavadoras	HID.STH.HRB.400	HIDROLAVADORA STH.HRB.400 (HERRAMIE...	Activo fijo
30 ago. 2024	30 ago. 2024	HR.MANPREPLAELE250HOR.001	Mantenimiento preventivo Planta eléctrica 250h.	EQP.PLAELE.001	Plantas eléctricas	GEN.LUS.010.KVA	GENERADOR LISTER 10 KVA	Activo fijo
30 ago. 2024	30 ago. 2024	HR.MANPREPLAELE250HOR.001	Mantenimiento preventivo Planta eléctrica 250h.	EQP.PLAELE.001	Plantas eléctricas	GEN.ELE.HON.GX90	GENERADOR ELECTRICO ENERMAX MOTOR.	Activo fijo
04 sep. 2024	04 oct. 2024	HR.MANPREPARTRAX300HOR.001	Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas	EQP.TRA.001	Tractores	TRA-1080T	TRACTOR #11 M-1080 DT	Activo fijo
07 sep. 2024	07 oct. 2024	HR.MANPREMOT.002	Mantenimiento preventivo motoaserra	EQP.MOT.003	Motoaserra	MOT.M5661.003	MOTOSIERRA M5661 #3 90 CM	Activo fijo
07 sep. 2024	07 oct. 2024	HR.MANPREMOT.002	Mantenimiento preventivo motoaserra	EQP.MOT.003	Motoaserra	MOT.M5650.002	MOTOSIERRA M5650 #2 MAGNUM 90 CM	Activo fijo
07 sep. 2024	07 oct. 2024	HR.MANPREGUA.001	Mantenimiento preventivo Guadafle	EQP.GUA.001	Guadafle	GUA.HHR.143.002	GUADAFLE HUSQVARNA REF.143 R II z.	Activo fijo

Recuento: 0 Suma: 0

Nota. Tomada de SAP CRYSTAL REPORTS

7.9 Calendario de proyección de mantenimiento

La última función resaltable del módulo de mantenimiento es denominada “Calendario de mantenimientos”, este calendario implementado en Power BI permite mediante una interfaz amigable y sencilla explorar mes a mes cuando se estima que se van a programar los mantenimientos y exactamente que mantenimiento va a caer y grupo y/o equipo del grupo.

Figura 107

Vistazo al calendario de proyección de mantenimiento



Nota. Tomada de Power BI

Figura 108

Vistazo a la agenda de proyección de mantenimiento



Nota. Tomada de Power BI

8. Conclusiones

El módulo de mantenimiento desarrollado e implementado en Metalsoft ERP como resultado de esta práctica empresarial, logró centralizar toda la información de equipos (activos fijos / herramientas) susceptibles a mantenimiento en un solo lugar dentro del ERP. Este desarrollo les permitió a los líderes de las distintas áreas tomar decisiones en base a los indicadores diseñados para cada uno de los equipos o grupos de mantenimiento, los cuales hasta la fecha tenían que tomarse, dicho de alguna manera, a ciegas o confiando en la intuición ya que el control y seguimiento era bastante complicado y engorroso, sin mayor nivel de detalle. La decisión de abarcar este proyecto con la metodología de prototipado evolutivo fue acertada evidenciando que permitió en toda la ejecución tener una realimentación constante entre el área de sistemas, tecnología y mantenimiento, para de esta manera obtener un resultado final eficiente, apegado a las necesidades reales y que satisfaga los intereses de todos los involucrados. Se sugiere que el módulo de mantenimiento sea operado por un operario u operarios calificados en el manejo del ERP Metalsoft ya que al mantener el diseño y usabilidad estándar del ERP la curva de aprendizaje es mínima, del mismo modo, esto asegura que, al ser un usuario con conocimiento en la herramienta, este digite la información relevante de forma correcta para asegurar un funcionamiento óptimo y predicciones eficaces a lo largo del tiempo. Para finalizar se permitió cubrir falencias en la toma y registro de datos existentes en algunas etapas del proceso, lo cual, tras la implementación del módulo de mantenimiento quedó resuelto facilitando las auditorias, acciones de almacén, reduciendo carga administrativa de los líderes de mantenimiento y optimizando la calidad de la información ya que cada mantenimiento crea un centro de control (lugar al que se cargan los gastos) logrando de esta manera que todo cargo, por pequeño o grande que sea tenga un destinado claro, no, “área de mantenimiento”.

9. Recomendaciones

Como recomendaciones se hace especialmente notorio, primero, implementar el análisis predictivo y compatibilidad con la programación automática de mantenimientos esto basado en datos históricos, estudios predictivos especializados y rendimiento de los equipos para anticipar fallas y optimizar los tiempos de mantenimiento. Luego, explorar la posibilidad de incorporar herramientas o interfaces que permitan gestionar los equipos de forma más flexible, facilitando la asignación de hojas de ruta. Y, por último, explorar la posibilidad de desarrollar una versión móvil del módulo que permita a los operarios gestionar y reportar el mantenimiento permitiendo así acceder a la información de los equipos desde cualquier dispositivo, en tiempo real

Referencias bibliográficas

- ACM, AIS, & IEEE-CS. (2005). *Computing curricula 2005*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/cc2005-march06final.pdf>
- Acumatica. (2024). *Sobre nosotros*. Recuperado de <https://es.acumatica.com/>
- Avila Arias, P. A. (2019). *Práctica empresarial en Metalteco S.A.S.: Desarrollo de una primera versión del módulo de gestión humana del sistema de información Metalsoft ERP, que permita apoyar el proceso de contratación de personal, de la empresa Metalteco S.A.S.* Sección 2.1.2.3, "Funcionalidades" (p. 23). Universidad Industrial de Santander.
- Castillo, C. (2021, 2 de noviembre). *¿Qué es y para qué sirve Crystal Reports?* Tesellar. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.tessellar.mx/blog/que-es-y-para-que-sirve-crystal-reports>
- Comparasoftware. (2023a). *Syspro: Entre los principales proveedores de ERP*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://blog.comparasoftware.com/mejores-erp-colombia/#h-3-syspro-entre-los-principales-proveedores-de-erp>
- Deloitte. (2017). *Predictive maintenance and the smart factory*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-predictive-maintenance.pdf>
- Drucker, P. F. (1973). *Management: Tasks, responsibilities, practices*. Harper & Row.
- ESPACIOERP. (2023a). *Los mejores ERP para PYMES en Colombia: Análisis y comparativa*. ContarERP: Uno de los mejores ERP para Pymes en Colombia. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://espacioerp.com/erp-colombia-pymes>

ESPACIOERP. (2023b). *Los mejores ERP para PYMES en Colombia: Análisis y comparativa*.

Siigo ERP: Aliado desde el principio hasta la cima. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://espacioerp.com/erp-colombia-pymes>

Estaún, M. (2023, 25 de enero). *La cadena de gestión de suministro (SCM)*. IEBSCHOOL.

Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.iebschool.com/blog/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>

IBM. (n.d.). *¿Qué es la planificación de recursos empresariales?* Recuperado el 12 de septiembre

de 2024, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/enterprise-resource-planning>

Laudon, J., & Laudon, K. (2016). *Sistemas de información gerencial* (14^a ed.). Pearson. ISBN 978-607-32-3696-6.

Microsoft. (2014, 13 de marzo). *Microsoft SQL Server*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024,

de [https://docs.microsoft.com/es-es/previous-versions/bb545450\(v=msdn.10\)](https://docs.microsoft.com/es-es/previous-versions/bb545450(v=msdn.10))

Microsoft. (2023a, 2 de junio). *Descripción general de los formularios de Windows*. Recuperado

el 12 de septiembre de 2024, de <https://docs.microsoft.com/enus/dotnet/framework/winforms/windows-forms-overview>

Microsoft. (2023b, 13 de junio). *Acerca del Programador de tareas*. Recuperado el 12 de

septiembre de 2024, de <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/win32/taskschd/about-the-task-scheduler>

Microsoft. (2024a, 21 de junio). *Visual Studio*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de

<https://learn.microsoft.com/es-es/visualstudio/get-started/visual-studio-ide?view=vs-2022>

Microsoft. (2024b). *Guía de Visual Basic*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de

<https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/visual-basic/>

Microsoft. (2024c, 4 de enero). *Procedimientos almacenados (motor de base de datos)*.

Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://learn.microsoft.com/es-es/sql/relational-databases/stored-procedures/stored-procedures-database-engine?view=sql-server-ver16>

Microsoft. (2024d, 1 de agosto). *Funciones definidas por el usuario*. Recuperado el 12 de

septiembre de 2024, de <https://learn.microsoft.com/es-es/sql/relational-databases/user-defined-functions/user-defined-functions?view=sql-server-ver16>

Microsoft. (2024e, 22 de marzo). *¿Qué es Power BI?* Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de

<https://learn.microsoft.com/es-es/power-bi/fundamentals/power-bi-overview>

Openbravo. (2024). *Openbravo*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de

<https://www.openbravo.com/es/soluciones/>

Papeles de Inteligencia. (2022). *Qué es un ERP: Guía para elegir el mejor ERP*. Recuperado el 12

de septiembre de 2024, de <https://papelesdeinteligencia.com/que-es-un-erp/>

Pérez Rondón, F. A. (2021a). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (p.

21). Universidad Santo Tomás.

Pérez Rondón, F. A. (2021b). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (p.

37). Universidad Santo Tomás.

Pérez Rondón, F. A. (2021c). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (p.

38, Tabla 2). Universidad Santo Tomás.

Pérez Rondón, F. A. (2021d). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (p.

39). Universidad Santo Tomás.

Pérez Rondón, F. A. (2021e). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial* (Fig.

12, p. 40). Universidad Santo Tomás.

Pressman, R. S. (2010). *Software engineering: A practitioner's approach* (7th ed.). McGraw-Hill Education. Cap. 2, "Process models" (p. 43).

Salesforce. (n.d.). *¿Qué es la CRM?* Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.salesforce.com/es/learning-centre/crm/what-is-crm/>

Salazar López, B. (2019, 16 de junio). *Planeación de requerimientos de materiales (MRP)*. INGENIERÍA INDUSTRIAL ONLINE. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/planeacion-de-requerimientos-de-materiales-mrp/>

SAP. (n.d.). *¿Qué es un sistema para gestión financiera (FMS)?* SAP. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sap.com/latinamerica/products/erp/s4hana/what-is-financial-management-system.html>

SYDLE. (2022a). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Actividades de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>

SYDLE. (2022b). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Eventos de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>

SYDLE. (2022c). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Gateways de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>

SYDLE. (2022d). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Objetos de conexión de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>

- SYDLE. (2022e). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Swimlanes de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>
- SYDLE. (2022f). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Artefactos de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>
- SYDLE. (2022g). *Notación BPMN: ¿Cómo aplicarla al mapeo de procesos?* (Objetos de datos de la notación BPMN). Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.sydle.com/es/blog/notacion-bpmn-y-mapeo-de-procesos-612016e4c0b1d23a91d22f6f>
- Tecnologías Información. (2018a). *Gestión de recursos humanos (HRM)*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.tecnologias-informacion.com/gestionrh.html>
- Tecnologías Información. (2018b). *Gestión de clientes (CRM)*. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://www.tecnologias-informacion.com/crm.html>
- Wieggers, K. E., & Beatty, J. (2013). *Software requirements* (3ra ed.). Microsoft Press.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Industrial Press.
- Zumaeta, C. (2022, 7 de julio). *¿Qué es Oracle NetSuite ERP y cómo funciona?* LatamReady. Recuperado el 12 de septiembre de 2024, de <https://latamready.blog/que-es-netsuite-erp-y-como-funciona/#htoc-qu-es-netsuite-erp-y-para-qu-sirve>

Apéndices

Apéndice A. Especificación de requisitos del software (SRS)

Propósito: El propósito de este documento es especificar de manera detallada los requerimientos funcionales y no funcionales para el desarrollo del módulo de mantenimiento. Este documento servirá como base para el desarrollo, implementación y verificación de funcionalidades solicitadas.

Alcance: El sistema permitirá la gestión del mantenimiento para los equipos de la empresa, proporcionando funcionalidades que faciliten el monitoreo, integración con otros módulos y la mejora de la eficiencia en los procesos de mantenimiento.

Definiciones, Acrónimos y Abreviaciones

OM: Orden de Mantenimiento

ERP: (Sistema de Planificación de Recursos Empresariales)

BD: Base de Datos

Referencias: Se espera que este documento cumpla con los estándares de IEEE 830 para especificaciones de requerimientos de software.

Visión general: Este documento está organizado en secciones que describen los requerimientos funcionales y no funcionales. También se incluyen las restricciones, el uso del sistema y la descripción de los usuarios involucrados.

Perspectiva del producto: El módulo de mantenimiento es parte de un sistema ERP llamado Metalsoft, este permite la gestión y control de las órdenes de mantenimiento para los equipos de Metalteco, facilitando el seguimiento, análisis y gestión integral del área de mantenimiento.

Funcionalidades del producto:

El sistema permitirá:

Registro y seguimiento de órdenes de mantenimiento.

Gestión de horómetros y hojas de ruta.

Adjuntar documentos y asociar activos a órdenes de mantenimiento.

Visualización de indicadores clave en herramientas de análisis (Power BI).

Integración con otros módulos del ERP para optimizar el proceso de mantenimiento.

Usuarios del producto: Los usuarios serán principalmente: director administrativo, administrador del software y líder de mantenimiento

Restricciones del sistema: El sistema debe funcionar dentro del entorno del ERP existente asegurándose de mantener su aspecto y no afectar el rendimiento general del sistema.

Suposiciones y dependencias: Se asume que el sistema ERP ya está operativo y que el módulo de mantenimiento se integrará a dicho sistema sin afectar otras funcionalidades.

Requerimientos funcionales:

ID	Descripción del requerimiento	Prioridad
RF-01	Visualizar el nombre del equipo en el indicador de proyección de Power BI.	MEDIA
RF-02	Visualizar todos los documentos que se realizaron en la pestaña de solicitudes de servicios del formulario de OM.	ALTA
RF-03	Configurar días de antelación para los mantenimientos preventivos automáticos: 30 días para Palmeras, 15 días para Metalmecánica.	ALTA
RF-04	Implementar la funcionalidad de impresión para las órdenes de mantenimiento (OM) desde el formulario de OM.	ALTA
RF-05	Sincronizar la fecha de proyección del mantenimiento en Power BI con la fecha real.	ALTA
RF-06	Mostrar los costos (materiales, mano de obra y costos directos) igual que en el formulario de subórdenes de producción en la pestaña correspondiente.	ALTA
RF-07	Mostrar los conceptos de las solicitudes de inventario en la pestaña de solicitudes de inventario.	ALTA
RF-08	Registrar el préstamo de activos fijos o herramientas al responsable de la orden de mantenimiento cuando se registre una nueva OM.	ALTA
RF-09	Preguntar a quién se devolverá el activo fijo o herramienta al completar una orden de mantenimiento.	ALTA
RF-10	Registrar el despiece de los equipos y permitir asociar dichas piezas a las actividades de la hoja de ruta.	ALTA
RF-11	Crear un nuevo estado para la orden de mantenimiento (no atendida) y solicitar una observación del usuario.	ALTA
RF-12	Implementar la reprogramación de órdenes de mantenimiento.	ALTA
RF-13	Visualizar las actividades realizadas en el último mantenimiento del equipo.	ALTA
RF-14	Implementar frecuencias de hojas de ruta por días, meses, semestres y años para el mantenimiento de los equipos.	ALTA

RF-15	Permitir la vinculación de documentos o archivos a las órdenes de mantenimiento.	MEDIA
RF-16	Crear una hoja de vida para el equipo que permita llevar un registro histórico del equipo.	ALTA
RF-17	Vincular tanto activos fijos como herramientas a los grupos, considerando que las herramientas también son activos fijos registrados en la BD.	ALTA
RF-18	Asociar fichas técnicas a cada equipo para poder individualizar la información técnica.	ALTA
RF-19	Añadir la ubicación o el proceso relacionado con los equipos dentro del sistema.	ALTA
RF-20	Asociar automáticamente el modelo, la marca y el fabricante del equipo cuando sea posible.	ALTA
RF-21	Clasificar los equipos en una familia o tipo de equipo específico dentro del sistema.	ALTA
RF-22	Registrar manual o automáticamente el uso del equipo, conservando el historial de quién ingresó la información y cuándo.	ALTA
RF-23	Implementar un control de horómetro por cada hoja de ruta.	ALTA
RF-24	Permitir el registro manual de horómetros para llevar un registro tanto de tiempos reales como promedios (opcional).	ALTA
RF-25	Añadir una pestaña (TabPage) en las órdenes de mantenimiento para gestionar las solicitudes de servicio de equipos enviados a terceros para reparación.	ALTA
RF-26	Dividir los tipos de equipos por sucursal para que las listas desplegables muestren información específica según la sucursal.	ALTA
RF-27	Precargar los materiales requeridos en las hojas de ruta antes de ejecutar el mantenimiento.	ALTA
RF-28	Identificar qué hoja de ruta se relaciona con qué equipo, desde la base BD.	ALTA
RF-29	Permitir que un grupo de mantenimiento tenga varios equipos relacionados.	ALTA
RF-30	Añadir un campo de estado y descripción a cada orden de mantenimiento.	ALTA
RF-31	Añadir frecuencias a las hojas de ruta para que el sistema determine cuándo se deben repetir.	ALTA

Requerimientos no funcionales:

ID	Descripción del requerimiento	Prioridad
RNF-01	Mantener el aspecto general del ERP asegurando que la interfaz y usabilidad sea igual que en todo el sistema para hacer la curva de aprendizaje lo menor posible.	ALTA
RNF-02	Posibilidad de integrar nuevas funcionalidades sin reestructuración mayor.	ALTA
RNF-03	Registro detallado de todas las acciones realizadas por los usuarios.	ALTA
RNF-04	Control de accesos mediante permisos y roles.	ALTA
RNF-05	Manejar órdenes simultáneas sin degradar el rendimiento.	ALTA

Apéndice B. PDF generado al imprimir la Orden de mantenimiento

	ORDEN DE MANTENIMIENTO		Fecha de registro 13/09/2024
			Fecha de completado DD / MM / AAAA
Orden de mantenimiento: ORDEN DE MANTENIMIENTO CREADA AUTOMÁTICAMENTE		Código: OM:2024-00024	
Hoja de ruta: Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas		Código: HDR.MANPREPARTRA100HOR.00	
Equipo: TRACTOR #11 M-108 DT		Código: TRA-108DT	
Familia: Tractores	Origen: Activo fijo	Ubicación: Sanidad	
Responsable: CASTRO IPUZ LUIS HUMBERTO		Tiempo estimado: 5,00 (Horas)	
Contador reportado		Tiempo gastado (Horas)	
		Nombre de la falla o problema	
Inspección inicial		Solución dada	
Tipo de falla Falla mecánica <input type="checkbox"/> Falla hidráulica <input type="checkbox"/> Falla por fatiga/desgaste <input type="checkbox"/> Falla eléctrica <input type="checkbox"/> Falla neumática <input type="checkbox"/> Falla sin especificar <input type="checkbox"/>		Firma del supervisor (cuando se completa)	
Actividades		Observaciones	Completado
Cambio de aceite hidráulico			<input type="checkbox"/>
cambio de valvulina			<input type="checkbox"/>
revisión de bomba del hidráulico			<input type="checkbox"/>
revisión del alce de los brazos del hidráulico			<input type="checkbox"/>
revisión del toma fuerza			<input type="checkbox"/>

Apéndice C. Capacitación palmeras

	ACTA DE REUNIÓN	FECHA DE REUNIÓN: 2024-08-31	Código por definir
		Ver. 01	Pág. 1 de 1

PROYECTO / REFERENCIA	Módulo de mantenimiento		
TEMA / ASUNTO	Inicio módulo de mantenimiento - Palmeras		
LUGAR	Virtual	Acta diligenciada por	Guillermo A. Daza M.
FECHA DE REUNIÓN	2024/08/31		

Distribución de acta: Todos los asistentes, con copia a quienes se indica a continuación.

Asistentes	Presenciales	Con Copia
Metalteco		
Fabián Ordóñez (DAF)	X	
Ludwig Ballesteros (LPS)	X	
Nicolás Flórez (LMP)	X	
Andrés Castro (DP)	X	
José Elkin Ruiz (DA)	X	
Guillermo Daza (PU)	X	

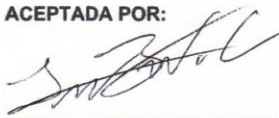
Notas: Todas las fechas en formato DD / MM / YY

Siglas / acrónimos:

- SPS: Sucursal palmeras
- DAF: Director administrativo y financiero
- LPS: Líder de programación y software
- LMP: Líder de mantenimiento palmeras
- DP: Director de plantación SPS
- DA: Director agrónomo SPS
- PU: Practicante universitario

Ejecución de acta:

Nr	Descripción	Responsable	Fecha entrega
	Agenda de reunión ■ Inicio módulo de mantenimiento - Palmeras	PU	N/A
1	Explicación general		
1.1	Se realiza detalle de idea general, estructura y funciones a grandes rasgos del módulo	PU	N/A
2	Capacitación		
2.1	Se detalla el ciclo de vida desde un equipo a orden de mantenimiento	PU	N/A
2.2	Se explica acceso a reportes, consultas e indicadores	PU	N/A

ACEPTADA POR:


Firma 1 (LPS)



Firma 2 (PU)

Apéndice D. Capacitación metalmecánica

	ACTA DE REUNIÓN	FECHA DE REUNIÓN: 2024-09-26	Código por definir
		Ver. 01	Pág. 1 de 1

PROYECTO / REFERENCIA	Módulo de mantenimiento		
TEMA / ASUNTO	Inicio módulo de mantenimiento – Metalmecánica		
LUGAR	Metalteco	Acta diligenciada por	Guillermo A. Daza M.
FECHA DE REUNIÓN	2024/09/26		

Distribución de acta: Todos los asistentes, con copia a quienes se indica a continuación.

Asistentes	Presenciales	Con Copia
Metalteco		
Alexander Ovalle (CDS)	X	
Ludwig Ballesteros (LPS)	X	
Felipe Manrique (PA)	X	
Guillermo Daza (PU)	X	
Ángel Gélvez (LM)	X	

Notas: Todas las fechas en formato DD / MM / YY

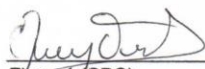
Siglas / acrónimos:

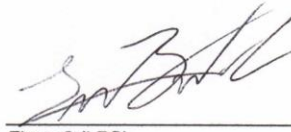
- SMA: Sucursal metalmecánica
- CDS: Coordinador de sistemas
- LPS: Líder de programación y software
- PA: Profesional administrativo
- LM: Líder de mantenimiento
- PU: Practicante universitario

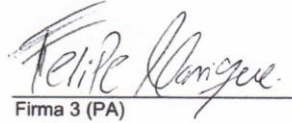
Ejecución de acta:


Nr	Descripción	Responsable	Fecha entrega
	Agenda de reunión		
	■ Inicio módulo de mantenimiento – Metalmecánica	PU	N/A
1	Explicación general		
1.1	Se realiza detalle de idea general, estructura y funciones a grandes rasgos del módulo	PU	N/A
2	Capacitación		
2.1	Se detalla el ciclo de vida desde un equipo a orden de mantenimiento	PU	N/A
2.2	Se explica acceso a reportes, consultas e indicadores	PU	N/A

ACEPTADA POR:

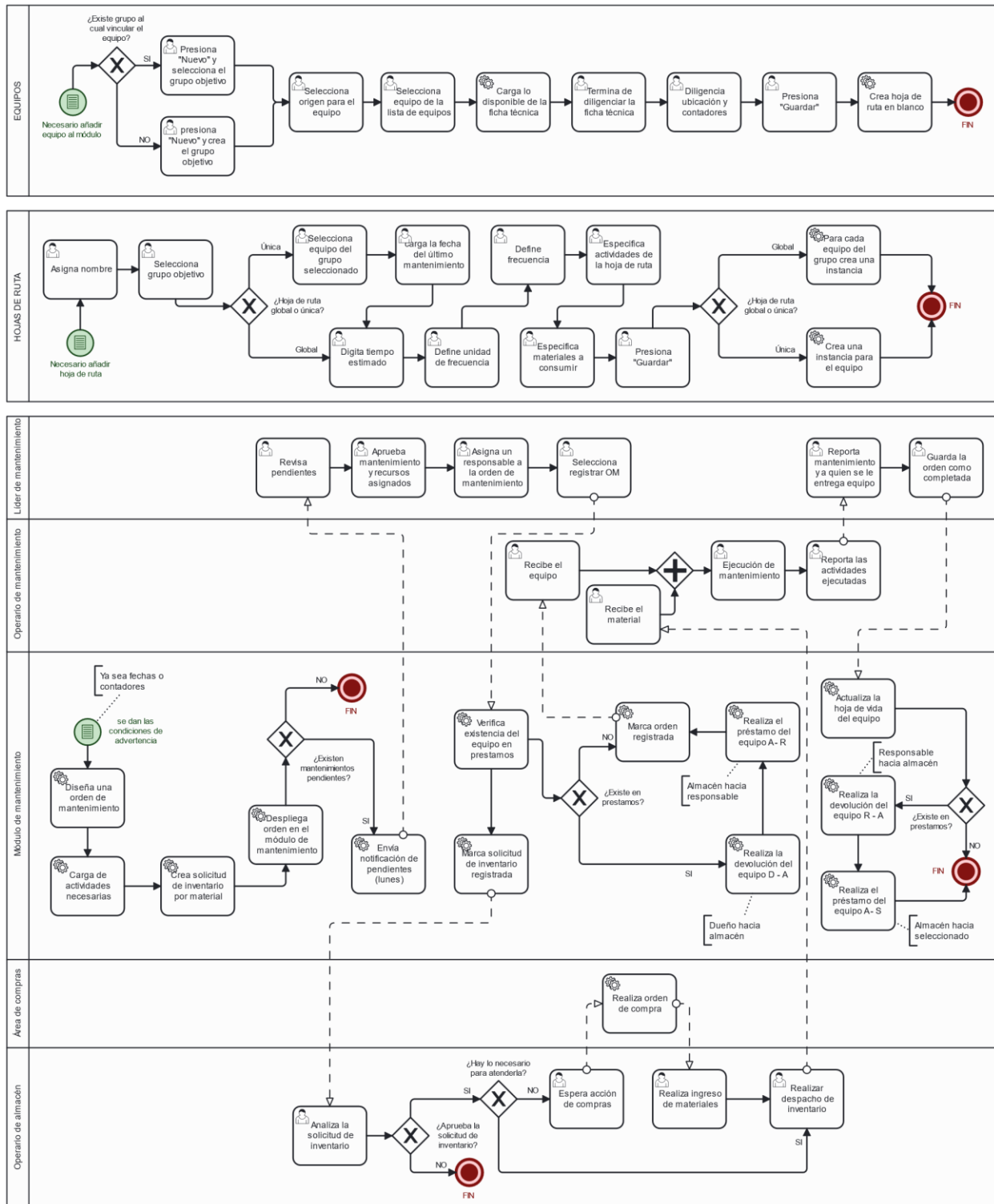

Firma 1 (CDS)


Firma 2 (LPS)


Firma 3 (PA)


Firma 5 (PU)

Apéndice E. Modelo BPMN para el proceso global del módulo de mantenimiento



Apéndice F. Plan de pruebas básico aplicado a cada prototipo

1. Introducción de plan de pruebas

Objetivo: Probar la integración y comunicación entre los módulos del sistema ERP, asegurando que la información fluya correctamente y que los procesos de las pantallas funcionen sin errores.

Ámbito: Pruebas funcionales y de integración de las pantallas Equipos, Hojas de ruta, Órdenes de mantenimiento, Reportes y consultas.

2. Alcance de las pruebas

Equipos: Gestión de grupos y equipos

Hojas de ruta: Definición de actividades y materiales para las ordenes de mantenimiento

Órdenes de mantenimiento: Gestión de órdenes, actividades asignadas y materiales solicitados

3. Foco de la integración

Las pruebas se centrarán en cómo los datos y las acciones de un módulo impactan en otros, asegurando que los procesos entre módulos se ejecuten correctamente.

4. Estrategia de pruebas

Pruebas de integración

- Asegurarse de que los datos introducidos en una pantalla se reflejen correctamente en las otras.
- Validar que las relaciones entre los módulos (Ej. equipos vinculados a órdenes de mantenimiento) sean coherentes y sin errores.

Pruebas funcionales

Equipos:

- Verificar la creación, actualización y eliminación de equipos.
- Confirmar que los equipos actualizados en este módulo sean accesibles y correctamente mostrados en las "Órdenes de mantenimiento" y "Hojas de ruta".

Hojas de ruta

- Probar la creación de hojas de ruta, asegurándose de que los equipos se asignen correctamente y que puedan ser utilizados en las órdenes de mantenimiento.
- Validar que al realizar cambios en una hoja de ruta (como modificar la relevancia de actividades), estos cambios se reflejen en las órdenes de mantenimiento posteriores.

Órdenes de mantenimiento

- Verificar la correcta asignación de equipos y hojas de ruta a cada orden.
- Validar que al cambiar el estado de una orden (por ejemplo, de "Pendiente" a "Completado"), se actualicen correctamente los datos en los módulos de "Equipos" y "Reportes y consultas".

Reportes y consultas

- Probar que los reportes tengan la información actualizada de los equipos, órdenes y hojas de ruta.
- Validar la precisión de los reportes, confirmando que los datos se reflejan correctamente.

Pruebas de regresión: Asegurarse de que, al modificar cualquier módulo, las funcionalidades ya existentes en los otros no se vean afectadas.

5. Casos de prueba

Caso de prueba 1: Creación de un equipo y su vinculación a una orden de mantenimiento

Acción: Crear un equipo en el módulo "Equipos".

Prueba de integración: Asegurarse de que el equipo recién creado esté disponible en el módulo "Órdenes de mantenimiento" al crear una nueva orden.

Caso de prueba 2: Actualización de una hoja de ruta vinculada a varias órdenes.

Acción: Modificar una hoja de ruta en el módulo "Hojas de ruta".

Prueba de integración: Asegurar que los cambios se reflejen en todas las órdenes de mantenimiento que se creen posteriormente a la modificación.

Apéndice G. Manual de usuario para el módulo de mantenimiento



MÓDULO DE MANTENIMIENTO

MANUAL DE USUARIO



Septiembre de 2024

Versión 01

 <p>METALTECO METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</p>	<p>MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO</p>	<p>Ver. 01</p>	<p>Pág. 2 de 15</p>
--	---	----------------	---------------------


TABLA DE CONTENIDO

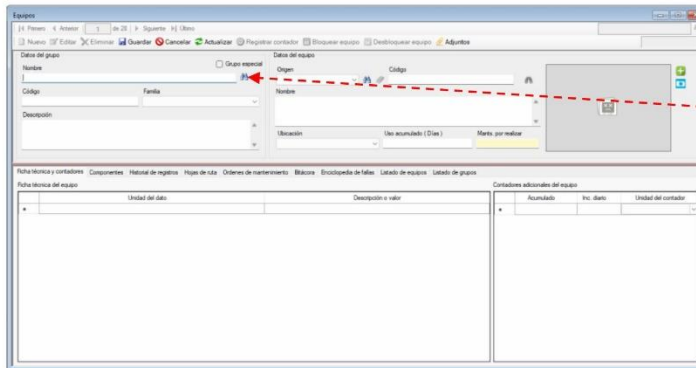
1 PANTALLA EQUIPOS	3
1.1 CREAR GRUPO / VINCULAR EQUIPO	3
1.2 EDITAR EQUIPO / GRUPO	5
1.3 REGISTRAR CONTADORES.....	5
1.4 BLOQUEAR / DESBLOQUEAR EQUIPO	5
1.5 ADJUNTOS.....	6
1.6 NAVEGACIÓN GENERAL.....	6
2 PANTALLA HOJAS DE RUTA	6
2.1 CREAR HOJA DE RUTA	6
2.2 EDITAR HOJA DE RUTA.....	8
2.3 NAVEGACIÓN GENERAL.....	9
3 PANTALLA ORDENES DE MANTENIMIENTO	9
3.1 CREAR ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVA/CORRECTIVA	9
3.2 EDITAR ORDENES DE MANTENIMIENTO	11
3.3 GESTIONAR ORDENES DE MANTENIMIENTO AUTOMÁTICAS	11
3.4 FUNCIONES DE LA ORDEN DE MANTENIMIENTO	12
4 PANTALLA REPORTES Y CONSULTAS.....	15
5 INDICADORES DEL MÓDULO.....	15


 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 3 de 15
--	--	---------	--------------

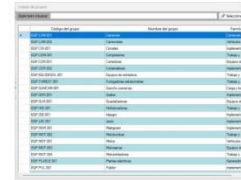
1 PANTALLA EQUIPOS

1.1 CREAR GRUPO / VINCULAR EQUIPO


Para crear un grupo o vincular un equipo se debe seleccionar el botón  Nuevo al hacerlo la interfaz de ingreso de datos se activa como podemos observar a continuación.



Lo primero que debemos hacer es seleccionar o crear el grupo al cual le vamos a vincular equipos, para eso vamos a hacer clic en el botón de  al hacerlo se nos muestra una lista de todos los grupos existentes.




De la lista mostrada haciendo doble clic podemos seleccionar el grupo que deseamos, dado el caso que no lo encontremos podemos cerrar la lista y crearlo, como se muestra a continuación.

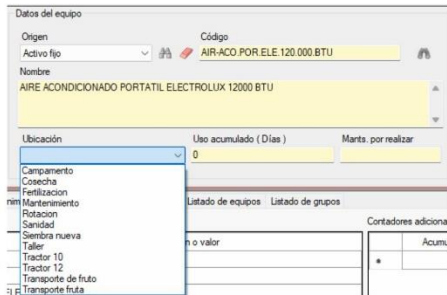


Al ingresar el nombre y hacer clic en otro lugar el código se crea automáticamente, seleccionamos la familia a la que pertenece, de no existir se solicita al administrador del sistema la creación y por último la descripción, hasta este punto es lo necesario para crear un grupo, a continuación, el proceso de vincular un equipo.

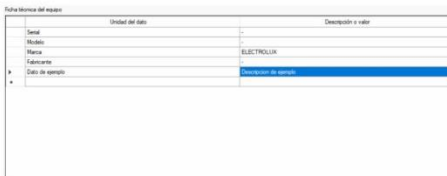
Lo primero es seleccionar el origen del equipo, los orígenes son tres (3), el primero, Equipo especial (función especial, al final de la sección **1.1 CREAR GRUPO / VINCULAR EQUIPO** se explica el funcionamiento de este origen), Activo fijo y Herramienta desechable, dicho origen se selecciona mediante la siguiente lista desplegable.



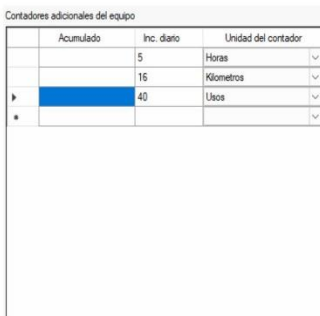
Tras seleccionar el origen del equipo a vincular presionamos el botón  este despliega una lista de equipos que podemos vincular (cada equipo se puede vincular máximo a un grupo) al seleccionar el equipo se precarga toda la información disponible, solo resta seleccionar la ubicación del equipo creadas con anterioridad.

Hasta este punto podemos vincular el equipo sin más datos adicionales, aunque si se desea se puede crear los contadores, crear los componentes y modificar la ficha técnica, la cual cuenta con información básica (Serial, Modelo, Marca, Fabricante) la cual no se puede eliminar, es importante mencionar que dado el caso no conozca el dato puede colocarlo con un guion "-", cuando se selecciona el equipo a vincular la ficha técnica se precarga con la información disponible en base de datos, tal cómo se puede observar a continuación.




Aquí podemos añadir tantos datos como se considere necesario, para el caso de los contadores podemos crear hasta un máximo de tres (3) tipos de contadores (Horas, Kilómetros y Usos), al crearlo debemos seleccionar el tipo de contador y el incremento diario del mismo, como se puede observar a continuación.



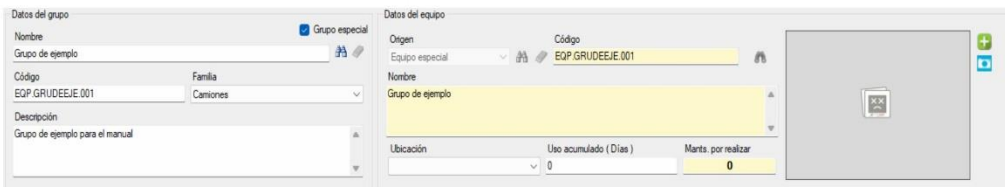
Acumulado	Inc. diario	Unidad del contador
5		Horas
16		Kilometros
40		Usos

El acumulado no se puede ingresar por el usuario, dicho acumulado se ingresa mediante la interfaz de registro de contadores, lo cual se explica en la sección **1.3 REGISTRAR CONTADORES**.



Los componentes tienen dos formas diferentes de crearse, la primera es crear el componente de forma manual esto es para componentes del equipo que no existen como activos fijos en la base de datos, la segunda es desde activos fijos, para esto simplemente se selecciona el botón de  el cual despliega un listado de los activos fijos.

Por último, desde la interfaz de crear grupos y vincular equipos podemos crear un grupo/equipo especial, este es diseñado para poder vincular instancias que no existen en la base de datos, pero igual se le realiza mantenimiento, a esta función se accede creando un grupo de forma manual y luego seleccionando Grupo especial.

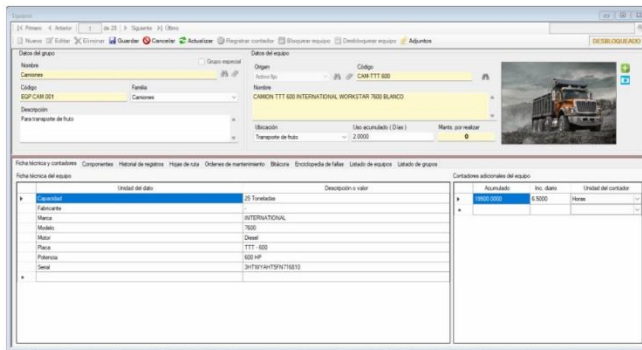


Al hacerlo se selecciona el origen como equipo especial de forma automática y se precarga todo del equipo.



1.2 EDITAR EQUIPO / GRUPO

Para editar un grupo o equipo se debe seleccionar el botón Editar, al hacerlo, la interfaz de edición de datos se activa como podemos observar a continuación.



En esta podemos editar del grupo la familia y la descripción, por otro lado del equipo se puede editar la ubicación, uso acumulado, la ficha técnica, los contadores (menos el acumulado) y los componentes, como dato importante es necesario mencionar que desde la interfaz de edición se pueden añadir imágenes con el botón de las cuales dado el caso de que el equipo no tenga imagen cargada en la base de datos de activos fijos sirve como imagen para mostrarse, al presionar este botón se abre una interfaz en la que debemos simplemente seleccionar la imagen de

nuestra carpeta de archivos y esta se cargará y almacenará, la imagen se puede observar con el botón de , no se carga de manera automática para agilizar la carga y navegación general en el módulo.

1.3 REGISTRAR CONTADORES

Para registrar los contadores se debe seleccionar el botón Registrar contador, al hacerlo la interfaz de registro se activa como podemos observar a continuación.



Cuando presionamos el botón de registrar contador se precargan a la interfaz los datos del equipo y grupo en cuestión, solo resta ingresar una observación si es necesario, el contador a la fecha del registro, ingresar la fecha de toma del dato y por último indicar el tipo de contador, es importante mencionar que solamente aparecen los contadores que el equipo tiene creados, tras realizar estos registros se les puede realizar seguimiento desde la pestaña "Historial de registros", desde esta se detalla quien hizo el registro, a razón de qué y en cuanto fijó el contador.

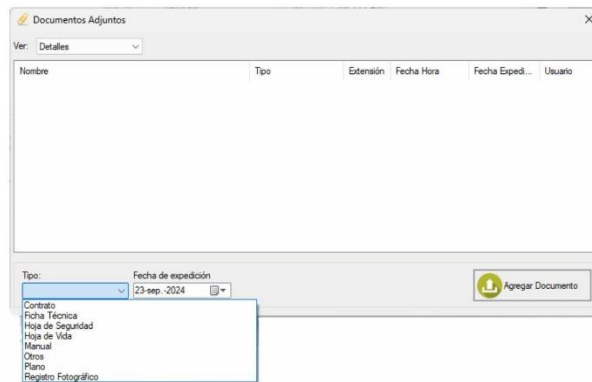
Grupo equipo	Unidad del contador	Contador	Fecha	Usuario
CAMION TTT 600	Horas	10000.0000	21-09-2024	DAVID MENDEZ GUILLETRIO ANDRES
CAMION TTT 600	Horas	10000.0000	21-09-2024	DAVID MENDEZ GUILLETRIO ANDRES
CAMION TTT 600	Horas	10000.0000	16-09-2024	DAVID MENDEZ GUILLETRIO ANDRES
CAMION TTT 600	Horas	10000.0000	16-09-2024	DAVID MENDEZ GUILLETRIO ANDRES
CAMION TTT 600	Horas	10000.0000	16-09-2024	DAVID MENDEZ GUILLETRIO ANDRES


1.4 BLOQUEAR / DESBLOQUEAR EQUIPO

Para bloquear o desbloquear los equipos deben estar en el estado opuesto, por ejemplo, si el equipo está desbloqueado, solamente estará habilitado el botón Desbloquear equipo por el contrario si el equipo se encuentra desbloqueado, solamente el botón Bloquear equipo estará habilitado, esta función sirve para que dado el caso de estar bloqueado no se programe de forma automática mantenimientos a este equipo.

 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 6 de 15
--	--	---------	--------------

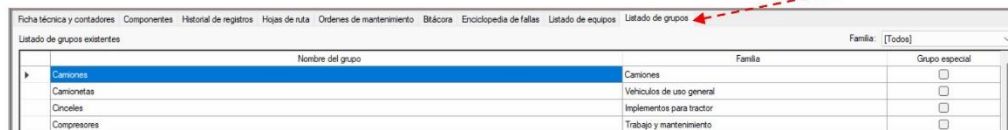
1.5 ADJUNTOS



Para entrar en la interfaz de adjuntos se debe hacer clic en el botón , al entrar debemos seleccionar el tipo de adjunto a añadir y luego presionar el botón de agregar documento para poderlo seleccionar desde el explorador de archivos y que quede guardado en la base de datos de documentos.

1.6 NAVEGACIÓN GENERAL

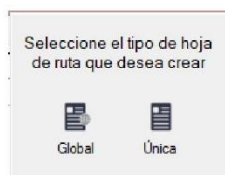
La navegación general está dada en dos partes, grupos y equipos, como se ha mencionado a lo largo de la sección 1, el grupo se encarga de “agrupar” equipos, por tanto, para explorar la pantalla de equipos lo debemos hacer de la misma manera, debemos primero ir al **Listado de grupos** y seleccionar el grupo que estamos buscando, posteriormente nos dirigimos al **Listado de equipos** y seleccionamos el equipo que nos interesa de aquellos que el grupo tiene vinculados, al hacerlo toda la información de la interfaz se va a actualizar mostrando lo referente al equipo y grupo seleccionado, estos se seleccionan en los paneles o pestañas inferiores.



2 PANTALLA HOJAS DE RUTA

2.1 CREAR HOJA DE RUTA


Para crear una hoja de ruta se debe seleccionar el botón , al hacerlo la interfaz de selección de tipo se va a desplegar, en ella se decide si vamos a ingresar una hoja de ruta global o única como podemos observar.

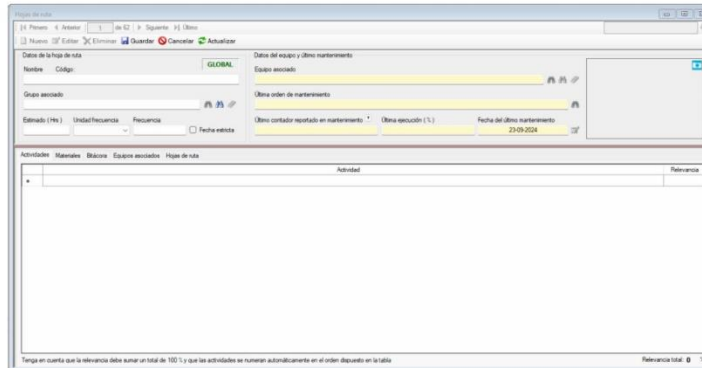


La diferencia principalmente entre los dos tipos de hoja de ruta radica en que la hoja de ruta global se crea para el grupo como tal, es decir, todo equipo vinculado al grupo seleccionado y todo equipo que en el futuro se vincule al grupo va a tener una instancia de hoja de ruta, en contra parte, la hoja de ruta única se crea, como su nombre lo indica, únicamente para el equipo seleccionado y no afecta a ningún otro. Tan pronto como se selecciona el tipo de hoja de ruta se habilita la interfaz de carga de datos para proceder con el diseño de la hoja de ruta, como se puede observar a continuación.

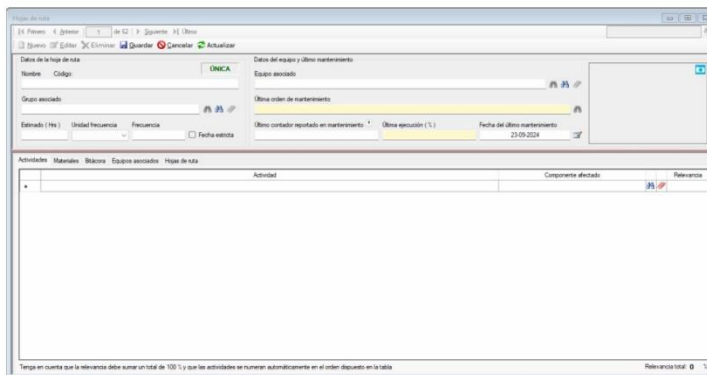
	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 7 de 15
---	--	---------	--------------

2.1.1 HOJA DE RUTA GLOBAL


Al crear una hoja de ruta global solamente debemos indicar el grupo para el cual se planea crear, el grupo se busca de la lista que aparece al hacer clic en el botón  de "Datos de la hoja de ruta" luego se le asigna un nombre, y al igual que con los equipos tras hacerlo se le va a crear de forma automática un código de hoja de ruta, solamente resta fijar el tiempo estimado en horas para la ejecución de esta hoja de ruta, la unidad de frecuencia que va a tener, esta varía entre, días, meses, semestres y años, entre otras que se habilitan únicamente cuando todos en el grupo (en caso de las globales) o el equipo seleccionado tengan los contadores en cuestión, por último el dato de **Fecha estricta** sirve para que sin importar el comportamiento de los contadores, el mantenimiento lo lance en la fecha indicada, por ejemplo, si se tiene una hoja de ruta que se lanza cada dos (2) meses, no hay forma de que ese mantenimiento se lance de forma automática antes de ese periodo sin importar que tanto aumenten los contadores.



2.1.2 HOJA DE RUTA ÚNICA



Al crear una hoja de ruta única debemos indicar el grupo y el equipo para el cual se planea crear la hoja de ruta, al igual que con la hoja de ruta global el grupo se busca de la lista que aparece cuando hacemos clic en el botón  de "Datos de la hoja de ruta" luego se le asigna un nombre, y al igual que con los equipos tras hacerlo se le va a crear de forma automática un código de hoja de ruta, solamente resta fijar el tiempo estimado en horas para la ejecución de esta hoja de ruta, la unidad de frecuencia que va

a tener, esta varía entre, días, meses, semestres y años, entre otras que se habilitan únicamente cuando todos en el grupo (en caso de las globales) o el equipo seleccionado tengan los contadores en cuestión, por último el dato de **Fecha estricta** sirve para que sin importar el comportamiento de los contadores, el mantenimiento lo lance en la fecha indicada, por ejemplo, si se tiene una hoja de ruta que se lanza cada dos (2) meses, no hay forma de que ese mantenimiento se lance de forma automática antes de ese periodo sin importar que tanto aumenten los contadores, en el caso de las hojas de ruta únicas debemos seleccionar el equipo desde el botón  del apartado "Datos del equipo y último mantenimiento", tras esto fijamos la fecha del último mantenimiento y el contador en ese mantenimiento (si lo conocemos, de lo contrario se deja por defecto).

 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 8 de 15
--	--	---------	--------------

2.1.3 ACTIVIDADES


Tras crear la hoja de ruta que mejor nos convenga se digitan las actividades, estas disponen de tres (3) partes, la primera, "Actividad" en esta se escribe las actividades a ejecutar en el mantenimiento, cuanto mayor granularidad se disponga se va a facilitar más el seguimiento a la ejecución, la segunda, "Componente afectado" se encuentra disponible únicamente cuando es una hoja de ruta única y permite fijar una actividad a un componente específico del equipo (el componente debe crearse con anterioridad para que aparezca al buscar los componentes del equipo), por ejemplo, para una actividad llamada "cambio de bujías" le vinculamos el componente "Motor", de esta manera sabemos exactamente cuándo se interviene un componente crítico de algún equipo y podemos tener un control mayor. Por último, la "Relevancia", esta debe sumar 100% distribuidos como el usuario requiera, como su nombre indica sirve para identificar que tan importante es una actividad a la hora de ejecutarla y también permite conocer que tanta ejecución del plan de mantenimiento se ha dado en base a las actividades que se ejecutaron y las que no lo hicieron, a continuación, un ejemplo diligenciado.

Actividad	Componente afectado	Relevancia
Ejemplo 1. actividad poco importante		15
Ejemplo 2. actividad muy importante		70
Ejemplo 3. actividad de importancia media		15
...		...

Tenga en cuenta que la relevancia debe sumar un total de 100 % y que las actividades se numeran automáticamente en el orden dispuesto en la tabla. Relevancia total: 100 %.


Observamos en la parte inferior derecha de esta imagen que se tiene una relevancia total de 100% la cual se actualiza tras cada ingreso de edición realizada en alguna de las actividades, si no tiene 100% no se podrán guardar las actividades.

2.1.4 MATERIALES

Otra función importante es la de precargar los materiales a la hoja de ruta, al igual que con las actividades esto sirve para que cuando se lance un mantenimiento de forma automática tanto las actividades como los materiales se carguen a la orden evitando tener que ingresarlos de forma manual, la forma de ingreso de materiales se da mediante el botón de  que aparece tras ingresar a la pestaña "Materiales", en esta aparece una lista en la cual buscamos el material a añadir y le damos doble clic, aquí se precarga toda la información, lo único a modificar es "Unidad medida" (de ser necesario si no se deja por defecto) y "Unidades" para indicar cuanto se requiere, esto es solamente una planeación, no se va a hacer efectivo hasta que una orden de mantenimiento llame a esta hoja de ruta y cree una solicitud de inventario con los materiales precargados en la hoja de ruta.

Código Inventario	Nombre Inventario	Unidades	Dim 1	Dim 2	Cantidad	Unidad medida
EMB-FLE 1/2	EMBUDO FLEXIBLE 1/2 LT	2.0000			2.0000	Unidades

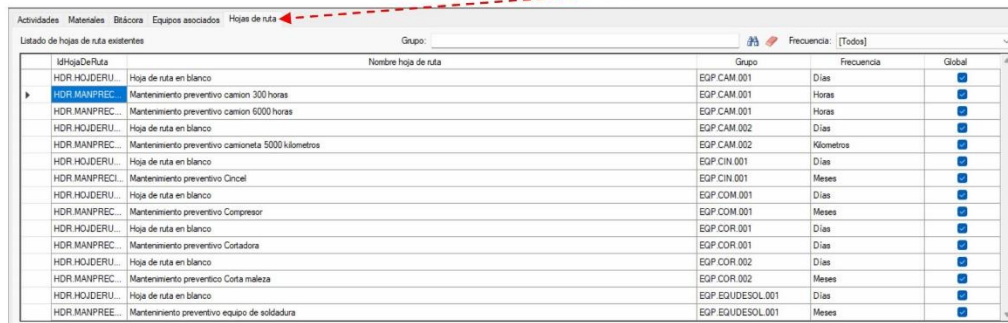
2.2 EDITAR HOJA DE RUTA

A la interfaz de edición se accede mediante el botón  Editar desde esta interfaz se pueden editar actividades, materiales y datos básicos de la hoja de ruta, lo más importante que permite la edición de las hojas de ruta es modificar los datos de último mantenimiento (solamente los iniciales, es decir, hasta antes de que se complete un mantenimiento acompañado del módulo), estos datos permiten estimar de manera precisa la fecha del próximo mantenimiento y gracias a esto permite programar de manera automática las ordenes de mantenimiento.

 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 9 de 15
--	--	---------	--------------

2.3 NAVEGACIÓN GENERAL


La navegación general está dada en dos partes, hojas de ruta y equipos asociados, como se ha mencionado a lo largo de la sección 2, la hoja de ruta puede tener múltiples instancias según los equipos que la tengan y la tipología de hoja de ruta, para explorar la pantalla de hojas de ruta lo debemos hacer de la misma manera, debemos primero ir a la pestaña **Hojas de ruta** y seleccionar la hoja de ruta que estamos buscando, para ello se tienen múltiples filtros aplicables, posteriormente nos dirigimos a la pestaña **Equipos asociados** y seleccionamos el equipo que nos interesa de aquellos para los cuales la hoja de ruta tiene una instancia, al hacerlo toda la información de la interfaz se va a actualizar mostrando lo referente al equipo y hoja de ruta seleccionados, estos se seleccionan en los paneles o pestañas inferiores, tal como se muestra a continuación.

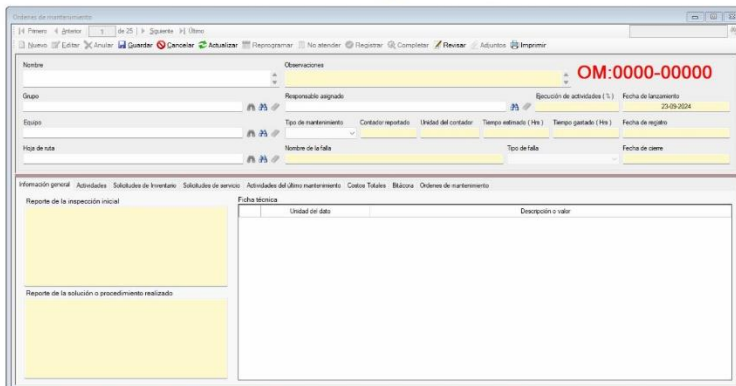


IDHojaDeRuta	Nombre hoja de ruta	Grupo	Frecuencia	Global
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.CAM.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo camion 300 horas	EQP.CAM.001	Horas	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo camion 6000 horas	EQP.CAM.001	Horas	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.CAM.002	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo camioneta 5000 kilometros	EQP.CAM.002	Kilometros	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.CIN.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo Cincel	EQP.CIN.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.COM.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo Compresor	EQP.COM.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.COR.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo Cortadora	EQP.COR.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.COR.002	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo Corta maleza	EQP.COR.002	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.HOJDERU...	Hoja de ruta en blanco	EQP.EQUDESOL.001	Días	<input checked="" type="checkbox"/>
HDR.MANPREC...	Mantenimiento preventivo equipo de soldadura	EQP.EQUDESOL.001	Meses	<input checked="" type="checkbox"/>

3 PANTALLA ORDENES DE MANTENIMIENTO

3.1 CREAR ORDEN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVA/CORRECTIVA

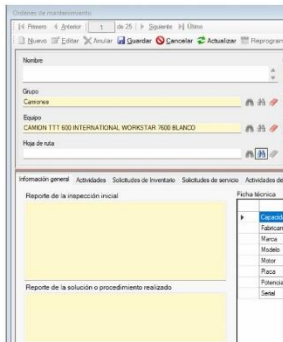
Para crear una orden de mantenimiento se debe dar clic en el botón  **Nuevo** este habilita la interfaz de ingreso de datos en la cual mediante los botones  se va cargando de manera automática toda la información necesaria para poder crear la orden de mantenimiento, estos tienen un orden preestablecido, es decir, primero se debe elegir el grupo, luego el equipo, la hoja de ruta y por último asignarle un responsable, con estos datos básicos ya se puede crear una orden de mantenimiento preventiva, si bien estas son programadas de manera automática por el módulo de mantenimiento, el hacerlo de forma manual es bastante sencillo, por otro lado, cuando es una orden de mantenimiento correctiva



aunque se puede dejar solo con estos datos es conveniente añadir actividades y materiales (ítems en solicitudes de inventario) al igual que se hace con las hojas de ruta, pero ahora en una orden de mantenimiento.

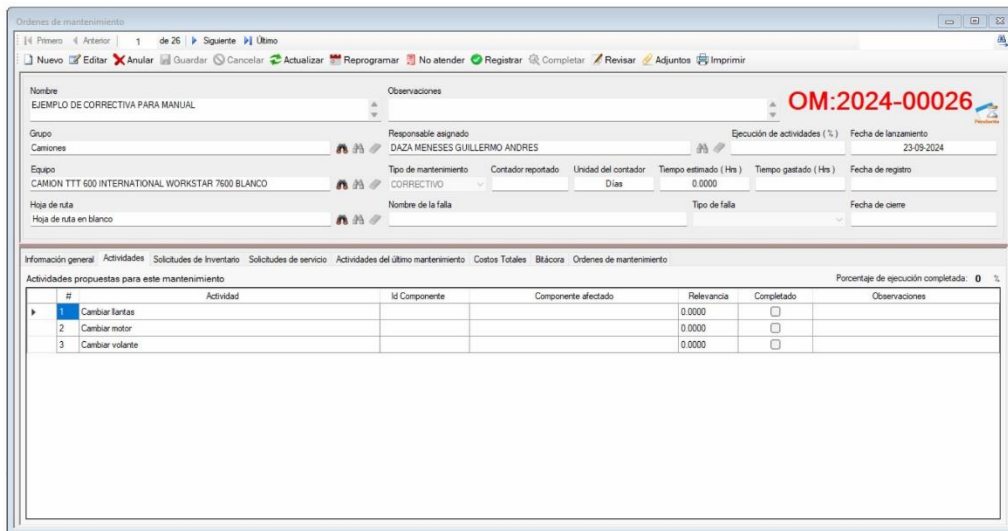


Las ordenes de mantenimiento correctivas son por decirlo de alguna manera, manuales, en estas debemos seleccionar del listado la hoja de ruta en blanco, como se observa a continuación ya que esta no trae precargadas actividades y permite al usuario adaptar toda la orden de mantenimiento según se requiera sin afectar indicadores.



Tras seleccionar la hoja de ruta en blanco o la que se desee seleccionar (en este caso se hará especial enfoque en la creación de un mantenimiento correctivo ya que para el correctivo se automatiza casi todo el proceso), se le proporciona un nombre a la orden, este ayudará a identificarla de manera sencilla cuando se esté consulte, tras esto de igual manera que como se explicó en la sección de las hojas de ruta se ingresan las actividades y los materiales, es importante mencionar que las actividades en los mantenimientos correctivos no poseen relevancia, por tanto todas tiene relevancia con valor de cero (0), también se debe tener



especial cuidado respecto a la pestaña "Solicitudes de inventario" ya que lo aquí ingresado se vuelve una solicitud de inventario a nombre de quien diseñó la orden de mantenimiento, no registrada hasta que la orden lo esté.



Como se puede observar en la imagen anterior la orden de mantenimiento de tipo correctivo tiene una hoja de ruta en blanco y actividades con relevancia cero, la orden no tiene tiempo estimado y su fecha de lanzamiento es la fecha actual de creación de la orden, esta fecha es editable según necesidad, véase la sección **3.4 FUNCIONES DE LA ORDEN DE MANTENIMIENTO** para tener una idea más clara de cómo acceder a estas funciones de los botones y exactamente como repercuten en el ciclo de vida de las ordenes de mantenimiento, proyección y ejecución del plan de mantenimiento a nivel general.

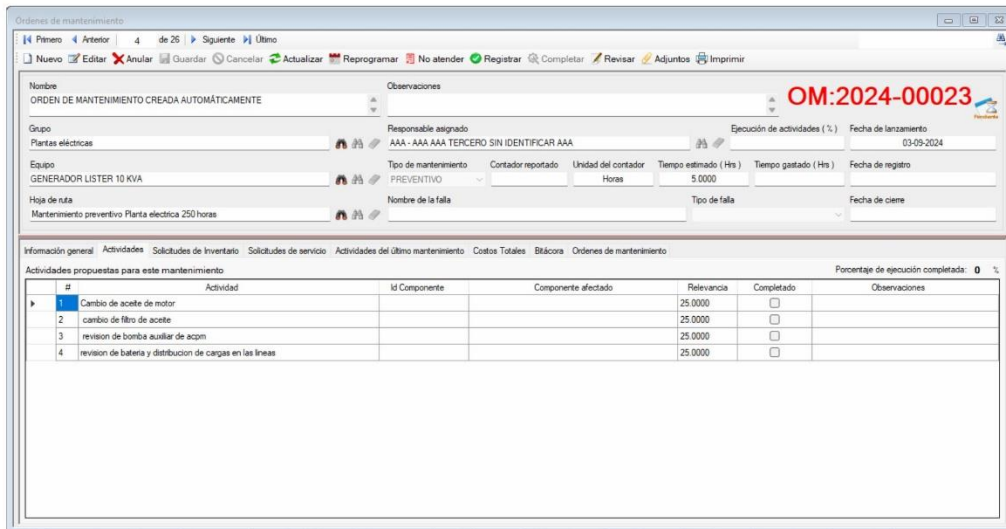
 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 11 de 15
--	--	---------	---------------

3.2 EDITAR ORDENES DE MANTENIMIENTO

La edición de las ordenes de mantenimiento se puede dar en dos casos específicos, el primero es mediante el botón  Editar , con esta función podemos editar el nombre de la orden de mantenimiento, el responsable que fue asignado, las actividades y las solicitudes de inventario, esta opción de edición solo está disponible antes de que la orden se registre, si la orden ya fue registrada **NO SE PUEDE EDITAR**, la otra forma de edición es un permiso especial de única interacción (significa que solo se puede usar una vez) sobre las ordenes de mantenimiento completadas, la función se llama  Revisar con esta función se pueden alterar las actividades, nombre de la orden de mantenimiento, observación, contadores registrados y todo lo relacionado al reporte de fallas, como se menciona anteriormente esta función solo se puede ejecutar sobre las ordenes **COMPLETADAS**.

3.3 GESTIONAR ORDENES DE MANTENIMIENTO AUTOMÁTICAS

Las ordenes de mantenimiento creadas automáticamente se crea en estado "PENDIENTE" este estado significa que está pendiente de revisión del líder del área para que la apruebe, es decir, la pase a estado "REGISTRADO" mediante el botón registrar, como se menciona anteriormente las ordenes de mantenimiento solo se pueden editar antes de estar registradas, es decir, solo se pueden editar en estado pendiente **TENGA PRECAUCIÓN** ya que esta acción indica que tras **SU** revisión, usted ha decidido aprobar para ejecución lo planteado en la orden, tras esto, la gestión de las ordenes es igual que las demás, pasa de estado registrado a completado en cuanto se dé la ejecución, a continuación un ejemplo de una orden de mantenimiento creada automáticamente.




#	Actividad	Id Componente	Componente afectado	Relevancia	Completado	Observaciones
1	Cambio de aceite de motor			25.0000	<input type="checkbox"/>	
2	cambio de filtro de aceite			25.0000	<input type="checkbox"/>	
3	revisión de bomba auxiliar de accpn			25.0000	<input type="checkbox"/>	
4	revisión de batería y distribución de cargas en las líneas			25.0000	<input type="checkbox"/>	

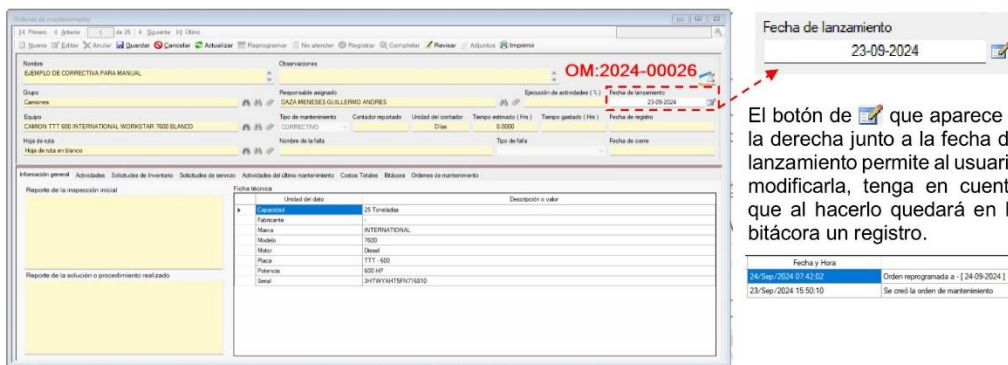
Como se puede observar cuando la orden de mantenimiento es creada automáticamente se crea sin un responsable asignado por tanto uno de los principales cambios necesarios a realizar antes de liberar a ejecución una orden de mantenimiento es asignarle un responsable, es importante hacer esta acción a conciencia ya que si la herramienta se encuentra en el módulo de herramientas, al momento de registrar la orden se hará de manera automática entrega de la herramienta al responsable de la orden, por eso como líder de mantenimiento se tiene la responsabilidad de ingresar datos verídicos que no generen inconvenientes en el futuro.


 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 12 de 15
--	--	---------	---------------

3.4 FUNCIONES DE LA ORDEN DE MANTENIMIENTO


3.4.1 REPROGRAMAR

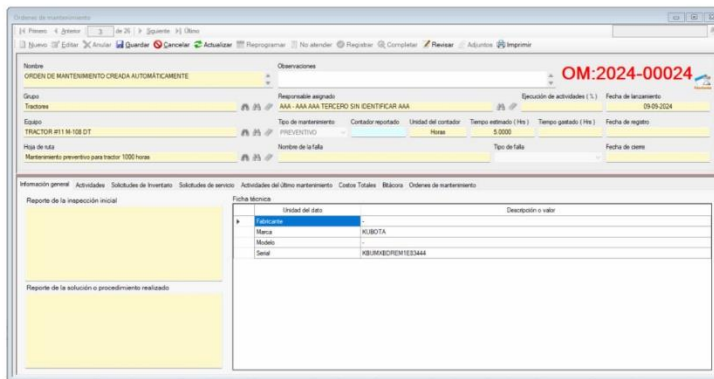
La función reprogramar, accesible desde el botón  Reprogramar, solo está habilitada cuando el estado de la orden de mantenimiento se encuentra en "Pendiente", esta función permite modificar la fecha de lanzamiento de la orden para posponerla, el objetivo de esta función es proporcionar la flexibilidad necesaria para reflejar el comportamiento real del mantenimiento, cuando presionamos este botón se habilita la interfaz de edición únicamente para cambiar la fecha de lanzamiento, tal como podemos ver a continuación.



El botón de  que aparece a la derecha junto a la fecha de lanzamiento permite al usuario modificarla, tenga en cuenta que al hacerlo quedará en la bitácora un registro.

3.4.2 NO ATENDER


La función  No atender al igual que reprogramar solo accesible cuando la orden se encuentra "pendiente" se encarga de como su nombre lo indica, no atender una orden de mantenimiento, cuando esto sucede se toma la fecha en que se marcó como no atendida para la fecha del próximo mantenimiento al igual que el contador registrado (si se ingresó el dato), cuando se selecciona esta función es necesario ingresar una observación que indique la razón de no atender la orden, y de igual modo que antes quedará un registro en bitácora de la acción.

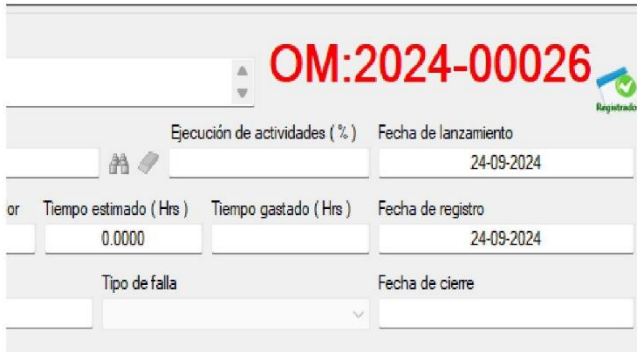


Como se puede observar al entrar en modo "No atender" se habilitan solamente el campo de observaciones y el de el contador reportado, si bien este campo no siempre se va a habilitar, depende de si la hoja de ruta de la orden tiene asociado algún contador, si no es el caso no va a permitir ingresarlo, el sistema lo asigna automáticamente, dado ese caso el campo aparecerá de color amarillo como los demás que se pueden observar en esta imagen.

 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 13 de 15
--	--	---------	---------------

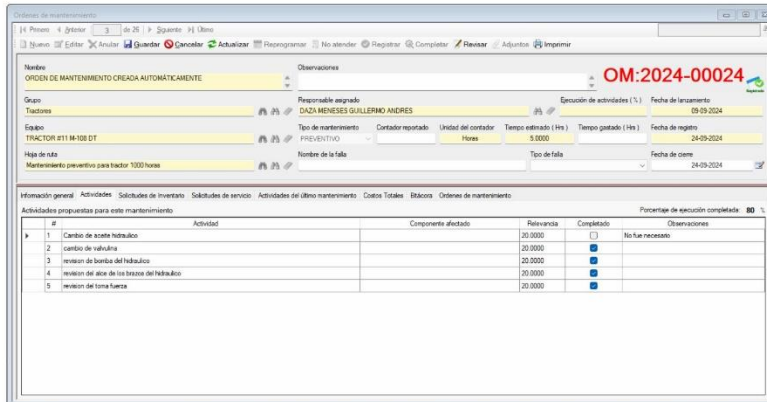
3.4.3 REGISTRAR


La función  **Registrar** permite dar el aprobado de ejecución la orden de mantenimiento, esta acción desactiva las funciones que requieren estado pendiente ya que la orden de mantenimiento pasa a estado **REGISTRADO** y significa que tras análisis del líder de mantenimiento la orden decide liberarse y pasar a ejecución, por tanto es una acción irreversible que deja un registro de acción en la bitácora, el único requisito para registrar una orden de mantenimiento es que tenga asignado un responsable y que se encuentre en estado pendiente.



Como se puede observar, tras registrar la orden de mantenimiento, esta pasa a estado registrado y el campo "Fecha de registro" se fija automáticamente en la fecha en la que se haya realizado el registro, por otro lado, otra función que añade el registrar es que, si el equipo se encontraba en el módulo de préstamos, se crea de manera automática la devolución por parte del propietario a almacén y el préstamo de almacén al responsable de la orden. Esto con el fin de disminuir la carga administrativa y agilizar el acceso al equipo en general.

3.4.4 COMPLETAR




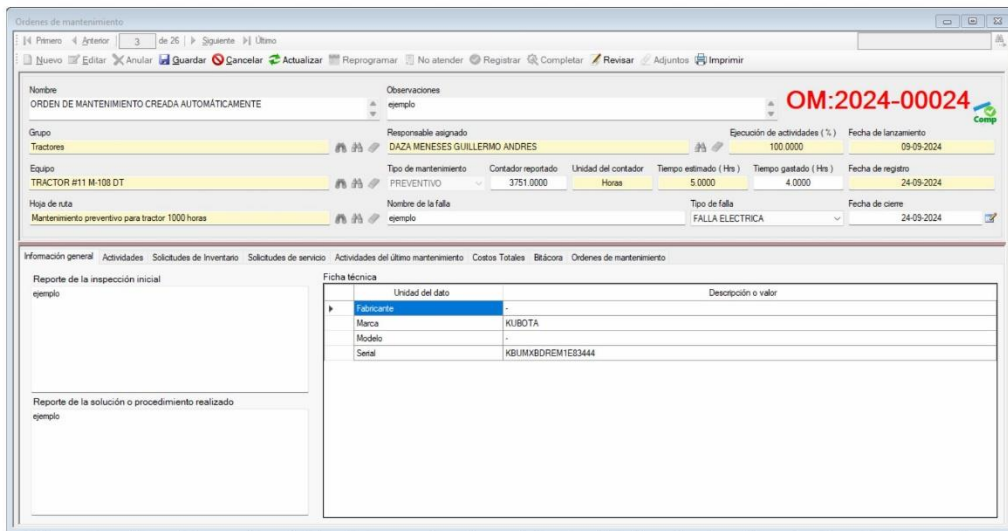
La función  **Completar** solo accesible cuando la orden de mantenimiento se encuentra registrada permite darle cierre. Al seleccionarla se habilita la interfaz para ingreso de datos de manera similar que con la edición pero habilitando campos muy específicos, como las observaciones, todo lo relacionado con fallas, el tiempo gastado en ejecución, el contador reportado, la opción de modificar la fecha de cierre para las ocasiones

en las que la orden de mantenimiento se cierre tiempo después de cuando el mantenimiento real se cerró, también se pueden especificar que actividades se completaron y añadirles observaciones si se considera necesario, esta acción es irreversible e indica que el mantenimiento ya fue completado, si se cometió algún error al completar la orden debe comunicarse con un usuario que tenga permisos de revisión para que modifique la orden de mantenimiento, tenga en cuenta que esta acción solo se puede realizar una vez y que queda un registro en la bitácora detallando que acción se realizó, quien la realizó, al igual que el detalle de la hora y la fecha.

 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 14 de 15
--	--	---------	---------------

3.4.5 REVISAR

Como última función que altera el ciclo de vida de la orden de mantenimiento la función  **Revisar** permite editar la orden de mantenimiento, esta acción solo se puede usar una vez por cada orden de mantenimiento y es solo se puede acceder a ella cuando la orden de mantenimiento se encuentra en estado **COMPLETADA**, en modo de revisión se puede editar el nombre de la orden, las observaciones, el contador reportado, el tiempo gastado, todo lo relacionado al tema de fallas, la fecha de cierre y las actividades (principalmente si fueron completadas).



Al realizar la revisión queda el registro en bitácora y la función se inhabilita.

Fecha y Hora	Observación	Usuario
24/Sep/2024 11:45:26	Orden revisada	GUILLERMO DAZA
24/Sep/2024 11:45:26	Se modificó la orden de mantenimiento	GUILLERMO DAZA
24/Sep/2024 11:43:00	Orden completada	GUILLERMO DAZA

Equipo TRACTOR #11 M-100 DT	Tipo de mantenimiento PREVENTIVO	Contador reportado 3751.0000	Unidad del contador Horas	Tiempo estimado (Hrs) 5.0000	Tiempo gastado (Hrs) 4.0000	Fecha de registro 24-09-2024
Hoja de ruta Mantenimiento preventivo para tractor 1000 horas	Nombre de la falla Problema con revisión		Tipo de falla FALLA ELECTRICA		Fecha de cierre 24-09-2024	

La orden de mantenimiento solo se puede revisar una vez, si considera que esto es un error por favor contacte al administrador del sistema.


Aceptar

Fecha y Hora	Observación	Usuario
24/Sep/2024 11:45:26	Orden revisada	GUILLERMO DAZA
24/Sep/2024 11:45:26	Se modificó la orden de mantenimiento	GUILLERMO DAZA
24/Sep/2024 11:43:00	Orden completada	GUILLERMO DAZA
24/Sep/2024 11:43:00	Se modificó la orden de mantenimiento	GUILLERMO DAZA

3.4.6 ADJUNTOS

La función  **Adjuntos** al igual que con equipos permite adjuntar múltiples tipos de documentos a la orden.

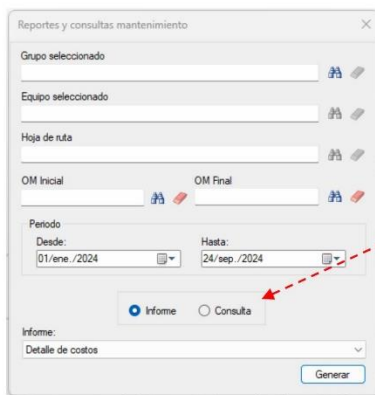
 METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA</small>	MANUAL DE USUARIO MÓDULO DE MANTENIMIENTO	Ver. 01	Pág. 15 de 15
--	--	---------	---------------

3.4.7 IMPRIMIR

La función  Imprimir solo accesible cuando la orden se encuentra en estado **REGISTRADO** genera un documento con el resumen de la orden de mantenimiento para imprimir y entregar al responsable.

4 PANTALLA REPORTES Y CONSULTAS

Los reportes y consultas se generan desde la siguiente pantalla.



Desde esta pantalla se seleccionan los filtros que se consideren necesarios y según estos filtros se genera el reporte o consulta necesario, los filtros son secuenciales, eso quiere decir que primero se debe seleccionar un grupo, luego un equipo y por último una hoja de ruta, adicional a esto también se pueden filtrar las ordenes de mantenimiento en base a un rango, por ejemplo desde la **OM:2024-00001** hasta la **OM:2024-00025** y de igual modo un rango de fechas, estos filtros aplican de un modo diferente dependiendo del reporte o consulta generado. Para poder seleccionar un reporte o consulta primero se debe seleccionar que se desea generar entre estas dos opciones, luego se selecciona el informe específico en la lista desplegable ubicada en la parte inferior sobre el botón de "Generar" en esta lista aparecen todos los reportes y consultas que fueron diseñados para el módulo de mantenimiento, es importante recordar que los filtros aplicados afectan el resultado final y que dependiendo de estos se puede o no mostrar información clave del mantenimiento.

5 INDICADORES DEL MÓDULO

Los indicadores del módulo de mantenimiento se encuentran ubicados en Metalsoft App, para ambas sucursales se accede en la siguiente ruta: Organizaciones/" TU ORGANIZACIÓN "/Mantenimiento/" TU INDICADOR ", el módulo actualmente cuenta con seis (6) indicadores que se alimentan de los datos del módulo.

-  Proyección de Mantenimiento
-  Desfase de Tiempos
-  Horas Ejecutadas
-  Tasa de Cumplimiento
-  Tasa Media de Falla
-  Tasa Media de Reparación