



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE SOFTWARE

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN SOFTWARE**

**“GESTIÓN VEHICULAR IMPLEMENTANDO UN MÓDULO WEB
PARA LA SECCIÓN DE TRANSPORTES DENTRO DEL SISTEMA
INTEGRADO DE EMELNORTE (SIGEERN).”**



AUTOR: Carolayne Richeid Mejia Enriquez
DIRECTOR: MSc. Xavier Mauricio Rea Peñafiel
Ibarra-Ecuador

2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mejia Enriquez Carolayne Richleid

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Gestión Vehicular implementando un Módulo Web para la Sección de Transportes dentro del Sistema Integrado de EMELNORTE (SIGEERN).
AUTOR (ES):	Mejia Enriquez Carolayne Richleid
FECHA: DD/MM/AAAA	08/04/2026
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Software
ASESOR /DIRECTOR:	MSc. Xavier Mauricio Rea Peñafiel



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 8 días del mes de abril de 2026

EL AUTOR:

Firma.....

Nombre: Carolayne Richleid Mejia Enriquez

Certificación del director del trabajo de integración curricular

Ibarra, 8 de abril de 2026

MSc. Mauricio Rea Peñafiel

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

.....
MSc. Xavier Mauricio Rea Peñafiel
C.C.: 1002485744



Ibarra, 05 Marzo de 2026

CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente certifico, que la Srta. **CAROLAYNE RICHLID MEJIA ENRIQUEZ** con cédula de ciudadanía Nro. **1758707457**, estudiante de la Universidad Técnica del Norte, implementó el proyecto titulado **"GESTIÓN VEHICULAR IMPLEMENTANDO UN MÓDULO WEB PARA LA SECCIÓN DE TRANSPORTES DENTRO DEL SISTEMA INTEGRADO DE EMELNORTE (SIGEERN)"**.

Adicionalmente informo que se han realizado con satisfacción las pruebas técnicas y la revisión de cumplimiento de los requerimientos funcionales, se recibe el proyecto con la capacitación y documentación respectiva. El sistema ya se encuentra publicado en producción.

La Srta. **CAROLAYNE RICHLID MEJIA ENRIQUEZ**, puede hacer uso de este documento para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Mary Vargas
DIRECTORA DE TICS



Aprobación del comité calificador

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “**Gestión Vehicular implementando un Módulo Web para la Sección de Transportes dentro del Sistema Integrado de EMELNORTE (SIGEERN).**” elaborado por **Carolayne Richleid Mejia Enriquez**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Software, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f):.....

MSc. Xavier Mauricio Rea Peñafiel

C.C.: 1002485744

(f):.....

Ing. Cathy Pamela Guevara Vega, PhD.

C.C.: 1002334835

Dedicatoria

“Nuestra mayor debilidad radica en rendirse. La forma más segura de tener éxito es intentarlo una vez más.”

Thomas Alva Edison

Dedico este trabajo de grado, de manera especial, a mi madre **Lady Enriquez**, mi cuchis y mi compañerita. Gracias por estar siempre a mi lado, por alentarme en cada paso, por su paciencia en los días difíciles y por la confianza dada cuando más la necesité. Su amor, su ejemplo de fortaleza y sus palabras fueron mi impulso para no rendirme y seguir adelante, incluso cuando parecía complicado. Este logro también es suyo, porque detrás de cada esfuerzo estuvo su apoyo y su corazón. Con todo mi amor, gracias por creer en mí siempre.

a mi padre **Richar Mejia**, mi cuchis, con todo mi cariño. Gracias por estar presente, por acompañarme en este proceso. Agradezco su forma de cuidarme, de consentirme y de buscar siempre el bienestar de nuestra familia, incluso cuando las circunstancias han sido difíciles. Valoro profundamente su esfuerzo y su constancia, porque de una u otra manera han sido un impulso para que yo siga adelante. Este logro también le pertenece, y lo llevo en el corazón como un reconocimiento a su apoyo y a su amor.

A mi abuela **Elisa Delgado**, mi tía **Mary Enriquez**, mi tía **Consuelo Enriquez** y a mi querido abuelo **Galo Enriquez**, quien, aunque ya no está con nosotros, siempre será parte fundamental de mi vida. Gracias por abrirme las puertas de su hogar y por brindarme el apoyo y cariño que tanto necesitaba cuando llegué a Ecuador. El amor y el apoyo de mi familia fueron la base que me permitió avanzar en este camino, y sin ellos, este logro no hubiera sido posible.

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a mis padres, **Lady Enriquez** y **Richar Mejia**, por su amor, su apoyo constante y por acompañarme en cada etapa de mi formación. Valoro profundamente todo el esfuerzo que han realizado para verme avanzar, así como el respaldo y la confianza que me brindaron para no rendirme. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada paso hay parte de su sacrificio, su guía y su cariño.

En los momentos donde me quería rendir y me sentía sola, apareció mi mejor amigo **Alejandro Quishpe**, quien, con su apoyo, sus palabras y sus chistes rancios logró sacarme más de una sonrisa cuando más lo necesitaba. Su amistad es un regalo invaluable.

A mi mejor amiga **Johanna Puerchambud**, a quien conocí durante la carrera y con quien compartí una etapa universitaria inolvidable. Llegó cuando menos la esperaba, pero más la necesitaba. Gracias por su amistad sincera y llena de buenos momentos, ha sido de las más bonitas e invaluable que he tenido.

A mis amigos y compañeros de universidad, gracias por las risas, el apoyo y los momentos inolvidables, por esas giras donde siempre quedaba alguna anécdota para contar, y por los “ya botémonos de la carrera” que se decía cada semana... y mírennos, ya graduados, igual de burros pero graduados. Mi época universitaria fue mucho más bonita y divertida gracias a ustedes.

Un agradecimiento especial A la **Ing. Mayra Chamorro**, al **Ing. Andrés Cárdenas** y al **Ing. Xavier Brito**, por la confianza y el apoyo en este proyecto dentro de EMELNORTE. Entre prácticas y titulación ya sumé casi tres años, así que oficialmente era activo fijo... y dicen que hasta más antigua que la **Ing. Andrea**. Extiendo mi gratitud a todo el **equipo de TICs de EMELNORTE**, por su calidad humana, su guía y por hacer que cada jornada se sintiera cercana; me hicieron aprender, crecer y sentirme en casa, tanto que, sinceramente, los voy a extrañar.

Al **Ing. Mauricio Rea**, mi sincero agradecimiento por su orientación académica, su paciencia y su apoyo constante en la Universidad. Su criterio y su compromiso fueron fundamentales para encaminar este trabajo y culminarlo con éxito. Asimismo, valoro profundamente la confianza y las oportunidades brindadas durante el desarrollo de esta experiencia.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	19
1.1 Antecedentes	19
1.2 Situación actual.....	19
1.3 Prospectiva	19
1.4 Planteamiento del problema	20
1.5 Objetivos.....	21
1.5.1 Objetivo General	21
1.5.2 Objetivos Específicos	21
1.6 Alcance.....	21
1.7 Metodología.....	24
1.8 Justificación.....	25
CAPÍTULO I	26
MARCO TEÓRICO.....	26
2.1 Gestión Vehicular EMELNORTE.....	26
2.1.1 Préstamos.....	26
2.1.2 Órdenes de movilización	29
2.1.3 Sección de Transportes	31
3.1 Conceptualización Tecnológica.....	31
3.1.1 Módulo web	31
3.1.2 Arquitectura Modelo, Vista, Controlador.....	31
4.1 Metodología de desarrollo de software.	33
4.1.1 Metodología Scrum	33
4.1.2 Roles Scrum	35
4.1.3 Evento y actividades clave.....	36
5.1 Norma ISO/IEC 25010.	36
5.1.1 Definición.....	36
5.1.2 Usabilidad.	37
5.1.3 ISO 9241.	37
5.1.4 Uso de Cuestionarios para evaluar la Usabilidad.	38
CAPÍTULO II	40
PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO	40
6.1 Fase 1: Iniciación.....	40
6.1.1 Visión del proyecto.....	40
6.1.2 Descripción del módulo del proyecto.....	41

6.1.3	Definición de los roles de Scrum.	42
7.1	Fase 2: Planificación y estimación.	43
7.1.1	Product Backlog.....	43
7.1.2	Elaboración de historias de usuario.	47
7.1.3	Planificación del proyecto	56
7.1.4	Desarrollo de Sprints	61
7.1.5	Implementación	88
7.1.6	Lanzamiento	104
CAPÍTULO III		106
RESULTADOS Y ANÁLISIS		106
8.1	Introducción.....	106
8.1.1	Evaluación de calidad del software (ISO/IEC 25010).....	106
8.1.2	Evaluación de usabilidad (System Usability Scale - SUS).....	107
Conclusiones		124
Recomendaciones		125
Referencias.....		126

Índice de tablas

Tabla 1 Descripción de módulos	41
Tabla 2 Roles Scrum	42
Tabla 3 Parámetros para la Estimación de Tres Puntos (PERT)	44
Tabla 4 Historia de usuario 1	47
Tabla 5 Historia de usuario 2	48
Tabla 6 Historia de usuario 3	49
Tabla 7 Historia de usuario 4	50
Tabla 8 Historia de usuario 5	51
Tabla 9 Historia de usuario 6	51
Tabla 10 Historia de usuario 7	52
Tabla 11 Historia de usuario 8	53
Tabla 12 Historia de usuario 9	54
Tabla 13 Historia de usuario 10	54
Tabla 14 Historia de usuario 11	55
Tabla 15 Historia de usuario 12	56
Tabla 16 Planificación sprints	57
Tabla 17 Sprint 1	61
Tabla 18 Sprint 2	62
Tabla 19 Sprint 3	63
Tabla 20 Sprint 4	64
Tabla 21 Sprint 5	65
Tabla 22 Sprint 6	66
Tabla 23 Sprint 7	67
Tabla 24 Sprint 8	68

Tabla 25 Sprint 9	69
Tabla 26 Sprint 10	70
Tabla 27 Sprint 11	71
Tabla 28 Sprint 12	72
Tabla 29 Sprint 13	73
Tabla 30 Sprint 14	74
Tabla 31 Sprint 15	75
Tabla 32 Sprint 16	76
Tabla 33 Sprint 17	77
Tabla 34 Sprint 18	78
Tabla 35 Sprint 19	79
Tabla 36 Sprint 20	80
Tabla 37 Sprint 21	81
Tabla 38 Sprint 22	82
Tabla 39 Sprint 23	83
Tabla 40 Sprint 24	84
Tabla 41 Sprint 25	85
Tabla 42 Sprint 26	86
Tabla 43 Sprint 27	87
Tabla 44 Entregables Finales del Sistema SIGEERN	105
Tabla 45 Preguntas SUS	108
Tabla 46 Resultados de cada pregunta	120
Tabla 47 Subtotales de enunciados impares	121
Tabla 48 Subtotales de enunciados pares	122

Índice de figuras

Figura 1	Árbol de problemas	20
Figura 2	Patrón MVC con Tecnologías Utilizadas en el Módulo Web.....	22
Figura 3	Módulos del sistema.....	24
Figura 4	Metodología	25
Figura 5	Flujo administrativo actual de préstamos vehiculares [7, p. 7].....	27
Figura 6	Proceso operativo y formalización de entrega [7, p. 8].....	27
Figura 7	Acta de Entrega de Vehículos [7, p. 10].....	28
Figura 8	Proceso de emisión de órdenes de movilización [10, p. 4]	30
Figura 9	Diagrama Arquitectónico de Aplicación SIGEERN [12, p. 6]	32
Figura 10	: Roles Metodología de Desarrollo de Software en DTICS [15, p. 8]	34
Figura 11	Diagrama de Base de Datos – TTRS.....	89
Figura 12	Menú - Usuario solicitante - Jefe de agencia	90
Figura 13	Seguimiento de solicitudes generadas por solicitante.....	90
Figura 14	Menú - Usuario solicitante - Seguimiento movilizaciones autorizadas	91
Figura 15	Menú - Usuario solicitante - Director	91
Figura 16	Menú - jefe transportes - Administración de conductores	92
Figura 17	Menú - jefe transportes - Administración de vehículos	93
Figura 18	Menú - jefe transportes - Administración de marcas	93
Figura 19	Menú - jefe transportes - Administración de modelos	94
Figura 20	Menú - Generador de movilización.....	94
Figura 21	Generador de movilizaciones semanales	95
Figura 22	Visualización de conflictos	95
Figura 23	Legalización y Envío Masivo de movilizaciones semanales	96
Figura 24	Registro de salvoconductos.....	96

Figura 25 Movilizaciones generadas	97
Figura 26 Solicitudes de movilización pendientes de autorización.....	97
Figura 27 Legalización de movilización	98
Figura 28 Firma autorizador	98
Figura 29 Asignación de préstamo de vehículo.....	99
Figura 30 Solicitudes de servicio pendientes de autorización.....	99
Figura 31 Asignación de conductor y vehículo para préstamo	100
Figura 32 Préstamos en proceso	100
Figura 33 Generar acta de entrega.....	101
Figura 34 Detalles de préstamo	101
Figura 35 Devolución de vehículo.....	102
Figura 36 Detalle de devolución.....	102
Figura 37 Notificación de proceso de préstamo legalizado.....	103
Figura 38 Notificación de orden de movilización firmada.....	103
Figura 39 Notificación de nueva solicitud de servicio para autorización.....	104
Figura 40 Pregunta 1 SUS	109
Figura 41 Pregunta 2 SUS	110
Figura 42 Pregunta 3 SUS	111
Figura 43 Pregunta 4 SUS	112
Figura 44 Pregunta 5 SUS	113
Figura 45 Pregunta 6 SUS	114
Figura 46 Pregunta 7 SUS	115
Figura 47 Pregunta 8 SUS	116
Figura 48 Pregunta 9 SUS	117
Figura 49 Pregunta 10 SUS	118

Figura 50 Puntaje SUS 123

RESUMEN

El presente trabajo responde a la necesidad de mejorar la gestión vehicular de la Sección de Transportes de EMELNORTE S.A., debido a las limitaciones del manejo tradicional basado en registros manuales, entre ellas tiempos prolongados de atención, duplicidad de información y baja trazabilidad de los procesos. El objetivo general fue implementar un módulo web de gestión vehicular integrado al sistema SIGEERN de EMELNORTE, orientado a automatizar el control, el seguimiento y la administración de las unidades de transporte. Metodológicamente, el desarrollo se ejecutó con un enfoque ágil basado en Scrum y con la aplicación del patrón MVC; además, se utilizaron Java y PrimeFaces para la capa de presentación, Oracle como gestor de base de datos y WildFly como servidor de aplicaciones. La evaluación de la usabilidad se realizó conforme a la norma ISO/IEC 25010 mediante encuestas dirigidas al personal involucrado. Los resultados evidenciaron la digitalización y estandarización de procesos clave como la administración, las solicitudes, las movilizaciones, los préstamos y el control documental, lo que incrementó la disponibilidad de información consistente y verificable para el seguimiento operativo. Se concluye que la solución propuesta fortalece la trazabilidad y el control de la gestión vehicular, disminuye la dependencia de procedimientos manuales y contribuye a una operación más ordenada, eficiente y oportuna para la toma de decisiones institucionales.

Palabras clave: Gestión vehicular, SIGEERN, automatización de procesos, usabilidad, ISO/IEC 25010, Scrum.

ABSTRACT

This study addresses the need to improve vehicle management in the Transport Section of EMELNORTE S.A., due to the limitations of traditional manual record-keeping, including long processing times, duplicated information, and low process traceability. The main objective was to implement a web-based vehicle management module integrated into EMELNORTE's SIGEERN system in order to automate the control, monitoring, and administration of transport units. Methodologically, the development followed an agile Scrum-based approach and applied the MVC pattern; Java and PrimeFaces were used for the presentation layer, Oracle as the database management system, and WildFly as the application server. Usability was assessed in accordance with ISO/IEC 25010 through surveys administered to the staff involved. The results showed the digitalization and standardization of key processes such as administration, requests, mobilizations, loans, and document control, which increased the availability of consistent and verifiable information for operational tracking. It is concluded that the proposed solution strengthens traceability and control of vehicle management, reduces reliance on manual procedures, and contributes to a more efficient, organized, and timely operation in support of institutional decision-making.

Keywords: Vehicle management, SIGEERN, process automation, usability, ISO/IEC 25010, Scrum.

LISTA DE SIGLAS

DTICS: Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación (EMELNORTE).

EMELNORTE: Empresa Eléctrica Regional Norte.

IEC: *International Electrotechnical Commission* (Comisión Electrotécnica Internacional).

IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

ISO: *International Organization for Standardization* (Organización Internacional de Normalización).

JSF: *JavaServer Faces*.

MVC: Modelo–Vista–Controlador.

PDF: *Portable Document Format* (Formato de Documento Portátil).

PERT: *Program Evaluation and Review Technique* (técnica usada para estimación de tres puntos).

SIGEERN: Sistema Integrado de Gestión Empresa Eléctrica Regional Norte.

SUS: *System Usability Scale* (Escala de Usabilidad del Sistema).

TICS: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE), es una empresa dedicada a suministrar electricidad con un gran alcance dentro del Ecuador, extendiéndose a regiones que incluyen Carchi, Imbabura, segmentos de Pichincha (cantones de Cayambe y Pedro Moncayo), Esmeraldas y Sucumbíos [1]. EMELNORTE, ha desarrollado soluciones informáticas sofisticadas como SIEEQ, CGWEB y SIGEERN, que gestionan y almacenan una gran cantidad de información relacionada con facturación, servicios al cliente y aspectos financieros en bases de datos transaccionales [2].

1.2 Situación actual

Actualmente, EMELNORTE gestiona el préstamo de vehículos de manera tradicional, utilizando un proceso manual que requiere el llenado de formularios para autorizar y solicitar el uso de los vehículos. Esta práctica responde a la limitada disponibilidad de vehículos asignados a los trabajos operativos dentro del área de concesión, lo que obliga a optimizar el uso de la flota mediante préstamos internos.

Además, la empresa no dispone de un sistema eficiente para gestionar las órdenes de movilización. En la situación actual, las solicitudes y autorizaciones se tramitan de forma manual y dispersa, lo que incrementa la posibilidad de errores y dificulta la trazabilidad de las órdenes y el control sobre el uso de los vehículos.

La adopción de un sistema automatizado permite mejorar de forma significativa la eficiencia operativa y reducir la carga administrativa. Además, optimiza el uso de los recursos disponibles al ofrecer un control más preciso de los vehículos, de las órdenes de movilización y de las tareas operativas. La implementación de esta tecnología fortalecería la gestión de activos, la transparencia de los procesos y la capacidad de respuesta ante las necesidades institucionales.

1.3 Prospectiva

Con la implementación del módulo de gestión de vehículos y órdenes de movilización, EMELNORTE optimizará significativamente la asignación de sus recursos vehiculares, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los tiempos de espera. Este sistema permitirá un control más preciso y transparente de las movilizaciones, garantizando una mejor planificación y uso de los vehículos. A largo plazo, se espera que esta modernización no solo aumente la competitividad de la empresa, sino que también

genere ahorros operativos, mejore la toma de decisiones y facilite el crecimiento sostenido, adaptándose a nuevas necesidades y desafíos dentro del área de concesión.

1.4 Planteamiento del problema

La correcta administración vehicular es fundamental para el uso eficiente de los recursos en cualquier organización. EMELNORTE, al igual que muchas otras empresas, enfrenta desafíos significativos con la gestión manual en el préstamo y la movilización de vehículos. Los métodos tradicionales son propensos a errores humanos, generan ineficiencias y pueden retrasar las operaciones cotidianas. La ausencia de un sistema digitalizado de gestión vehicular ocasiona duplicidades, pérdidas y ambigüedades en el registro y seguimiento de solicitudes de préstamo, lo que repercute negativamente en la eficiencia operativa y la disponibilidad de los vehículos. La digitalización de estos procesos permite mejorar considerablemente la agilidad, precisión y acceso a la información, optimizando así el uso de los recursos disponibles y fortaleciendo la competitividad institucional [3]

Se identificaron y clasificaron los problemas dentro del proyecto propuesto como se evidencia en la Figura 1.

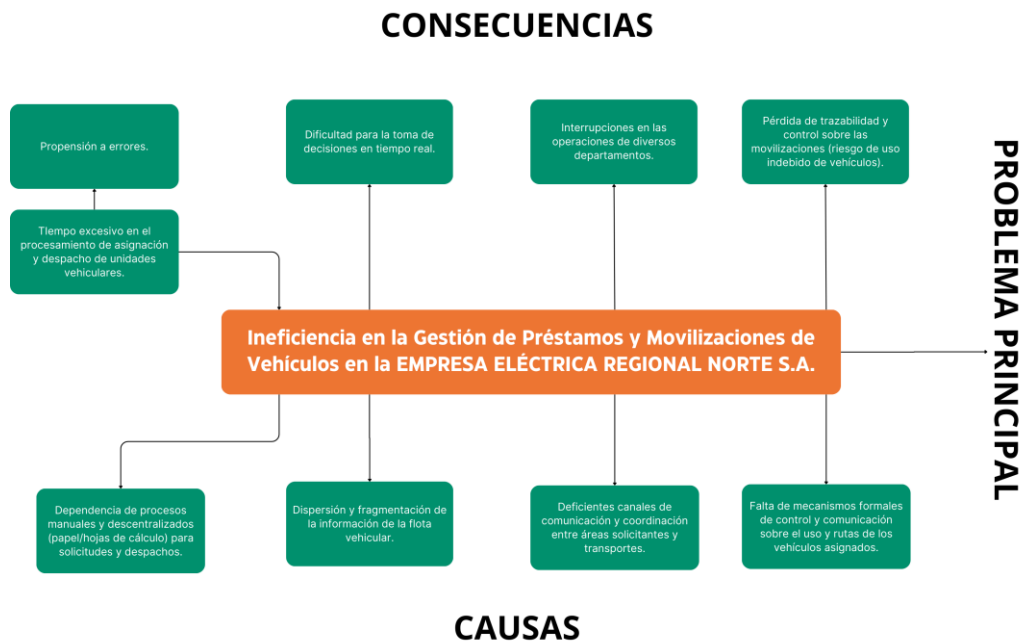


Figura 1 Árbol de problemas

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Gestionar vehículos a través de un módulo web dentro del Sistema Integrado SIGEERN para la Sección de Transportes en EMELNORTE, con el fin de mejorar el seguimiento de órdenes de movilización en base a la planificación semanal, aprobación y asignación de vehículos, cumpliendo con las directrices de usabilidad del estándar ISO/IEC 25010.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Elaborar un marco teórico de acuerdo con los procesos de negocio vinculados a la gestión de préstamos y órdenes de movilización para vehículos, las tecnologías relevantes en la creación e integración de módulos web en EMELNORTE y la revisión del estándar ISO/IEC 25010.
- Desarrollar un módulo web para la gestión de préstamos y generación de órdenes de movilización para vehículos en el Sistema integrado de EMELNORTE, SIGEERN utilizando una versión adaptada de la metodología ágil Scrum, patrón de diseño MVC, PrimeFaces y Java.
- Evaluar los resultados obtenidos de la implementación del módulo web aplicando la característica de usabilidad del estándar ISO/IEC 25010.

1.6 Alcance

Este trabajo tiene como finalidad desarrollar un módulo web, para la gestión de préstamos y órdenes de movilización para vehículos, que sea integrable al sistema existente de EMELNORTE, SIGEERN. Esta integración se llevará a cabo utilizando Java como lenguaje de programación, dentro del entorno de desarrollo Eclipse, y siguiendo el patrón de diseño MVC como se describe en la figura 2. El desarrollo seguirá una versión adaptada de la metodología ágil Scrum, permitiendo ajustes continuos asegurando que el módulo satisfaga las necesidades de la empresa.

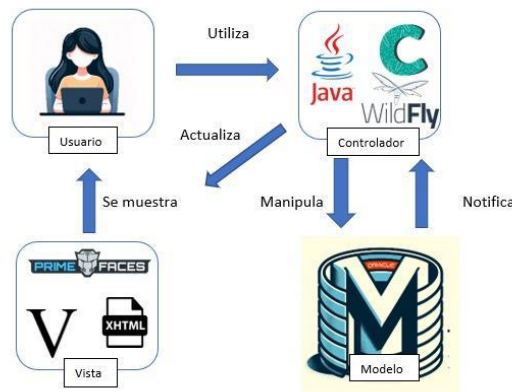


Figura 2 Patrón MVC con Tecnologías Utilizadas en el Módulo Web.

Este trabajo se centrará en:

- El diseño de un marco teórico que detalle los procesos de negocio en la gestión de préstamos y órdenes de movilización para vehículos en EMELNORTE.
- La identificación y adaptación de las tecnologías y arquitecturas utilizadas en EMELNORTE. para la integración de módulos web.
- Revisión de la característica de usabilidad del estándar ISO/IEC 25010.

El módulo web propuesto abordará los siguientes aspectos:

- **Registro de choferes autorizados:** El módulo web ofrecerá funcionalidades específicas para el registro de choferes, permitiendo cargar autorizaciones escaneadas y registrar datos esenciales del chofer autorizado.
- **Gestión de préstamos de vehículos:** Se implementará un sistema que permita la visualización de disponibilidad de vehículos en tiempo real y la generación de actas de entrega. Estas actas documentarán la identidad del conductor actual del vehículo y del chofer asignado, detalles específicos del préstamo como lugar, fecha y hora de salida, y la fecha y hora de regreso. Además, se incluirá un listado de herramientas entregadas junto con el vehículo, especificando su estado y cantidad, y un espacio dedicado para observaciones adicionales.

- **Salvoconductos:** El módulo permitirá registrar la información de salvoconductos emitidos por la Contraloría para movilizaciones fuera de la provincia o en fines de semana y días feriados.
- **Órdenes de movilización en base a la planificación:** Se facilitará la generación de órdenes de movilización según la planificación semanal, las cuales se emitirán los lunes. El jefe de transportes tendrá la capacidad de anularlas si es necesario. Es importante destacar que estas órdenes se crearán simultáneamente para todos los vehículos existentes.
- Una vez implementado el módulo, se llevará a cabo una evaluación basándose en la característica de usabilidad del estándar ISO/IEC 25010.

La profundidad del trabajo se delimitará a:

- La comprensión y adaptación de las tecnologías ya presentes en la empresa.
- La implementación del módulo sin extenderse a otros sistemas o módulos de la empresa.
- Evaluación basada únicamente en la característica de usabilidad según el estándar ISO/IEC 25010, sin abarcar otros criterios o estándares. Para evaluar la solución de software, se utilizará un cuestionario SUS con una escala de Likert, dirigido a los usuarios del sistema, centrándose en su usabilidad. Esto permitirá obtener indicadores conforme a la norma ISO/IEC 25010.

MÓDULOS DEL SISTEMA

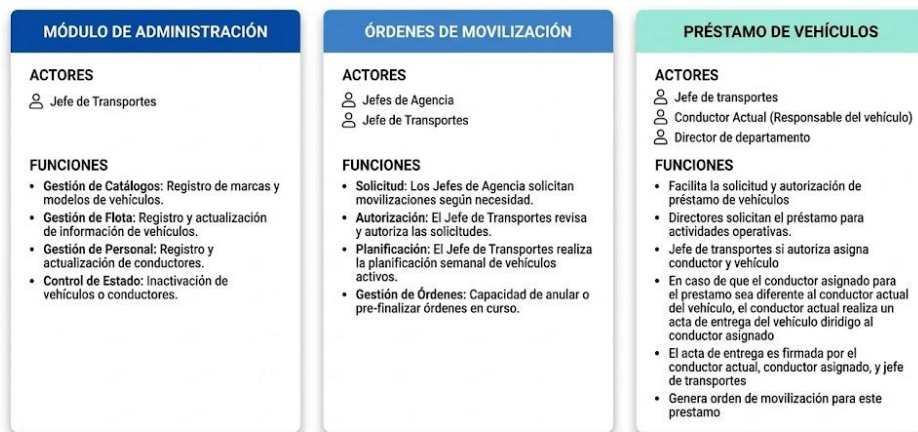


Figura 3 Módulos del sistema

1.7 Metodología

Se llevará a cabo una investigación aplicada, dado que, se busca resolver un problema específico dentro de EMELNORTE, relacionado con la gestión de préstamos y órdenes de movilización en la Sección de transportes. Para ello la metodología se manejará de la siguiente manera:

Para alcanzar el primer objetivo, se analizará en detalle el proceso de negocio de EMELNORTE en relación con la gestión vehicular, complementado con un estudio de las herramientas y arquitecturas que la empresa emplea. Además, se revisará el estándar ISO/IEC 25010, tomando especial énfasis en su característica de usabilidad.

Para el segundo objetivo, se diseñará un módulo web siguiendo el patrón de diseño Modelo, Vista, Controlador (MVC). Esta estructura asegurará una integración coherente con el Sistema SIGEERN de EMELNORTE, alineada con la arquitectura ya establecida en la empresa. Se empleará Java como lenguaje de programación, y para la interfaz de usuario se utilizará el framework PrimeFaces. Oracle servirá como sistema de gestión de base de datos, y WildFly como servidor para el despliegue de la aplicación.

El proceso de desarrollo, adoptando la metodología ágil scrum, se organizará en sprints de dos a tres semanas de duración. Al concluir cada sprint, se llevará a cabo una revisión para identificar y corregir lo necesario.

Para cumplir el tercer objetivo, se evaluará la usabilidad del módulo web conforme al estándar ISO/IEC 25010. Específicamente se evaluará el cumplimiento de la característica de usabilidad.

A fin de determinar si cumple con los requisitos previamente establecidos, se realizarán pruebas funcionales para asegurar la calidad de la aplicación y se aplicarán encuestas a la Sección de Transportes para verificar la usabilidad del sistema.



Figura 4 Metodología

1.8 Justificación

El desarrollo e implementación de un Módulo Web para la gestión de vehículos en EMELNORTE se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en particular con el ODS 9, que fomenta la innovación y la infraestructura resiliente [4]. Al digitalizar y optimizar la gestión de vehículos, se fomenta la construcción de infraestructuras tecnológicas e innovadoras, proporcionando soluciones que faciliten la gestión eficiente de recursos en el sector eléctrico.

En el marco del **Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025**, este proyecto se alinea directamente con el Eje Institucional, cuyo Objetivo 9 busca construir un estado eficiente y transparente. La implementación del módulo web contribuye a este propósito al modernizar la gestión de activos públicos mediante herramientas tecnológicas, optimizar recursos, mejorar la trazabilidad de la información y elevar la calidad del servicio que EMELNORTE presta a la ciudadanía.

Esta iniciativa tecnológica proviene de la necesidad de la adaptación digital y la optimización de procesos mediante software. La utilización de arquitecturas de software, como MVC, y herramientas de desarrollo garantiza un sistema robusto, escalable y adaptativo. El uso de este módulo web incrementa la eficiencia operativa al proporcionar un procesamiento de datos ágil, íntegro y confiable.

Los principales beneficiarios serán el personal que labora en la Sección de Transportes de EMELNORTE, así como las operaciones de la empresa en toda el área de concesión. La unidad de transportes dispondrá de una herramienta que simplificará y agilizará la gestión de la flota vehicular, lo que contribuirá a mejorar la prestación y la eficacia del servicio eléctrico.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

2.1 Gestión Vehicular EMELNORTE

La gestión eficiente de la flota vehicular es un determinante clave en la calidad del servicio de las empresas públicas. La adopción de prácticas modernas de gestión de flotas, respaldadas por tecnologías de la información (TIC), influye directamente en la capacidad operativa y la entrega de servicios [5]. La automatización de estos procesos permite mitigar problemas críticos como el mantenimiento no planificado y la falta de control, transformando la logística interna en una ventaja estratégica para la organización.

En este contexto, la eficiencia se entiende como la capacidad de cumplir adecuadamente una función asignada. En el ámbito corporativo, se denomina eficiencia técnica a la optimización de los recursos humanos en relación con los bienes y activos de producción, con el propósito de maximizar el rendimiento institucional.

2.1.1 Préstamos

La gestión de préstamos de vehículos en EMELNORTE se realiza mediante una secuencia de procedimientos que requieren el llenado manual de formularios de actas de entrega y órdenes de movilización. El proceso inicia con una revisión de la disponibilidad del vehículo, utilizando documentación física y registros en hojas de cálculo. Posteriormente, se realiza una inspección física para garantizar la disponibilidad. Una vez verificada se procede al llenado del "Acta de Entrega - Recepción de Vehículo", documento que debe ser completado por el conductor actual del vehículo y por la persona que lo recibirá. Este acto formaliza el proceso de préstamo y garantiza un registro claro y detallado de la transferencia [6].

Para ilustrar el proceso, la Figura 5 muestra el diagrama de flujo administrativo inicial, mientras que la Figura 6 detalla el proceso operativo de inspección y entrega física del vehículo.

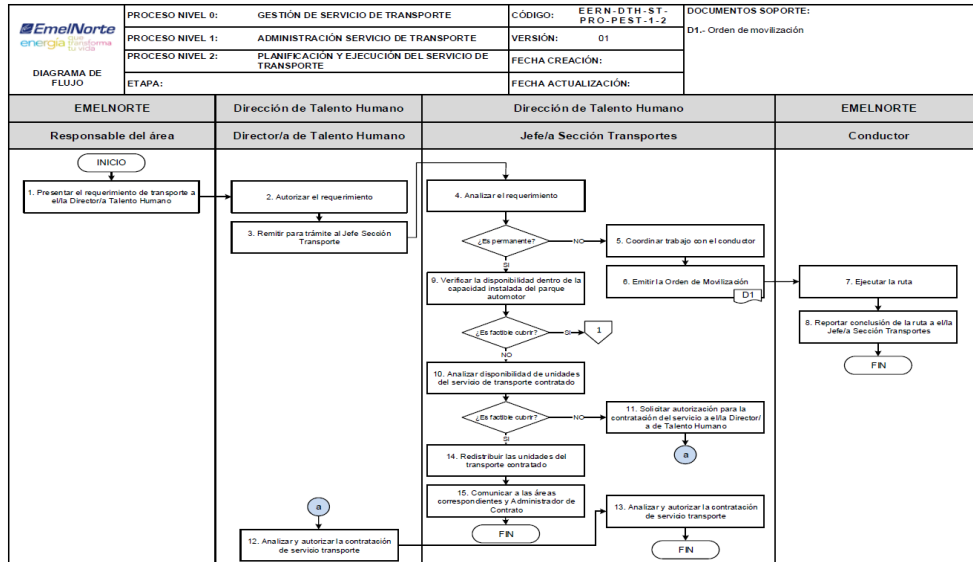


Figura 5 Flujo administrativo actual de préstamos vehiculares [7, p. 7]

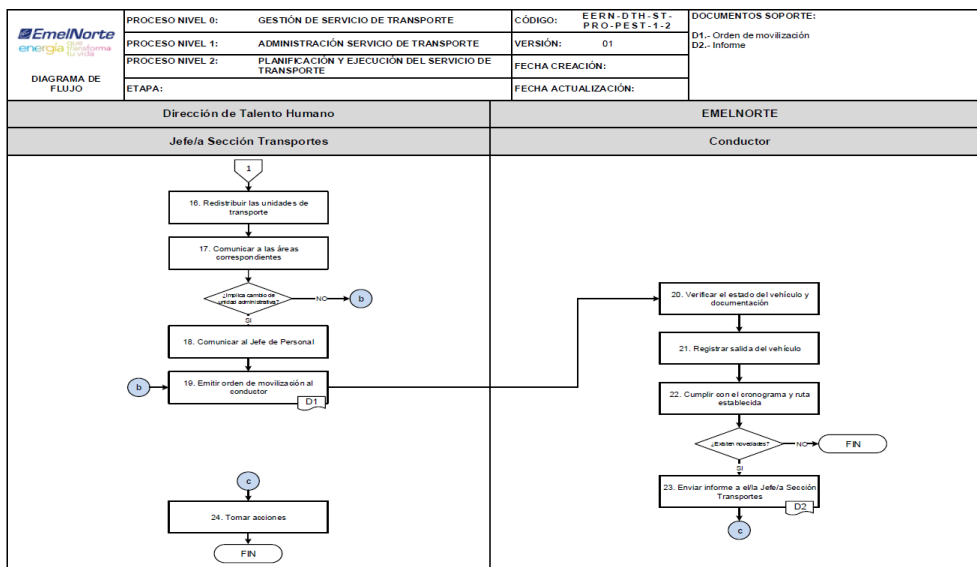


Figura 6 Proceso operativo y formalización de entrega [7, p. 8]

Como se evidencia en la etapa final de este flujo operativo, la secuencia culmina obligatoriamente con la formalización documental. Para ello, el Acta de Entrega de Vehículos (Figura 7) incluye los siguientes elementos:

- **Detalle del vehículo y equipamiento:** Se registra información detallada del vehículo, incluyendo tipo, marca, placas, estado y el equipamiento correspondiente (llaves, herramientas, equipos de seguridad como triángulos de seguridad, radio, GPS, etc.).
- **Revisión de condiciones:** Se verifica el estado del vehículo antes de su entrega, observando el kilometraje, y nivel de combustible.
- **Registro de observaciones:** Se utiliza un espacio en el acta para registrar cualquier observación relevante, como golpes, rayones o elementos defectuosos.
- **Firmas de conformidad:** El acta es firmada por las partes implicadas, así como por los responsables de Transportes, validando el estado del vehículo.
- **Normativas de uso:** Se hace referencia a las políticas de uso de vehículos, enfatizando su empleo exclusivo para funciones oficiales.

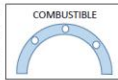
**ACTA DE ENTREGA – RECEPCIÓN DE VEHICULO DE
EMELNORTE S.A.**

Se constituyen en la Provincia de..... Cantón..... en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Regional Norte S.A. a los..... días del mes de..... de 2022; por una parte el Sr. código..... quien es el custodio actual del vehículo y por la otra parte el Sr. código..... quien lo recibe; para realizar el presente documento como constancia de la ENTREGA – RECEPCIÓN de vehículo tipo..... de tracción..... marca..... de placas..... con No..... y otros implementos, los mismos que serán utilizados en la Agencia EMELNORTE de..... provincia de.....; los bienes entregados y recibidos son conforme el siguiente detalle:

No.	DESCRIPCIÓN	ESTADO	CANT.
1	VEHICULO TIPO..... TRACCION..... Nro.....		
2	LLAVE DE RUEDAS		
3	LLANTA DE EMERGENCIA CON ARO		
4	TRIANGULO DE SEGURIDAD		
5	RADIO DE VEHICULO		
6	ESPEJO INTERNO		
7	GATA Y PALANCA		
8	GPS DE RASTREO SATELITAL		
9	ANTENA VEHICULAR		
10	ESPEJOS EXTERNOS		
11	PLUMAS		
12	TAPA GASOLINA		
13	MOQUETA		
14	MATRÍCULA		
15	RADIO DE COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL		
16	ANTENA DE REDIO INSTITUCIONAL		

KILOMETRAJE

COMBUSTIBLE



El vehículo se encuentra en buen estado y apto para ejecutar trabajos de campo, con todos los implementos que garanticen seguridad.

Conforme la Norma de Control Interno de la Contraloría General del Estado 406-09 Control de vehículos oficiales "Los vehículos del sector público y de las entidades de derecho privado que disponen de recursos públicos, están destinados exclusivamente para uso oficial, es decir, para el desempeño de funciones públicas, en los días y horas laborales, y no podrán ser utilizados para fines personales, ni familiares, ajenos al servicio público, ni en actividades electorales y políticas.

Las personas que tienen a su cargo el manejo de vehículos oficiales, tendrán la obligación del cuidado y conservación del mismo, debiendo ser guardados las unidades, en los sitios destinados por las propias entidades", parques de EMELNORTE en las diferentes localidades.

De acuerdo al Reglamento para el Control de Vehículos del Sector Público, Art. 8, párrafo cuarto, ordena que "Al término de la jornada de trabajo o de la comisión, los vehículos deben guardarse en los patios de la institución o en los garajes autorizados, cuya ubicación será informada por escrito y con antelación a la Contraloría General del Estado" y, las llaves del vehículo deben ser entregadas al Guardia de la Agencia o lugar donde se guarda la unidad.

Figura 7 Acta de Entrega de Vehículos [7, p. 10]

Aunque el proceso de préstamos en EMELNORTE cumple su propósito, todavía presenta oportunidades de mejora. La dependencia de métodos manuales y documentación en papel no solo incrementa el riesgo de errores y demoras, sino que también limita la agilidad de la empresa para atender las necesidades en el uso de la flota vehicular [8].

La implementación de un sistema web de gestión vehicular permite transformar la forma en que EMELNORTE gestiona los préstamos. Esta solución digital integrada permite a la empresa reemplazar los formularios físicos y las hojas de cálculo, logrando lo siguiente:

Automatizar el proceso de verificación: Mediante el uso de un módulo web, la disponibilidad de vehículos se puede verificar en tiempo real, con datos actualizados automáticamente tras cada operación [9]. Esto elimina la necesidad de verificaciones manuales y reduce el tiempo de espera para la asignación de vehículos.

Rastrear el historial de préstamos: Un registro digital completo de todos los préstamos permitirá a EMELNORTE rastrear el historial de uso de cada vehículo, mejorando el mantenimiento y la asignación basada en la utilización efectiva y las necesidades operativas.

2.1.2 Órdenes de movilización

La gestión de órdenes de movilización en la institución se lleva a cabo siguiendo un conjunto de procedimientos secuenciales. El ciclo operativo comienza cada lunes con la planificación semanal, instancia en la cual el jefe inmediato comunica a la Jefatura de Transportes la nómina del personal asignado a las diferentes jornadas y turnos de trabajo. Esta información es remitida al auxiliar administrativo de la sección para su respectivo procesamiento.

El flujo de emisión se categoriza en dos tipos principales, dependiendo de la naturaleza del desplazamiento:

- **Movilizaciones en jornada normal:** El auxiliar administrativo elabora las órdenes utilizando los formatos internos de la empresa.
- **Movilizaciones especiales:** Corresponden a desplazamientos durante fines de semana, feriados o fuera de la provincia. Para estos casos, la normativa exige la emisión y validación de un salvoconducto a través de la plataforma de la Contraloría General del Estado (CGE).

En el esquema actual, una vez determinado el tipo de movilización, el personal administrativo registra y consolida la información de control utilizando hojas de cálculo. Sin embargo, la emisión de la orden de movilización propiamente dicha se realiza sobre un **documento físico preimpreso**. Este formato institucional se llena de manera manual para recabar las firmas físicas de autorización correspondientes. Finalmente, el conductor debe acercarse a la oficina de transportes a retirar este documento original en papel, el cual debe portar obligatoriamente antes de registrar la salida y durante todo el trayecto del vehículo.

Para ilustrar esta secuencia operativa y sus dependencias manuales, la Figura 8 detalla el diagrama de flujo del proceso de emisión actual.

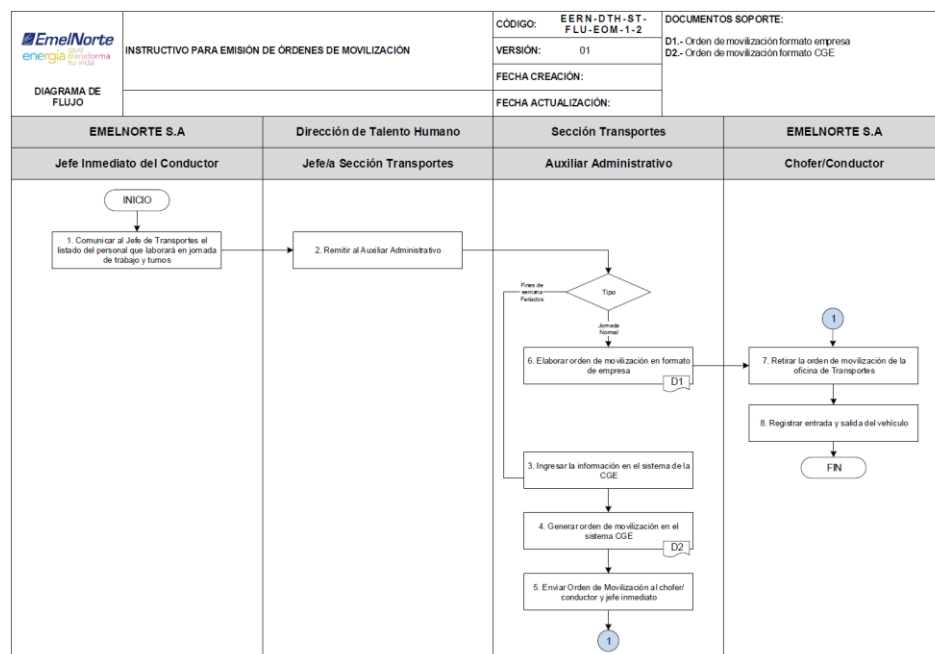


Figura 8 Proceso de emisión de órdenes de movilización [10, p. 4]

Si bien este procedimiento estructurado establece un control básico sobre el uso de la flota, la dependencia de métodos manuales, la transcripción de datos y la necesidad de presencia física para la entrega de documentos en papel generan ineficiencias operativas que limitan la agilidad institucional.

La implementación de un módulo web para la gestión de órdenes de movilización promete transformar y optimizar este flujo. Mediante esta solución digital, se automatiza la planificación semanal y se reemplaza el uso del papel por flujos de aprobación digital. Al integrar la firma electrónica con validez legal, el sistema permite que las órdenes

autorizadas se envíen automáticamente a los correos de los conductores. Esto no solo elimina la necesidad de traslados físicos a la oficina para retirar el documento, sino que garantiza una verificación en tiempo real, mejorando la precisión y la capacidad de respuesta operativa de la empresa.

2.1.3 Sección de Transportes

La Sección de Transportes de EMELNORTE es el usuario principal y el mayor beneficiario del módulo web. Esta sección desempeña un rol fundamental en la gestión y operación eficiente de la flota vehicular de la empresa, responsabilizándose de una serie de actividades que incluyen la coordinación de préstamos y movilizaciones.

Este módulo web ofrecerá a la Sección de Transportes una herramienta integral para una administración eficaz, permitiendo el acceso a los recursos, una reducción en el uso de papel y una disminución de los errores humanos asociados con los procesos manuales. La capacidad de acceder y gestionar información en tiempo real mejorará notablemente el proceso de decisión y la habilidad de respuesta ante situaciones imprevistas o emergentes.

3.1 Conceptualización Tecnológica.

3.1.1 Módulo web

En el entorno digital actual, donde la disponibilidad y accesibilidad de la información son esenciales, los módulos web se han convertido en componentes clave de las estrategias empresariales. Un módulo web es una unidad de software diseñada para integrarse en una aplicación web más amplia, proporcionando funcionalidades específicas dentro de esta. Al estar alojados en servidores web, estos módulos son accesibles a través de navegadores de internet, permitiendo a los usuarios interactuar con ellos desde cualquier lugar y en cualquier momento [11].

Un módulo web trabaja en conjunto con bases de datos y otras tecnologías web para procesar y mostrar información de forma dinámica. Esto posibilita una experiencia de usuario personalizada, adaptada a las necesidades específicas de cada aplicación.

3.1.2 Arquitectura Modelo, Vista, Controlador

La empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE), hace uso de una arquitectura multicapa para el Sistema Integrado de Gestión Empresa Eléctrica Regional Norte (SIGEERN). La propuesta se basa en incorporar un módulo dentro de este sistema ya existente para mejorar la gestión vehicular de la empresa. Esta arquitectura, alineada

con el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC), ofrece una clara separación de responsabilidades en tres capas principales:

- **Capa vista:** Esta capa se compone de varias páginas web que facilitan la interacción del usuario. A través de estas interfaces gráficas, los usuarios pueden realizar acciones que son transmitidas a la capa del controlador. La implementación de esta capa se centrará en proporcionar una experiencia de usuario intuitiva y eficiente, asegurando que la interfaz sea tanto funcional como estéticamente agradable.
- **Capa controlador:** En esta capa, se encuentra la lógica central de la aplicación. Funciona como el intermediario entre la vista y la capa de persistencia, gestionando y orquestando los componentes desde la base de datos hacia sistemas externos. Esta capa es crucial para el manejo eficiente de las operaciones y flujos de trabajo, asegurando que las solicitudes del usuario sean procesadas y respondidas adecuadamente.
- **Capa persistencia / modelo:** Esta capa gestiona las entidades persistentes que representan elementos del dominio de la aplicación. Aquí se llevan a cabo operaciones esenciales de base de datos como crear, leer, actualizar y eliminar datos. La eficiencia y la integridad de los datos son fundamentales en esta capa, asegurando que toda la información sea almacenada, recuperada y mantenida de manera segura y confiable [12].

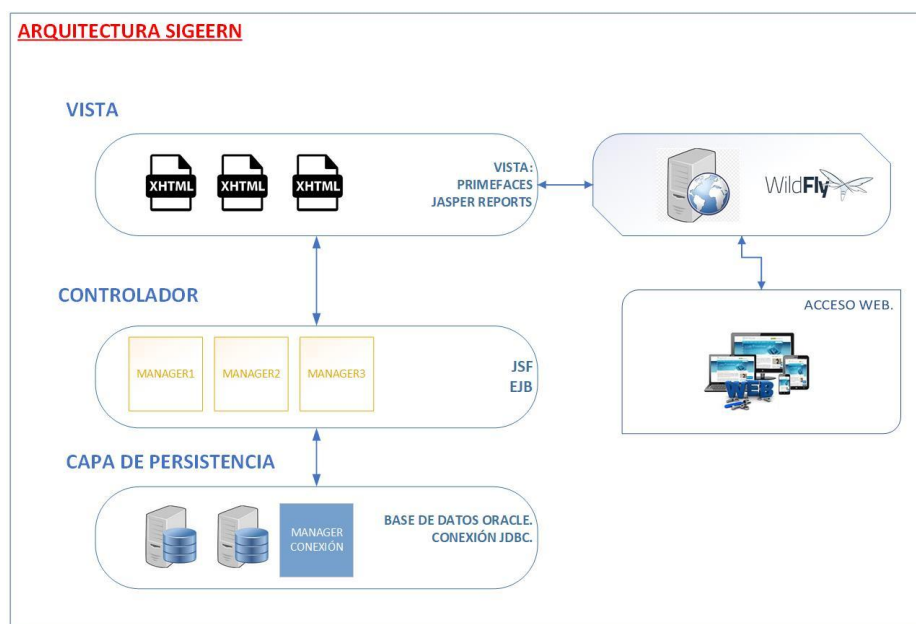


Figura 9 Diagrama Arquitectónico de Aplicación SIGEERN [12, p. 6]

4.1 Metodología de desarrollo de software.

La adopción de metodologías de desarrollo constituye una necesidad esencial en el ámbito del desarrollo de software, ya que permite garantizar la eficiencia, el profesionalismo y el éxito de los proyectos tecnológicos. Estas metodologías superan la dependencia exclusiva del criterio individual de los desarrolladores, al proporcionar un marco de trabajo estructurado que orienta a todo el equipo del proyecto. Su aplicación favorece una gestión organizada y sistemática del proceso de desarrollo, mejora la eficiencia operativa y establece lineamientos claros para la documentación y la comunicación, elementos fundamentales para cumplir con los requerimientos del cliente, facilitar la rendición de cuentas y reducir la probabilidad de errores en el producto final [13].

La implementación de una metodología específica en este trabajo de grado es una decisión estratégica que tiene como objetivo proporcionar al equipo de desarrollo las herramientas y procedimientos necesarios en cada fase del proyecto. Establece roles claros y delineados y garantiza que cada paso del desarrollo de la aplicación se realice con precisión y coherencia. Para garantizar que cada componente de la aplicación se desarrolle conforme a los objetivos establecidos y dentro de los parámetros de calidad requeridos, es esencial utilizar una metodología bien definida.

4.1.1 Metodología Scrum

Scrum es una metodología ágil que funciona como un marco de referencia para el desarrollo de software, orientado a la colaboración efectiva entre equipos pequeños y multifuncionales, así como a la entrega incremental de productos. Esta metodología se estructura en ciclos cortos y repetitivos, conocidos como sprints, que permiten una adaptación ágil frente a los cambios y favorecen la mejora continua del producto. Dentro de Scrum, roles fundamentales como el Product Owner, el Scrum Master y el Equipo de Desarrollo trabajan de manera coordinada para definir, construir y entregar funcionalidades de forma eficiente [13].

Para el proyecto de gestión vehicular de EMELNORTE, se decide adoptar una metodología inspirada en Scrum, con modificaciones significativas para adaptarla a las necesidades específicas del proyecto y de la empresa.

En el marco de Scrum tradicional, el rol del Product Owner se define como el responsable de gestionar la pila de producto y de maximizar el valor del producto resultante del trabajo del equipo Scrum. No obstante, la literatura actual muestra que esta función puede variar según el contexto organizacional y que, en ocasiones, las responsabilidades asignadas a este rol no cubren completamente las necesidades estructurales o las particularidades de la empresa dentro del proyecto, lo que sugiere la necesidad de ajustes en su implementación práctica [14].

ROLES METODOLOGIA DE DESARROLLO
DE SOFTWARE DIRECCION DE TICS
EMELNORTE



Figura 10 : Roles Metodología de Desarrollo de Software en DTICS [15, p. 8]

En este proyecto se incorporó el rol de “Usuario Final”, con una participación más activa en la gestión y dirección del trabajo, como se aprecia en la Figura 10. El usuario final (cliente–Product Owner) corresponde a la persona o grupo de personas que conoce el flujo de trabajo y las actividades de la Sección de Transportes, y colabora con el equipo de desarrollo para asegurar que el producto final cumpla los requisitos y expectativas de la empresa [15].

4.1.2 Roles Scrum

Coordinador del proyecto: Es designado por la Dirección de TICS, y sirve como el enlace principal entre el usuario final y el desarrollador. Sus obligaciones incluyen:

- Documentar de interacciones con el usuario final.
- Compilar y organizar los requisitos (Pila del Producto / BackLog).
- Colaborar con el Equipo de Desarrollo en la priorización y planificación de la pila del producto.
- Facilitar la comprensión de los requerimientos del proyecto por parte del equipo de desarrollo.

Equipo de desarrollo: En este caso, el equipo de desarrollo, representado únicamente por el tesista, se encarga de desarrollar y entregar funcionalidades que satisfagan los requisitos del usuario final. Sus obligaciones incluyen:

- Autogestionar y organizar el trabajo.
- Realizar reuniones con el usuario final para la creación de nuevas actas de trabajo.
- Implementar el proyecto según los requisitos establecidos.
- Registrar las tareas completadas en el Sprint BackLog.
- Ejecutar pruebas y elaborar informes de entrega.

Usuario final: Encargado de representar a los interesados y es responsable de garantizar que el equipo Scrum complete el proyecto de manera adecuada cumpliendo los requisitos. Sus obligaciones incluyen:

- Proporcionar una visión clara y detallada de los procesos y actividades del proyecto.
- Mantener disposición para participar en reuniones con el equipo de desarrollo.
- Suministrar documentos y hojas de cálculo, para facilitar la comprensión del proyecto.

4.1.3 Evento y actividades clave.

- Reuniones de trabajo: Definición de requerimientos y necesidades del proyecto.
- Retrospectiva: Revisión del progreso del proyecto y planificación de futuras tareas.
- Administración de versiones: Uso de herramientas como GitHub para el control de versiones.

La adaptación propuesta de la metodología garantiza una alineación con los estándares y expectativas establecidas por EMELNORTE. Este enfoque asegura un desarrollo coherente con las prácticas institucionales.

5.1 Norma ISO/IEC 25010.

5.1.1 Definición.

La norma ISO/IEC 25010:2023 es un estándar internacional que proporciona un modelo de calidad del producto de software y sistemas. Esta norma forma parte de la familia ISO/IEC 25000 (conocida como SQuaRE), desarrollada por el subcomité técnico ISO/IEC JTC 1/SC 7. Su propósito principal es sustituir a la anterior ISO/IEC 9126, ampliando y refinando los conceptos para adaptarse a las tecnologías modernas. El estándar establece un conjunto de características y sub-características que permiten evaluar la calidad del producto de software de manera integral, abarcando tanto sus propiedades internas como externas [16].

Incluye las siguientes características:

- **Funcionalidad:** Capacidad del software para brindar funciones que satisfacen las necesidades implícitas y explícitas.
- **Rendimiento:** Eficiencia con la que el sistema utiliza los recursos para cumplir con sus funciones.
- **Compatibilidad:** Habilidad del software para integrarse y funcionar juntamente con otros sistemas o aplicaciones.
- **Usabilidad:** Facilidad de uso y aprendizaje del software.
- **Confiabilidad:** La aptitud del software para sostener un rendimiento constante en determinadas circunstancias.

- **Seguridad:** Defensa de datos e información frente a intrusiones o accesos no permitidos.
- **Mantenibilidad:** Facilidad con la que se pueden realizar modificaciones y correcciones.
- **Portabilidad:** Capacidad del software para ser trasladado fácilmente de un sistema a otro.

5.1.2 Usabilidad.

Según la Norma ISO/IEC 25010, la usabilidad, como característica en el desarrollo de software, se refiere a cuán efectiva, eficiente y satisfactoria es la experiencia de usuarios específicos al emplear un producto de software para alcanzar metas concretas [16].

Esta característica se desglosa en varias sub-características que incluyen:

- Capacidad del software para ser adecuado para las tareas y necesidades del usuario.
- Facilidad con la que el usuario puede aprender a utilizar el software.
- Facilidad con la que los usuarios pueden operar y controlar el software.
- Capacidad del software para prevenir errores de usuario o minimizar sus efectos.
- Atractivo de la interfaz para el usuario.

5.1.3 ISO 9241.

Norma global centrada en la ergonomía de la interacción humano-computadora. Su enfoque inicial era la ergonomía de los dispositivos de oficina, pero ahora se ha extendido a todos los aspectos de la interacción humano-computadora [17]. La ISO 9241 ofrece una serie de principios y recomendaciones que pueden aplicarse para evaluar la usabilidad en el contexto de la norma ISO/IEC 25010. Algunos de los elementos más importantes para la evaluación de la usabilidad de la ISO 9241 son:

- **Facilidad de uso y comprensión:** La ISO 9241 destaca la necesidad de interfaces de usuario que sean fáciles de usar y comprender. El diseño claro, la lógica de navegación coherente y las etiquetas y comandos comprensibles son algunos de los elementos de esto.

- **Compatibilidad con el usuario y la tarea:** Según la norma, el diseño del software debe ser compatible con las características y tareas del usuario. Esto implica comprender a los usuarios finales, sus habilidades, experiencias y expectativas, así como las demandas específicas de las tareas para las que se utilizará el software.
- **Diseño estético y minimalista:** La norma sugiere un diseño que no sobrecargue al usuario con información innecesaria, promoviendo un diseño estético que sea tanto funcional como atractivo.
- **Prevención y manejo de errores:** Proporciona pautas sobre cómo evitar que los errores de usuario ocurran y cómo abordarlos cuando ocurren, por ejemplo, enviando mensajes de error claros y constructivos.
- **Consistencia y estándares:** La ISO 9241 recomienda mantener la consistencia en el diseño y seguir las convenciones y estándares reconocidos, lo que ayuda a los usuarios a aprender y utilizar el software más rápidamente.
- **Ayuda y documentación:** A pesar de que la meta es que el sistema sea fácil de entender, la norma reconoce que es necesario tener ayuda y documentación adecuada, fáciles de acceder y fáciles de usar.

Aplicando estas directrices en el marco de la ISO/IEC 25010, se puede realizar una evaluación integral de la usabilidad del software desarrollado, asegurando que cumpla con las necesidades y expectativas de los usuarios finales. En el proyecto de gestión vehicular de EMELNORTE, la incorporación de estos principios contribuirá a desarrollar una solución que no solo sea funcional sino también eficiente y satisfactoria para los usuarios.

Conforme a la norma ISO/IEC 25010, se empleará la realización de cuestionarios para la evaluación de resultados.

5.1.4 Uso de Cuestionarios para evaluar la Usabilidad.

La evaluación de la usabilidad en el módulo web requiere la recopilación sistemática de la percepción del usuario final, siendo los cuestionarios estandarizados una de las herramientas empíricas más efectivas. Como señalan investigaciones recientes en el área de calidad de software [18], esta evaluación, alineada con los parámetros de la

norma ISO/IEC 25010, implica una serie de procedimientos estructurados que son fundamentales para medir, cuantificar y mejorar la interacción del personal con el sistema.

El proceso investigativo inicia con la definición de criterios claros de evaluación, basados en principios normativos previamente establecidos. Entre estos criterios se encuentran la facilidad de aprendizaje de la interfaz, la eficiencia operativa en tareas cotidianas, la prevención de errores durante el ingreso de datos y la satisfacción general del usuario. Definir estas métricas desde el inicio permite estructurar el cuestionario con un enfoque preciso y orientado a los objetivos del proyecto, asegurando que el producto responda a las necesidades reales del entorno operativo [18].

Una vez que el módulo de gestión vehicular alcanza una etapa funcional y es desplegado en un entorno de pruebas, se procede a la aplicación de estos instrumentos con usuarios reales. La literatura académica subraya la importancia de involucrar al usuario final para garantizar la pertinencia del software; de este modo, los cuestionarios se aplican al personal de la Sección de Transportes de EMELNORTE tras sus primeras interacciones con el sistema. Esta fase permite identificar de primera mano cómo percibe el usuario la digitalización de procesos que antes realizaba de forma manual, detectando áreas donde la experiencia requiere mayor fluidez o claridad.

Además de capturar percepciones subjetivas, el uso de cuestionarios estructurados (como el System Usability Scale) transforma la retroalimentación cualitativa en datos cuantitativos medibles. Estas herramientas permiten obtener un índice numérico de la satisfacción del usuario, al mismo tiempo que recogen sugerencias específicas mediante preguntas abiertas. Entender mejor las expectativas y necesidades operativas de los conductores y administradores a través de estas encuestas es vital para fundamentar los ajustes técnicos en el código y en la interfaz.

Finalmente, el análisis de los datos obtenidos proporciona un diagnóstico integral que guía el perfeccionamiento del módulo web. La información consolidada a partir de los cuestionarios permite priorizar las mejoras, garantizando que la solución tecnológica no solo cumpla con sus requerimientos funcionales, sino que ofrezca una experiencia de uso altamente satisfactoria, ergonómica y adaptada a la realidad institucional [18].

CAPÍTULO II

PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se describe de forma detallada el proceso técnico y metodológico que se llevó a cabo para el desarrollo del módulo web de gestión vehicular y su integración con el sistema SIGEERN. A partir de la planificación inicial, en este apartado se amplía y ajusta la información presentada, incorporando las actividades, técnicas y herramientas que fueron realmente aplicadas durante el desarrollo del proyecto.

6.1 Fase 1: Iniciación

6.1.1 Visión del proyecto.

EMELNORTE cuenta con una Sección de Transportes, cuyo objetivo es administrar la gestión vehicular de la empresa. Actualmente, la gestión de vehículos y conductores se lleva a cabo mediante procesos manuales y dispersos, lo que conlleva ineficiencias y riesgos de errores.

La finalidad de este proyecto es desarrollar un módulo web de gestión vehicular que permita a la Sección de Transportes realizar una administración eficiente y centralizada de los vehículos y conductores de la empresa. El módulo incorpora funcionalidades para el registro y seguimiento de vehículos, conductores y sus respectivas licencias, así como la planificación y monitoreo de préstamos y órdenes de movilización vehiculares.

El módulo web se implementa dentro del Sistema Integrado de EMELNORTE (SIGEERN), ofreciendo una interfaz de usuario amigable y accesible. Además, se aplican estándares como la ISO/IEC 25010 con su característica de “usabilidad” para asegurar que el sistema sea eficiente, efectivo y satisfactorio para los usuarios.

Mediante este sistema, se espera lograr una mejora significativa en la organización y control de la flota vehicular, reducir tiempos y errores asociados a la gestión manual, y asegurar la disponibilidad y precisión de la información vehicular en todo momento. Esto permitirá a EMELNORTE tener un control más riguroso sobre el uso y mantenimiento de sus vehículos, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia operativa de la empresa.

6.1.2 Descripción del módulo del proyecto.

Con el fin de facilitar una gestión vehicular eficiente en EMELNORTE, el sistema propuesto se organizó en módulos funcionales orientados a atender las necesidades específicas de los distintos actores que intervienen en el proceso. Esta organización permite definir de manera clara las responsabilidades y los niveles de acceso dentro de la aplicación web. En la Tabla 1 se presenta la descripción de cada uno de los módulos del sistema, relacionando sus principales funcionalidades con los roles y cargos institucionales responsables de su ejecución.

Tabla 1 Descripción de módulos

Módulo	Descripción	Rol	Cargo
Administración	Permite el ingreso y gestión de la información de los conductores (autorizados o de planta), así como el registro y actualización de la flota vehicular y su documentación legal correspondiente.	Jefe	Jefe de transportes
Solicitante	Facilita el ingreso de la información necesaria para crear una solicitud de vehículo. Permite la subsanación de errores o correcciones en caso de observaciones realizadas por la sección de transportes.	Director Jefe	Director de área, sección o departamento Jefe de Agencia
Órdenes de movilización	Gestiona el ciclo completo de validación de solicitudes, inspección de disponibilidad y asignación de recursos. Permite la aprobación final, firma de autorización y la generación automática de órdenes basadas en la planificación semanal.	Jefe	Jefe de transportes
Préstamos de vehículo	Gestión de Aprobación: Permite validar solicitudes, asignar vehículos y conductores (de planta o autorizados) y firmar la autorización final.	Jefe	Jefe de transportes
	Gestión de Traspaso (Acta de Entrega): Exclusivo cuando el conductor asignado es diferente al conductor actual del vehículo. Permite al conductor actual generar el acta digital y registrar el estado del vehículo. Gestiona el flujo de firmas electrónicas requeridas (Conductor actual, Conductor asignado y Jefe de Transportes) para formalizar el traspaso.	Empleado / Jefe	Conductor actual / Conductor asignado / Jefe de Transportes

Generación de Orden: Emisión automática de la orden de movilización una vez completado el flujo de firmas (en caso de traspaso) o inmediatamente tras la asignación (si el conductor asignado es el mismo que el conductor actual).	Jefe	Jefe de Transportes
---	------	---------------------

6.1.3 Definición de los roles de Scrum.

Para el desarrollo adecuado del módulo de gestión vehicular, es fundamental definir una estructura organizativa clara basada en el marco de trabajo Scrum. Esta definición de roles permitió alinear los objetivos técnicos del proyecto con las necesidades operativas de la Sección de Transportes de EMELNORTE, asegurando que cada etapa del desarrollo contara con la supervisión y validación correspondientes.

La asignación de responsabilidades involucró tanto al personal de la Dirección de TICS de EMELNORTE, como los representantes de la Sección de Transportes, lo que favoreció un trabajo colaborativo y un flujo de actividades más eficiente. En la Tabla 2 se presentan los roles establecidos para el proyecto, junto con los profesionales responsables de su ejecución.

Tabla 2 Roles Scrum

Rol	Nombre	Responsabilidad
Product Owner	Ing. Luis Canacuan	Encargado de asegurar que todos los requisitos funcionales del sistema sean cumplidos y de priorizar las necesidades operativas de la Sección de Transportes dentro del proyecto.
Scrum Master	Ing. Mayra Chamorro, MSc	Responsable de supervisar el avance y dar seguimiento en el desarrollo del proyecto, siguiendo las políticas institucionales. También se encarga de resolver impedimentos de infraestructura y verificar el acceso a los recursos tecnológicos.
Scrum Team	Srta. Carolayne Mejia	Desarrolladora encargada de codificar, diseñar la arquitectura y cumplir con los estándares de funcionalidad del proyecto.
Stakeholder	Ing. Mauricio Rea, MSc	Contribuyen con el feedback académico y operativo durante el desarrollo del proyecto.

7.1 Fase 2: Planificación y estimación.

7.1.1 Product Backlog.

El Product Backlog es una lista priorizada que contiene todos los posibles requerimientos que el sistema puede necesitar. Cada requerimiento se organiza de manera detallada para asegurar una comprensión clara y precisa de lo que se necesita desarrollar. Para ello, se asigna un “Id” a cada requerimiento, junto con el nombre de la historia de usuario, la prioridad de realización del requerimiento según la evaluación del dueño del producto, una estimación del esfuerzo necesario para completar el requerimiento y una breve descripción que proporciona contexto y detalles adicionales [19].

La prioridad de los requerimientos se establece basándose en las necesidades y objetivos de la empresa o sección, así como en el valor que cada historia de usuario aporta al sistema. Esta priorización es crucial para garantizar que los desarrollos más importantes y valiosos para el negocio se aborden primero. El dueño del producto, que es responsable de definir y priorizar los requerimientos, juega un papel esencial en este proceso, asegurando que el equipo de desarrollo se enfoque en lo que realmente importa [20].

Metodología de Estimación de Esfuerzo (PERT).

Para la estimación del esfuerzo de desarrollo de cada historia de usuario, se decidió no emplear una estimación de punto único, debido a que este enfoque no considera la incertidumbre inherente a los proyectos de desarrollo de software y puede conducir a estimaciones poco realistas. En su lugar, se optó por aplicar la técnica de Estimación de Tres Puntos, basada en el método **PERT (Program Evaluation and Review Technique)**, la cual permite obtener resultados más confiables al contemplar distintos escenarios posibles de ejecución [21].

Esta técnica resulta especialmente adecuada para el presente proyecto de tesis, desarrollado de manera individual, ya que facilita la gestión de riesgos técnicos y reduce el sesgo de optimismo común en la planificación de proyectos de software. El método se basa en la definición de tres escenarios de tiempo —optimista, más probable y pesimista— que son combinados mediante una distribución Beta para calcular un valor esperado más representativo del esfuerzo real requerido [22], [23].

Los tres escenarios considerados para la estimación se definen en la siguiente tabla:

Tabla 3 Parámetros para la Estimación de Tres Puntos (PERT)

Variable	Escenario	Definición
O	Optimista	Representa el tiempo mínimo de ejecución si todo procede a la perfección, sin contratiempos técnicos y con todos los recursos disponibles.
M	Más Probable	Es el tiempo estimado realista para completar la tarea en condiciones normales, considerando la complejidad lógica y el desarrollo de las capas (Vista, Controlador, Modelo).
P	Pesimista	Considera el peor escenario posible, incluyendo tiempo extra para la refactorización, corrección de errores complejos (bugs), problemas de configuración o investigación de nuevas librerías.

Una vez definidos los tres valores de estimación, se procede a calcular una estimación ponderada aplicando la fórmula del método PERT:

$$E = \frac{O + 4M + P}{6}$$

Donde:

- E = Estimación Esperada (Esfuerzo final en horas).
- O = Tiempo Optimista.
- M = Tiempo Más Probable.
- P = Tiempo Pesimista.

A partir de los datos obtenidos en la estimación, se presenta la tabla del Product Backlog, en la cual se detallan los componentes que incluyen Id, Historia, Prioridad, O, M, P, Estimación, y Descripción, los cuales sirven como referencia para orientar el trabajo durante el desarrollo del proyecto.

PRODUCT BACKLOG

PROYECTO: “Gestión Vehicular implementando un Módulo Web para la Sección de Transportes dentro del Sistema Integrado de EMELNORTE (SIGEERN).”

ID	HISTORIA	PRIORIDAD	O (H)	M (H)	P (H)	ESTIMAC IÓN(E)	DESCRIPCIÓN
1	Configuración del entorno de desarrollo	Alta	2	4	8	4h	El proyecto por realizar debe adaptarse a las tecnologías utilizadas en la empresa, con las versiones adecuadas de las herramientas.
2	Administración de conductores	Alta	45	60	95	63h	Gestión integral (CRUD) que permite registrar conductores consumiendo datos de empleados de la empresa. Incluye la funcionalidad para cargar/actualizar documentos digitales (licencia, autorizaciones) e inactivación lógica del conductor.
3	Administración de vehículos	Alta	60	80	130	85h	Gestión (CRUD) de la flota. Requiere validación previa del código de bodega para heredar datos, verificación de custodio (conductor) existente, carga de documentos del vehículo e inactivación lógica.
4	Gestión de parámetros vehiculares (Marcas y modelos)	Alta	20	28	44	29h	Administración de catálogos base (Marcas y Modelos) para estandarizar la clasificación de la flota y asegurar la integridad referencial en el registro de vehículos.
5	Solicitud de órdenes de movilización	Media	60	75	120	80h	Módulo para ingresar requerimientos de transporte. Incluye validación de fechas, selección de pasajeros, generación de reporte y notificaciones por correo.

6	Autorización de órdenes de movilización	Media	45	60	105	65h	Flujo de aprobación por parte del jefe de transportes. Implica cambio de estado, validación de disponibilidad y firma electrónica / digital de la movilización generada.
7	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal	Alta	90	115	170	120h	Generación de órdenes masivas automáticamente cruzando la planificación semanal con la disponibilidad vehicular real.
8	Registro de Salvoconductos por feriado, fines de semana o fuera de provincia.	Media	70	90	140	95h	Gestión especial para órdenes reguladas por Contraloría. Requiere carga de documentos externos de respaldo y validaciones de fechas no laborables.
9	Solicitud de préstamo de vehículo	Media	110	140	230	150h	solicitudes de préstamo de vehículos institucionales para uso interno en actividades operativas.
10	Autorización de préstamo de vehículo	Media	75	95	145	100h	Interfaz para la revisión y aprobación/negación de préstamos por parte de la autoridad competente, actualizando el estado del trámite.
11	Elaboración de acta de entrega para préstamo	Media	80	105	160	110h	Generación dinámica de reportes en formato PDF que certifican la entrega física del vehículo y su estado actual (checklist).
12	Generación de préstamo	Media	60	80	130	85h	Registro final que confirma la salida del vehículo, actualizando su estado de disponibilidad y vinculando el acta firmada junto a la movilización.

7.1.2 Elaboración de historias de usuario.

De acuerdo con Alexander Menzinsky y colaboradores, las historias de usuario forman parte de las prácticas de los requisitos ágiles y se conciben como una herramienta de comunicación que integra tanto medios escritos como verbales. Su objetivo principal es describir de manera breve y comprensible una funcionalidad del software desde la perspectiva del usuario, facilitando así el entendimiento de las necesidades reales que el sistema debe satisfacer [24].

A continuación, se presentan todas las Historias de Usuario del proyecto:

Tabla 4 Historia de usuario 1

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-001	Configuración del entorno de desarrollo	Alta
Descripción	El módulo debe integrarse al sistema SIGEERN de EMELNORTE y ser un aplicativo web accesible solo desde la red interna. Utilizará la arquitectura MVC y restringirá el acceso mediante las credenciales existentes. Debe ser fácil de usar con interfaces intuitivas, y los permisos de acceso solo podrán ser modificados por el administrador. Se implementará sobre la infraestructura tecnológica actual, funcionando con Oracle, y se desarrollará en Eclipse 2023 con Java y JSF, usando PrimeFaces 11.0 para una interfaz amigable.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none">• El entorno de desarrollo debe incluir la instalación y configuración de Eclipse 2023, Java, JSF, y PrimeFaces 11.0.• Implementar la arquitectura MVC para el desarrollo del módulo.• Desarrollar el sistema sobre la infraestructura tecnológica existente y la base de datos Oracle.	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none">• Verificar que todos los componentes del entorno de desarrollo están instalados y configurados correctamente.• Asegurarse de que el entorno de desarrollo es funcional y permite la ejecución del sistema.• Validar que el sistema funciona correctamente sobre la base de datos Oracle.	

Tabla 5 Historia de usuario 2

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-002	Administración de conductores	Alta
Descripción	<p>Como jefe de la Sección de Transportes, quiero gestionar el registro de conductores integrando la información del personal existente y sus documentos habilitantes, para mantener un control actualizado del personal autorizado para conducir la flota vehicular y asegurar el cumplimiento legal de las licencias.</p>	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de personal: El sistema debe permitir buscar y seleccionar un empleado desde la base de datos de talento humano. • Clasificación del conductor: El usuario debe definir si el conductor es "De Planta" o "Autorizado". • Carga Documental Condicionada: <ul style="list-style-type: none"> -Si es De Planta: Habilitar campo obligatorio solo para Licencia. -Si es Autorizado: Habilitar campos obligatorios para Licencia y Autorización. • Actualización: Permitir la edición de documentos cuando estos caduquen. • Inactivación: Opción para desactivar al conductor (Borrado lógico) sin eliminar su historial. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Al seleccionar "Chofer", el sistema exige la carga de la licencia, pero no solicita el documento de autorización. • Al seleccionar "Conductor autorizado", el sistema bloquea el guardado si no se han cargado ambos archivos (Licencia + Autorización). • El sistema valida que el empleado seleccionado no esté ya registrado como conductor activo. • Al desactivar un conductor, este ya no aparece disponible en las listas para nuevas órdenes de movilización, pero sus datos se mantienen en la base de datos. 	

Tabla 6 Historia de usuario 3

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-003	Administración de vehículos	Alta
Descripción	<p>Como jefe de la Sección de Transportes, quiero gestionar el inventario de la flota vehicular validando su origen en el sistema de bodega y verificando el custodio asignado, para asegurar la integridad de los datos de los activos fijos y garantizar que cada vehículo tenga un custodio registrado.</p>	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda por código de bodega: El usuario ingresa el código del activo. El sistema consulta la base de datos de inventarios y autocompleta los datos básicos (marca, modelo, color, chasis, custodio original). • Validación de custodio: El sistema verifica automáticamente si el "Custodio original" (que viene de bodega) ya existe en la tabla de Conductores (HU-002). <ul style="list-style-type: none"> • Si existe: Permite continuar el registro. • Si no existe: Bloquea el proceso y alerta que primero se debe registrar al custodio como conductor. • Carga Documental: Habilitar la subida de archivos digitales obligatorios (matrícula). • Inactivación: Funcionalidad para dar de baja el vehículo (borrado lógico) por mantenimiento o siniestro. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Al ingresar un código de bodega válido, los campos de descripción del vehículo se llenan automáticamente y no son editables (para evitar inconsistencias con inventarios). • El sistema impide guardar el vehículo si el custodio asignado no tiene un registro activo en el módulo de conductores. • Es obligatorio adjuntar el archivo de la matrícula vigente para finalizar el alta del vehículo. • La funcionalidad de inactivación cambia el estado del vehículo a "inactivo", excluyéndolo de la planificación de nuevas movilizaciones. 	

Tabla 7 Historia de usuario 4

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-004	Gestión de parámetros vehiculares (marcas y modelos).	Alta
Descripción	Como administrador del módulo de transportes, quiero administrar los catálogos de marcas y modelos, para estandarizar la información de la flota, evitando errores de digitación o duplicidad de nombres al registrar nuevos vehículos	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de marcas: Interfaz para crear, editar y listar las marcas fabricantes (ej: Chevrolet, Toyota). Debe validar unicidad del nombre. • Gestión de modelos: Interfaz dependiente donde se selecciona primero una Marca y se registran sus modelos asociados (ej: D-Max, Hilux). • Control de duplicidad: El sistema debe verificar que no se ingrese el mismo nombre dos veces (ignorando mayúsculas/minúsculas). • Restricción de eliminación: Bloquear la eliminación física de una marca o modelo si ya están siendo usados por algún vehículo registrado (Integridad Referencial). 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema impide registrar una marca o modelo con un nombre ya existente en la base de datos (Ej: No permitir "Chevrolet" si ya existe "CHEVROLET"). • Para registrar un Modelo, es obligatorio seleccionar previamente la Marca a la que pertenece. • Al intentar eliminar una marca que tiene modelos o vehículos asociados, el sistema muestra un mensaje de error impidiendo la acción (protección de datos históricos). • Las listas desplegables en el módulo de vehículos (HU-003) se actualizan automáticamente con los nuevos parámetros registrados aquí. 	

Tabla 8 Historia de usuario 5

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-005	Solicitud de órdenes de movilización	Media
Descripción	Como jefe de agencia (usuario solicitante), quiero generar una solicitud de movilización especificando destino, fechas y pasajeros, para obtener la autorización de uso de un vehículo institucional para el cumplimiento de las funciones laborales.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Formulario de solicitud: Interfaz para ingresar: motivo, destino, fecha/hora salida y retorno. • Selección de pasajeros: Buscador integrado (tipo PickList) para seleccionar múltiples empleados acompañantes desde la nómina. • Validación temporal: Lógica para impedir fechas incoherentes (Ej: Fecha fin menor a fecha inicio, o fechas en el pasado). • Generación de secuencial: El sistema asigna un número único de trámite. • Notificación: Envío automático de correo electrónico al jefe de Transportes avisando de una nueva solicitud pendiente. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema valida que no se solape con otras solicitudes ya en proceso en cuanto a fechas, vehículo y conductor. • Es obligatorio seleccionar al menos un pasajero (puede ser el mismo solicitante) y definir el destino. • Al guardar, la solicitud nace con el estado "Pendiente de aprobación". • El sistema envía una notificación por correo al aprobador con los detalles básicos de la solicitud. 	

Tabla 9 Historia de usuario 6

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-006	Autorización de órdenes de movilización	Media
Descripción	Como jefe de la Sección de Transportes, quiero revisar y firmar electrónicamente las autorizaciones (movilización), para continuar formalmente el despacho del vehículo o rechazar pedidos injustificados o sin disponibilidad.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Bandeja de entrada: Listado de solicitudes con estado "Pendiente". • Revisión: visualización del detalle (quién, para qué, a dónde). • Acción de negado: Si se niega, es obligatorio ingresar una "observación" del motivo. El estado cambia a "negada". • Acción de aprobación (firma): Solicitar la clave del certificado de firma electrónica (.p12). • Estampar la firma digital en el documento PDF generado. • Cambiar estado a "aprobada". 	

Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema no permite aprobar una solicitud si no se detecta disponibilidad teórica de vehículos/conductores (alerta informativa). • Para completar la aprobación, es obligatorio el proceso de firma electrónica válida; si la clave es incorrecta o el certificado expiró, la solicitud no cambia de estado. • Al rechazar una solicitud, el campo de "observación/motivo" se vuelve obligatorio. • Una vez firmada (aprobada), el sistema genera el PDF final con la estampa de la firma y notifica al solicitante por correo electrónico.
--------------------------------	---

Tabla 10 Historia de usuario 7

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-007	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal	Alta
Descripción	Como Analista / jefe de Transportes, quiero generar, visualizar y gestionar masivamente las órdenes de movilización basadas en la planificación semanal, para previsualizar la asignación de recursos, resolver conflictos de disponibilidad antes del guardado y agilizar la legalización (firma) de múltiples órdenes en un solo paso.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Carga y previsualización: Al seleccionar la semana, el sistema genera en memoria (vista) la propuesta de órdenes para todos los vehículos activos, estableciendo por defecto el horario de 07:30 a 17:00. Aún no se guarda en BD. • Edición y gestión de lista: El usuario puede: <ul style="list-style-type: none"> -Editar detalles (conductor, destino) de una fila específica. -Excluir (quitar) vehículos de la lista de generación. -Reincorporar vehículos previamente excluidos. • Detección de conflictos: El sistema valida en tiempo real si el vehículo o conductor tiene choques con otras solicitudes o movilizaciones existentes, mostrando una alerta visual en la fila conflictiva. • Persistencia (guardado): Al confirmar, se generan los registros en la base de datos. • Acciones masivas post-guardado: <ul style="list-style-type: none"> -Firmar bloque: Legalizar todas las órdenes generadas que estén pendientes. -Anular bloque: Cancelar masivamente la planificación de la semana. • Reporte: Generación de pantalla con la planificación semanal. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Al cargar la semana, el sistema debe listar todos los vehículos operativos con los datos del conductor actual y el horario 07:30-17:00 pre-cargado, sin crear registros en la base de datos todavía. • El sistema debe resaltar visualmente (ej. color rojo o ícono de alerta) si un vehículo/conductor tiene un conflicto de horario con otra orden ya existente. • Debe permitir editar, eliminar o volver a agregar un registro en la tabla de previsualización antes de guardar. 	

- La funcionalidad de "firmar todo" debe aplicar la firma electrónica a todas las órdenes del bloque seleccionado que estén en estado "pendiente".
- La opción "anular masivamente" debe cambiar el estado de todas las órdenes de esa planificación a "anulada" en una sola transacción.

Tabla 11 Historia de usuario 8

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-008	Registro de salvoconductos por feriado, fines de semana o fuera de provincia.	Media
Descripción	Como administrador de Transportes, quiero registrar órdenes especiales (salvoconductos) adjuntando la documentación de respaldo emitida por contraloría, para justificar legalmente la circulación de vehículos institucionales en días no laborables o zonas fuera de jurisdicción.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de excepción: El sistema detecta automáticamente si la fecha solicitada es fin de semana / feriado, o si el usuario marca "fuera de provincia". • Habilidad de carga: Se activan campos obligatorios para adjuntar la autorización de contraloría (PDF). • Validación de archivo: Verificar formato (PDF/Imagen) y peso máximo. • Vinculación: El archivo queda asociado permanentemente a la orden de movilización. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Si la fecha de la orden corresponde a un sábado, domingo o feriado parametrizado, el sistema bloquea el guardado si no se ha adjuntado el archivo de respaldo. • El sistema permite visualizar el documento de salvoconducto adjunto desde el listado de órdenes. • Se debe validar que el archivo cargado no supere el límite de tamaño establecido (ej. 5MB) para no saturar el servidor. 	

Tabla 12 Historia de usuario 9

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-009	Solicitud de préstamo de vehículo.	Media
Descripción	Como director de Departamento, quiero solicitar el préstamo de un vehículo especificando la actividad operativa, fechas y destino, para obtener un recurso de transporte que permita al personal de mi área realizar sus labores de campo.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Ingreso de requerimiento: El director llena el formulario indicando: descripción (actividad operativa), destino, fecha / hora inicio y fecha / hora Fin. • Validación de fechas: El sistema verifica que el rango de fechas sea coherente y futuro. • Envío: La solicitud se guarda en estado "pendiente de asignación" y notifica al jefe de Transportes. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema obliga a ingresar una descripción detallada de la actividad operativa. • La fecha de fin del préstamo no puede ser anterior a la fecha de inicio. • Al guardar, la solicitud queda visible en la bandeja del jefe de Transportes para su gestión, sin vehículo asignado todavía. 	

Tabla 13 Historia de usuario 10

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-010	Autorización y asignación de vehículo para préstamo	Media
Descripción	Como jefe de la Sección de Transportes, quiero procesar las solicitudes pendientes asignando un vehículo disponible y un conductor responsable, para autorizar el préstamo y determinar si es necesario generar un acta de entrega.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión y asignación: El jefe selecciona la solicitud y escoge de la lista de disponibles: un vehículo y un conductor asignado (puede ser un chofer de planta o un funcionario autorizado). • Lógica de negocio (detección de acta): <ul style="list-style-type: none"> -El sistema compara: Conductor asignado vs. conductor actual del vehículo. -Caso A (iguales): No requiere acta de entrega-recepción. Se genera solo la orden de movilización. -Caso B (diferentes): El sistema marca el trámite como "Requiere acta de entrega". • Generación documental: Al confirmar la asignación, se crean los registros correspondientes en estado "pendiente de elaboración de acta de entrega". 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe filtrar y mostrar solo vehículos que no tengan cruce de horarios con otras órdenes o préstamos en las fechas solicitadas. • Es obligatorio asignar un conductor responsable que tenga licencia vigente (validación contra HU-002). 	

- El sistema debe detectar automáticamente si el conductor asignado es distinto al custodio registrado en la ficha del vehículo (HU-003) para activar el flujo del acta de entrega.

Tabla 14 Historia de usuario 11

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-011	Elaboración de acta de entrega para préstamo	Media
Descripción	Como conductor actual, quiero generar el documento de entrega-recepción y recabar las firmas de aceptación de las partes operativas, Para documentar el estado físico del vehículo y formalizar el traspaso de custodia al conductor asignado antes de la autorización final.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Generación del borrador: El sistema genera el PDF con los datos del vehículo, kilometraje, nivel de combustible y accesorios (checklist). • Firma 1 (generador): El usuario que elabora el acta revisa el contenido y estampa su firma electrónica certificando la entrega. • Notificación al conductor: El sistema envía una alerta al conductor asignado indicando que tiene un acta pendiente de recibir. • Firma 2 (aceptación del conductor): El conductor ingresa al sistema, revisa el estado del vehículo declarado y firma electrónicamente aceptando la custodia. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Mientras falten las firmas del generador o del conductor, el trámite permanece en estado "en proceso de firmas" y no pasa a la bandeja de legalización final. • El sistema debe permitir al conductor rechazar el acta (con una observación) si no está de acuerdo con el estado físico descrito del vehículo. 	

Tabla 15 Historia de usuario 12

Historia de Usuario		
Código	Nombre	Prioridad
HU-012	Generación de préstamo (legalización)	Media
Descripción	Como jefe de la Sección de Transportes, quiero legalizar el trámite firmando el acta y la orden de movilización, para oficializar la salida del vehículo, actualizar su disponibilidad en el sistema y notificar al solicitante.	
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> Validación previa: El sistema verifica que el acta (de la HU-011) tenga ya las dos firmas previas (generador y conductor). Firma 3 (autoridad): El jefe estampa su firma electrónica en el acta de entrega (avalando el proceso). Firma de la orden: Inmediatamente, el jefe firma la orden de movilización asociada al préstamo. Cierre del trámite (generación): <ul style="list-style-type: none"> El estado del préstamo pasa a "aprobado / vigente". El estado del vehículo pasa a "ocupado". Se envían los PDFs finales al solicitante y al conductor. 	
Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> Al finalizar, el vehículo debe quedar bloqueado en el planificador para evitar que sea asignado a otras movilizaciones durante el tiempo del préstamo. Si el préstamo no requiera acta (custodio = conductor), el sistema omite la validación de firmas del acta y permite firmar directamente la orden de movilización. 	

7.1.3 Planificación del proyecto

La planificación del proyecto se fundamenta en un enfoque iterativo e incremental, adaptando las prácticas ágiles de Scrum a la realidad de un desarrollo individual. Para garantizar una correcta ejecución y control del proyecto, las historias de usuario priorizadas en el **Product Backlog** se han distribuido en iteraciones de trabajo denominadas **Sprints**.

Dado que la estimación del esfuerzo (E) contempla las horas netas de desarrollo técnico, la duración calendario de cada sprint ha sido estructurada considerando no solo la codificación de las capas de software, sino también los tiempos requeridos para el levantamiento de información in situ, las pruebas de integración con el sistema SIGEERN de EMELNORTE, la validación de requerimientos con el dueño del producto (jefatura de Transportes) y la elaboración de la documentación técnica respectiva.

La ejecución del proyecto abarca el periodo comprendido entre el 19 de febrero de 2024 a 04 de marzo de 2026, dividiendo el ciclo de vida del desarrollo en 27 Sprints estratégicos, agrupados lógicamente por la dependencia funcional de los módulos (Administración, Movilización y Préstamos). A continuación, se detalla el cronograma establecido:

Tabla 16 Planificación sprints

ID	Historia de usuario	Sprint	Fecha
1	Configuración del entorno de desarrollo.	Fase Previa	Fecha de inicio: 17 de febrero de 2025 Fecha de finalización: 18 de febrero de 2025
2	Gestión de parámetros vehiculares (Marcas y modelos).	Sprint 1	Fecha de inicio: 19 de febrero de 2025 Fecha de finalización: 04 de marzo de 2025
3	Administración de conductores.	Sprint 2	Fecha de inicio: 05 de marzo de 2025 Fecha de finalización: 18 de marzo de 2025
4	Administración de conductores.	Sprint 3	Fecha de inicio: 19 de marzo de 2025 Fecha de finalización: 01 de abril de 2025
5	Administración de vehículos.	Sprint 4	Fecha de inicio: 02 de abril de 2025 Fecha de finalización: 15 de abril de 2025
6	Administración de vehículos.	Sprint 5	Fecha de inicio: 16 de abril de 2025 Fecha de finalización: 29 de abril de 2025

7	Administración de vehículos.	Sprint 6	Fecha de inicio: 30 de abril de 2025 Fecha de finalización: 13 de mayo de 2025
8	Solicitud de órdenes de movilización.	Sprint 7	Fecha de inicio: 14 de mayo de 2025 Fecha de finalización: 27 de mayo de 2025
9	Solicitud de órdenes de movilización.	Sprint 8	Fecha de inicio: 28 de mayo de 2025 Fecha de finalización: 10 de junio de 2025
10	Solicitud de órdenes de movilización.	Sprint 9	Fecha de inicio: 11 de junio de 2025 Fecha de finalización: 24 de junio de 2025
11	Autorización de órdenes de movilización.	Sprint 10	Fecha de inicio: 25 de junio de 2025 Fecha de finalización: 08 de julio de 2025
12	Autorización de órdenes de movilización.	Sprint 11	Fecha de inicio: 09 de julio de 2025 Fecha de finalización: 22 de julio de 2025
13	Autorización de órdenes de movilización.	Sprint 12	Fecha de inicio: 23 de julio de 2025 Fecha de finalización: 05 de agosto de 2025
14	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal.	Sprint 13	Fecha de inicio: 06 de agosto de 2025 Fecha de finalización: 19 de agosto de 2025

15	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal.	Sprint 14	Fecha de inicio: 20 de agosto de 2025 Fecha de finalización: 02 de septiembre de 2025
16	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal.	Sprint 15	Fecha de inicio: 03 de septiembre de 2025 Fecha de finalización: 16 de septiembre de 2025
17	Generación de órdenes de movilización basadas en planificación semanal.	Sprint 16	Fecha de inicio: 17 de septiembre de 2025 Fecha de finalización: 30 de septiembre de 2025
18	Registro de Salvoconductos por feriado, fines de semana o fuera de provincia.	Sprint 17	Fecha de inicio: 01 de octubre de 2025 Fecha de finalización: 14 de octubre de 2025
19	Registro de Salvoconductos por feriado, fines de semana o fuera de provincia.	Sprint 18	Fecha de inicio: 15 de octubre de 2025 Fecha de finalización: 28 de octubre de 2025
20	Registro de Salvoconductos por feriado, fines de semana o fuera de provincia.	Sprint 19	Fecha de inicio: 29 de octubre de 2025 Fecha de finalización: 11 de noviembre de 2025
21	Solicitud de préstamo de vehículo.	Sprint 20	Fecha de inicio: 12 de noviembre de 2025 Fecha de finalización: 25 de noviembre de 2025
22	Solicitud de préstamo de vehículo.	Sprint 21	Fecha de inicio: 26 de noviembre de 2025

		Fecha de finalización: 09 de diciembre de 2025
23	Solicitud de préstamo de vehículo.	Sprint 22 Fecha de inicio: 10 de diciembre de 2025 Fecha de finalización: 23 de diciembre de 2025
24	Autorización de préstamo de vehículo.	Sprint 23 Fecha de inicio: 24 de diciembre de 2025 Fecha de finalización: 06 de enero de 2026
25	Autorización de préstamo de vehículo.	Sprint 24 Fecha de inicio: 07 de enero de 2026 Fecha de finalización: 20 de enero de 2026
26	Elaboración de acta de entrega para préstamo.	Sprint 25 Fecha de inicio: 21 de enero de 2026 Fecha de finalización: 03 de febrero de 2026
27	Elaboración de acta de entrega para préstamo.	Sprint 26 Fecha de inicio: 04 de febrero de 2026 Fecha de finalización: 17 de febrero de 2026
28	Generación de préstamo.	Sprint 27 Fecha de inicio: 18 de febrero de 2026 Fecha de finalización: 04 de marzo de 2026

7.1.4 Desarrollo de Sprints

En esta sección se detalla la ejecución de cada uno de los sprints definidos en la fase de planificación. Para cada iteración, las historias de usuario seleccionadas se descomponen en actividades técnicas específicas (como planificación, diseño, implementación y pruebas) y en sus correspondientes tareas a nivel de desarrollo.

Sprint 1

En este sprint, se ejecutará la historia de usuario 4, el principal usuario involucrado será el Administrador del módulo de transportes. Se desarrollarán las interfaces y lógicas necesarias para la gestión de los catálogos base de **marcas** y **modelos**, asegurando la unicidad de los registros y estableciendo la integridad referencial en la base de datos, lo cual es fundamental para estandarizar la clasificación de la flota vehicular y evitar errores en posteriores registros.

Tabla 17 Sprint 1

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas	
HU-004: Gestión de parámetros vehiculares (Marcas y modelos)	Planificación	Definición de las tareas.	1	
	Diseño	Análisis y diseño de la base de datos.	3	
	Preparación	Mapeo de las tablas generadas y revisión de las entidades.	2	
	Gestión de parámetros vehiculares	Gestión de parámetros vehiculares	Generación de las funcionalidades CRUD.	9
			Generación de las vistas para marcas y modelos.	7
			Validaciones del formulario de marcas y modelos.	4
		Ejecución de pruebas y control de errores.	3	

Sprint 2

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 2, el principal usuario involucrado será el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la primera fase de la administración de conductores, enfocándose en la integración del módulo con la base de datos de talento humano de la empresa para la búsqueda y selección de personal, construyendo la estructura principal del CRUD y las interfaces para registrar a los choferes.

Tabla 18 Sprint 2

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-002: Administración de conductores	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Análisis y diseño de la base de datos.	4
	Preparación	Mapeo de las tablas generadas y revisión de las entidades.	2
	Administración de conductores (Fase 1)	Integración con la base de datos de talento humano. para selección de personal.	8
		Generación de las funcionalidades CRUD (estructuras básicas).	8
		Generación de las vistas para búsqueda y registro de conductores.	5
		Ejecución de pruebas y control de errores preliminares.	3

Sprint 3

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 2, el principal usuario involucrado continuará siendo el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la lógica de negocio para la carga condicionada de documentos digitales (licencias y autorizaciones) dependiendo de la clasificación del conductor, así como la funcionalidad de actualización de documentos caducados y la inactivación del personal mediante borrado lógico, finalizando así el módulo de conductores de forma íntegra.

Tabla 19 Sprint 3

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-002: Administración de conductores	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la lógica para almacenamiento y gestión documental.	4
	Preparación	Mapeo de las tablas para gestión de documentos e inactivos.	2
	Administración de conductores (Fase 2)	Generación de las funcionalidades para carga de archivos digitales (Licencia y autorización).	10
		Generación de las vistas y habilitación de campos condicionados (De Planta o autorizado).	6
		Validaciones del formulario e implementación de inactivación lógica.	4
	Ejecución de pruebas y control de errores.	4	

Sprint 4

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 3, el principal usuario involucrado será el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la primera fase de la administración de vehículos, centrada en la integración con el sistema de base de datos de inventarios (Bodega). El objetivo es permitir la búsqueda mediante el código del activo fijo para autocompletar la información básica del vehículo (Marca, modelo, color, chasis, custodio original) y estructurar las interfaces iniciales, garantizando la consistencia de los datos.

Tabla 20 Sprint 4

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-003: Administración de vehículos (Fase 1)	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Análisis y diseño de la base de datos para la flota vehicular.	3
	Preparación	Mapeo de las tablas generadas y revisión de las entidades.	2
	Administración de vehículos	Integración y consulta a la base de datos de inventarios (Bodega).	8
		Generación de la vista principal y lógica de autocompletado de datos básicos.	9
	Ejecución de pruebas de consulta e integración de datos.	6	

Sprint 5

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 3, el principal usuario involucrado seguirá siendo el jefe de la Sección de Transportes. Esta segunda fase se enfocará en el desarrollo de la lógica de validación cruzada. El sistema verificará automáticamente si el "Custodio original" proveniente de bodega ya existe como conductor activo en el módulo desarrollado previamente (HU-002), bloqueando el registro en caso de no existir para forzar su creación. Además, se consolidarán las funcionalidades CRUD principales.

Tabla 21 Sprint 5

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-003: Administración de vehículos	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la lógica de validación cruzada de usuarios (Custodio vs conductores).	3
	Preparación	Mapeo de validaciones y dependencias referenciales.	2
	Administración de vehículos (Fase 2)	Programación de la verificación del Custodio original.	8
		Generación de las funcionalidades CRUD completas para vehículos.	8
		Validaciones del formulario para impedir el guardado por custodio inexistente.	6

Sprint 6

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 3, completando el módulo para el jefe de la Sección de Transportes. Se implementará el gestor documental para obligar la carga digital del archivo de la matrícula vigente. Finalmente, se desarrollará la funcionalidad de inactivación (borrado lógico), cambiando el estado del vehículo a "inactivo" en caso de mantenimiento o siniestro, excluyéndolo de futuras planificaciones y cerrando el módulo con pruebas integrales

Tabla 22 Sprint 6

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-003: Administración de vehículos	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la interfaz para carga de matrícula y estados del vehículo.	3
	Preparación	Mapeo de la tabla de documentos y estados inactivos.	2
	Administración de vehículos (Fase 3)	Generación de las funcionalidades para adjuntar archivo PDF (Matrícula obligatoria).	8
		Programación de la inactivación (borrado lógico) y exclusión de planificaciones.	8
	Ejecución de pruebas integrales y control de errores del módulo.	6	

Sprint 7

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 5, el principal usuario involucrado será el Jefe de agencia (Usuario solicitante). Se desarrollará la primera fase del módulo de solicitudes de movilización, construyendo el formulario base para ingresar el motivo, destino y fechas, además de implementar la lógica backend para la generación del número secuencial único del trámite en la base de datos.

Tabla 23 Sprint 7

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-005: Solicitud de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Análisis y diseño de la base de datos para solicitudes.	3
	Preparación	Mapeo de las tablas generadas y revisión de entidades.	2
	Solicitud de órdenes (Fase 1)	Generación del formulario básico (Motivo, destino, fechas).	9
		Programación Backend para la creación de secuenciales únicos.	8
	Ejecución de pruebas iniciales de persistencia de datos.	4	

Sprint 8

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 5, manteniendo como usuario principal al jefe de agencia. Esta segunda fase se centrará en la integración de un buscador tipo PickList para seleccionar a los pasajeros desde la nómina de empleados, y en el desarrollo de la validación temporal, asegurando que el sistema impida el registro de fechas incoherentes (por ejemplo, fecha de retorno anterior a la de salida o fechas en el pasado).

Tabla 24 Sprint 8

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-005: Solicitud de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño del componente PickList para selección de pasajeros.	3
	Preparación	Mapeo de reglas de negocio para validaciones temporales.	2
	Solicitud de órdenes (Fase 2)	Integración de nómina y desarrollo del buscador de acompañantes.	9
		Implementación de lógica de validación temporal (fechas incoherentes).	8
	Ejecución de pruebas de validación de formulario.	4	

Sprint 9

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 5. Se programará la validación final del sistema para evitar el solapamiento de solicitudes en proceso considerando fechas, vehículo y conductor. Además, se configurará el estado inicial del trámite como "Pendiente de aprobación", cerrando el ciclo con la generación del reporte y las pruebas integrales de este módulo.

Tabla 25 Sprint 9

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-005: Solicitud de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la lógica de solapamiento y transiciones de estado.	3
	Preparación	Revisión de entidades y diagramas de estado.	2
	Solicitud de órdenes (Fase 3)	Lógica para impedir solapamiento con otras solicitudes en proceso	8
		Configuración del estado inicial y generación de reportes básicos.	8
		Ejecución de pruebas integrales y control de errores del módulo.	4

Sprint 10

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 6, el principal usuario involucrado será el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la primera fase del flujo de autorización de movilizaciones, enfocándose en la construcción de la bandeja de entrada. El objetivo es listar todas las solicitudes que se encuentren en estado "pendiente" y crear la interfaz de revisión que permita visualizar el detalle de cada petición (quién solicita, motivo y destino).

Tabla 26 Sprint 10

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-006: Autorización de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Análisis y diseño de la bandeja de entrada para autorizaciones.	3
	Preparación	Mapeo de consultas para filtrar registros por estado "pendiente".	2
	Autorización de órdenes (Fase 1)	Desarrollo de la vista y lógica del listado de solicitudes pendientes.	12
		Generación de la visualización del detalle de la solicitud.	10
	Ejecución de pruebas de consulta y filtros.	5	

Sprint 11

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 6, el principal usuario involucrado será el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la segunda fase de la autorización de movilizaciones, implementando la acción de "negado", la cual exige de manera obligatoria el ingreso de una observación o motivo de rechazo. Esto actualizará el estado de la solicitud a "negada" y asegurará el control para rechazar pedidos injustificados o sin disponibilidad.

Tabla 27 Sprint 11

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-006: Autorización de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la lógica de rechazo y diagramas de estado.	3
	Preparación	Mapeo de campos de observación y reglas de negocio.	2
	Autorización de órdenes (Fase 2)	Desarrollo de la acción de negado con campo obligatorio de observación.	12
		Lógica para la actualización y cambio de estado a "negada".	10
	Ejecución de pruebas de validación de rechazo y restricciones.	4	

Sprint 12

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 6, el principal usuario involucrado será el jefe de la Sección de Transportes. Se desarrollará la integración de la firma electrónica solicitando la clave del certificado (.p12), lo que permitirá estampar la firma digital en el documento PDF generado. Al completar esto, el sistema cambiará el estado del trámite a "aprobada" y notificará automáticamente al solicitante por correo electrónico, finalizando así el flujo de autorizaciones individuales.

Tabla 28 Sprint 12

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-006: Autorización de órdenes de movilización	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño para la integración de firma electrónica y generación de PDF.	3
	Preparación	Configuración de librerías de firma digital y notificaciones.	2
	Autorización de órdenes (Fase 2)	Implementación de firma electrónica y validación de certificado (.p12).	8
		Estampado en PDF, cambio de estado a "aprobada" y envío de correo.	7
	Ejecución de pruebas de firmado electrónico y notificaciones.	3	

Sprint 13

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 7, el principal usuario involucrado será el analista / jefe de Transportes. Se desarrollará la primera fase de la generación masiva de órdenes basadas en la planificación semanal. Se implementará la carga y previsualización en memoria, permitiendo listar todos los vehículos operativos con el dato del conductor actual y estableciendo por defecto el horario de 07:30 a 17:00. Durante esta fase, las visualizaciones no crearán registros en la base de datos todavía.

Tabla 29 Sprint 13

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-007: Generación de órdenes basadas en planificación semanal	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la interfaz de previsualización masiva en memoria.	4
	Preparación	Mapeo de consultas para listar vehículos activos y conductores.	3
	Planificación semanal (Fase 1)	Generación de la vista principal con carga de horarios por defecto.	10
		Lógica de previsualización en memoria sin persistencia en BD.	8
	Ejecución de pruebas de carga de datos en listas dinámicas.	4	

Sprint 14

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 7, el principal usuario involucrado seguirá siendo el analista / jefe de Transportes. Se desarrollará la segunda fase de la planificación masiva, enfocada en la edición y gestión de la lista previsualizada. El objetivo es permitir que el usuario pueda editar los detalles de una fila específica (conductor, destino), así como excluir vehículos de la lista de generación y reincorporarlos previamente a su guardado.

Tabla 30 Sprint 14

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-007: Generación de órdenes basadas en planificación semanal	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de interacciones para edición y exclusión en tabla dinámica.	4
	Preparación	Mapeo de estados temporales en memoria (Listas en PrimeFaces).	2
	Planificación	Desarrollo de edición en línea de semanal (Fase	10
	2)	Funcionalidad para excluir y reincorporar vehículos en la vista.	9
		Ejecución de pruebas de gestión de listas y edición dinámica.	4

Sprint 15

En este sprint, se avanzará con la ejecución de la historia de usuario 7, manteniendo al analista / jefe de transportes como usuario principal. Esta tercera fase se centrará en la lógica de negocio más compleja: la detección de conflictos. El sistema validará en tiempo real si el vehículo o conductor presenta solapamientos con otras solicitudes existentes, mostrando una alerta visual en la fila conflictiva. Finalmente, se programará la persistencia, generando los registros en la base de datos al confirmar la planificación.

Tabla 31 Sprint 15

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-007: Generación de órdenes basadas en planificación semanal	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de lógica para validación de cruces de horarios y alertas visuales.	4
	Preparación	Mapeo de consultas transaccionales para detección de conflictos.	2
	Planificación	Desarrollo de validación en tiempo real (conflictos de vehículo/conductor).	10
	3)	Programación de persistencia masiva (Guardado en base de datos).	9
	Ejecución de pruebas de solapamiento de horarios y guardado.	4	

Sprint 16

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 7, finalizando este módulo para el analista / jefe de transportes. Se desarrollarán las acciones masivas post-guardado, implementando la funcionalidad de "firmar bloque" para legalizar todas las órdenes generadas pendientes mediante firma electrónica, y la opción de "anular en bloque" para cancelar masivamente la planificación. El ciclo cerrará con la generación de la pantalla de reporte con la planificación semanal consolidada.

Tabla 32 Sprint 16

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-007: Generación de órdenes basadas en planificación semanal	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de interfaz para acciones masivas y reporte semanal.	4
	Preparación	Configuración para iteración de firmas electrónicas en bloque.	2
	Planificación	Desarrollo de "firmar en bloque" (Firma electrónica masiva de órdenes).	10
	4)	Desarrollo de "Anular bloque" y generación de pantalla de reporte.	9
		Ejecución de pruebas de acciones masivas y visualización de reporte.	4

Sprint 17

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 8, el principal usuario involucrado será el administrador de transportes. Se desarrollará la primera fase del registro de órdenes especiales (salvoconductos), preparando la estructura en base de datos y la interfaz inicial para justificar legalmente la circulación de vehículos institucionales en días no laborables (feriados o fines de semana) o fuera de la provincia.

Tabla 33 Sprint 17

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-008: Registro de salvoconductos	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Análisis y diseño de tablas para registros especiales (salvoconductos).	4
	Preparación	Mapeo de entidades para el control de días no laborables.	2
	Salvoconductos (Fase 1)	Generación de la vista principal para ingresos de salvoconductos.	10
		Programación de validaciones de fechas (feriados y fines de semana).	10
		Ejecución de pruebas de validación temporal y formulario base.	5

Sprint 18

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 8, el principal usuario involucrado seguirá siendo el administrador de transportes. Esta segunda fase se enfocará netamente en la habilitación de carga de archivos. Se programará el backend y el frontend para adjuntar obligatoriamente la autorización de la contraloría, incluyendo las validaciones de seguridad para el formato del archivo (PDF) y su peso máximo permitido.

Tabla 34 Sprint 18

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-008: Registro de salvoconductos	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la interfaz de subida de archivos de respaldo.	4
	Preparación	Configuración de parámetros para validación de archivos (peso/formato).	2
	Salvoconductos (Fase 2)	Implementación de carga documental obligatoria (PDF contraloría).	10
		Desarrollo de validación de extensión (PDF/Imagen) y peso máximo.	10
	Ejecución de pruebas de carga, seguridad de archivos y control de errores.	5	

Sprint 19

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 8. Se desarrollará la vinculación definitiva en base de datos, donde el archivo de contraloría quedará asociado permanentemente a la orden de movilización correspondiente. Además, se construirá la funcionalidad que permitirá visualizar el documento de salvoconducto adjunto directamente desde el listado de órdenes, finalizando el módulo con pruebas integrales.

Tabla 35 Sprint 19

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-008: Registro de salvoconductos	Planificación	Definición de las tareas.	1
	Diseño	Diseño de la visualización en línea del documento adjunto.	4
	Preparación	Mapeo de rutas de almacenamiento y recuperación de archivos.	2
	Salvoconductos (Fase 3)	Lógica de vinculación permanente del archivo a la orden de movilización.	10
		Desarrollo de vista para visualizar el PDF adjunto desde el listado.	10
		Ejecución de pruebas integrales de registro y visualización.	4

Sprint 20

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 9 retomando el desarrollo tras el periodo de pausa planificada, el principal usuario involucrado será el director de departamento. Se desarrollará la primera fase del módulo de solicitudes de préstamo de vehículos institucionales, permitiendo el ingreso del requerimiento base con la descripción detallada de la actividad operativa, destino y las fechas estimadas, implementando las validaciones iniciales de coherencia temporal.

Tabla 36 Sprint 20

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-009: Solicitud de préstamo de vehículo	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Análisis y diseño de base de datos para préstamos de vehículos.	6
	Preparación	Mapeo de las tablas generadas y revisión de las entidades.	4
	Solicitud de préstamo (Fase 1)	Generación del formulario de ingreso (Actividad, destino, fechas).	15
		Lógica para obligatoriedad de detalle y validación de fechas futuras.	15
	Ejecución de pruebas de persistencia inicial y validación temporal.	8	

Sprint 21

En este sprint, se continuará con la ejecución de la historia de usuario 9, el principal usuario involucrado seguirá siendo el director de departamento. Se desarrollará la segunda fase enfocada en la lógica transaccional y el flujo de estados. Se garantizará que, al guardar, la solicitud quede configurada automáticamente en estado "pendiente de asignación" y sea visible de manera inmediata en la bandeja de entrada del jefe de transportes para su posterior gestión.

Tabla 37 Sprint 21

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-009: Solicitud de préstamo de vehículo	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Diseño del flujo de estados y permisos de visualización.	6
	Preparación	Mapeo de la bandeja de entrada para el jefe de transportes.	4
	Solicitud de préstamo (Fase 2)	Programación de la transición de estado al guardar la solicitud.	15
		Desarrollo de visibilidad de la solicitud entre perfiles de usuario.	15
		Ejecución de pruebas de persistencia y visibilidad interdepartamental.	8

Sprint 22

En este sprint, se culminará la ejecución de la *historia de usuario* 9. Se finalizará el módulo implementando controles de seguridad y optimizando la interfaz mediante peticiones asíncronas para respuestas en tiempo real. Esto garantizará la solidez del sistema ante casos borde y cruces de solicitudes antes de que el trámite pase a la etapa de autorización.

Tabla 38 Sprint 22

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-009: Solicitud de préstamo de vehículo	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Diseño de la arquitectura de seguridad y optimización de interfaz.	6
	Preparación	Mapeo de componentes para interacción asíncrona.	4
	Solicitud de préstamo (Fase 3)	Implementación de peticiones AJAX y seguridad de roles en backend.	15
		Manejo avanzado de excepciones y casos borde en validaciones.	15
		Pruebas integrales de rendimiento, usabilidad y certificación.	8

Sprint 23

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 10, el principal usuario involucrado será el jefe de la sección de transportes. Se desarrollará la primera fase del proceso de autorización, creando la interfaz para revisar las solicitudes de préstamo pendientes y construyendo la lógica para filtrar y mostrar exclusivamente los vehículos y conductores sin cruces de horarios.

Tabla 39 Sprint 23

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-010: Autorización de préstamo de vehículo.	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Análisis y diseño de la interfaz de asignación de recursos.	6
	Preparación	Mapeo de consultas para disponibilidad de vehículos y choferes.	4
	Autorización de préstamo (Fase 1)	Desarrollo de la vista de revisión de solicitudes pendientes.	15
		Lógica de negocio para filtrar recursos sin conflicto de horarios.	15
		Ejecución de pruebas de consulta, filtros y selección de recursos.	8

Sprint 24

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 10. Se desarrollará la lógica central que determina operativamente si el préstamo requiere o no un acta de entrega. El sistema comparará algorítmicamente el conductor asignado frente al custodio original del vehículo y actualizará los registros y el estado del trámite en consecuencia.

Tabla 40 Sprint 24

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-010: Autorización de préstamo de vehículo.	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Diseño de los algoritmos de validación de custodios.	6
	Preparación	Mapeo de transiciones a estado "pendiente de elaboración de acta".	4
	Autorización de préstamo (Fase 2)	Lógica de detección de necesidad de Acta de Entrega.	15
		Generación de registros documentales y actualización de estados.	15
		Ejecución de pruebas integrales del flujo de autorización.	8

Sprint 25

En este sprint, se iniciará la ejecución de la historia de usuario 11, los principales usuarios involucrados serán el conductor actual (generador) y el conductor asignado. Se desarrollará la primera fase de la generación dinámica del documento de entrega-recepción en formato PDF, estructurando el checklist operativo con el estado físico, kilometraje y nivel de combustible.

Tabla 41 Sprint 25

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-011: Elaboración de acta de entrega para préstamo.	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Diseño de la plantilla del reporte PDF del acta de entrega.	8
	Preparación	Configuración de librerías para exportación de documentos.	5
	Elaboración de acta (Fase 1)	Generación dinámica del borrador del documento en formato PDF.	15
		Estructuración del checklist operativo y variables de estado.	15
		Ejecución de pruebas de generación y maquetación de reportes.	10

Sprint 26

En este sprint, se culminará la ejecución de la historia de usuario 11. Se desarrollará el flujo completo de recolección de firmas electrónicas, abarcando la firma del generador, la alerta automática en el sistema y la firma de aceptación de custodia por parte del conductor asignado, controlando el trámite en estado "en proceso de firmas".

Tabla 42 Sprint 26

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-011: Elaboración de acta de entrega para préstamo.	Planificación	Definición de las tareas.	2
	Diseño	Diseño del flujo de notificaciones y recolección de firmas.	8
	Preparación	Configuración de servicios de validación de firma y alertas.	5
	Elaboración de acta (Fase 2)	Integración de firma electrónica certificada para el Generador.	15
		Sistema de alerta y firma de aceptación del conductor asignado.	15
	Pruebas del flujo de firmas y bloqueos de estado temporales.	10	

Sprint 27

En este sprint final, se ejecutará íntegramente la historia de usuario 12, el principal usuario involucrado será el jefe de la sección de transportes. Se desarrollará la legalización definitiva del trámite: el sistema validará las firmas previas, habilitará la estampa electrónica de la autoridad, actualizará la disponibilidad del vehículo y distribuirá los PDFs finales, marcando la conclusión del proyecto de desarrollo.

Tabla 43 Sprint 27

Historias de usuario	Actividad	Tarea	Horas
HU-012: Generación de préstamo	Planificación	Definición de tareas de cierre y despliegue final.	3
	Diseño	Diseño del flujo de legalización final y envío de adjuntos.	8
	Preparación	Preparación del entorno de QA para pruebas.	6
	Generación de préstamo	Validación de firmas del acta y estampa digital de la autoridad.	25
		Distribución de PDFs, cambio a " <u>ocupado</u> " y cierre definitivo.	25
	Ejecución de pruebas integrales finales y pase a producción.	18	

7.1.5 Implementación

Una vez finalizada la ejecución de los doce sprints y consolidada la codificación de los módulos de Administración, Movilización y Préstamos, se procedió a la fase de despliegue y puesta en marcha del sistema. En esta etapa, se validó de manera integral que cada componente del software responda con exactitud a los requerimientos funcionales y criterios de aceptación definidos en el Product Backlog. La implementación exitosa del proyecto garantiza un entorno robusto y seguro para la gestión vehicular dentro del sistema SIGEERN de EMELNORTE.

A continuación, se detallan los elementos fundamentales que estructuran la operatividad del sistema:

Base de datos

La persistencia de la información se implementa sobre la infraestructura tecnológica actual de la empresa utilizando el motor de base de datos Oracle. El esquema de base de datos fue diseñado siguiendo los principios de normalización e integridad referencial, asegurando que las relaciones entre conductores, vehículos, solicitudes y actas de entrega se mantengan consistentes a lo largo del tiempo. Se incluyen procedimientos almacenados y validaciones a nivel de base de datos para prevenir la duplicidad de registros y asegurar la trazabilidad histórica de los activos institucionales.

Perfiles del Módulo Web

Para garantizar la seguridad y el correcto flujo de los procesos internos de EMELNORTE, el acceso al módulo web de **gestión de transportes** está restringido mediante las credenciales existentes en la red interna y se basa en una gestión de perfiles de usuario claramente definidos:

- **Perfil jefe de agencia (Usuario solicitante de movilización):**

Posee la atribución de generar solicitudes de movilización específicas para el cumplimiento de funciones laborales dentro de su jurisdicción.

Figura 12 Menú - Usuario solicitante - Jefe de agencia

Actúa como el contacto principal para recibir alertas sobre el estado "pendiente de aprobación" o "aprobada" de sus órdenes.

Subsistema	Estado de envío	Mantenedor a fault	Subsistema	Encargado	Tipo de movilización	Fecha solicitud	Vehículo	Destino	Estado	Fecha inicio	Fecha fin	Responsable de mantenimiento
...	LABORAL	...	LABORAL	16/03/2020 09:19	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD SUBMITIDA	16/03/2020 09:19	20/03/2020 09:19	...
...	PRUEBA CURSOS	...	PRUEBA CURSOS	07/03/2020 11:02	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD SUBMITIDA	07/03/2020 11:02	07/03/2020 11:02	...
...	LABORAL	...	LABORAL	10/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	10/03/2020 09:34	10/03/2020 09:34	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:19	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:19	11/03/2020 09:19	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	PRUEBA CURSOS	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:34	11/03/2020 09:34	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:34	11/03/2020 09:34	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:34	11/03/2020 09:34	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:34	11/03/2020 09:34	...
...	LABORAL	...	LABORAL	11/03/2020 09:34	No. 01 - Placa 91077	...	SOLICITUD AUTORIZADA	11/03/2020 09:34	11/03/2020 09:34	...

Figura 13 Seguimiento de solicitudes generadas por solicitante

El módulo permite al usuario solicitante realizar un seguimiento exhaustivo y en tiempo real de las movilizaciones aprobadas a través de sus distintas etapas operativas.

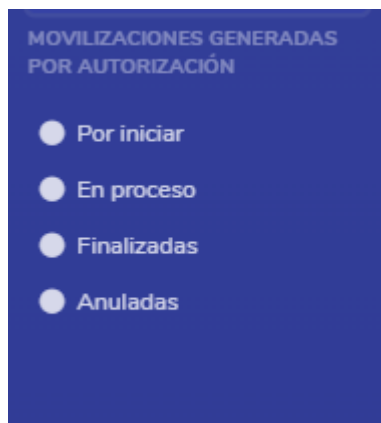


Figura 14 Menú - Usuario solicitante - Seguimiento movilizaciones autorizadas

- **Perfil director (Usuario solicitante de servicio):**

Tiene la facultad de ingresar requerimientos de transporte para actividades operativas de campo y gestiones administrativas.

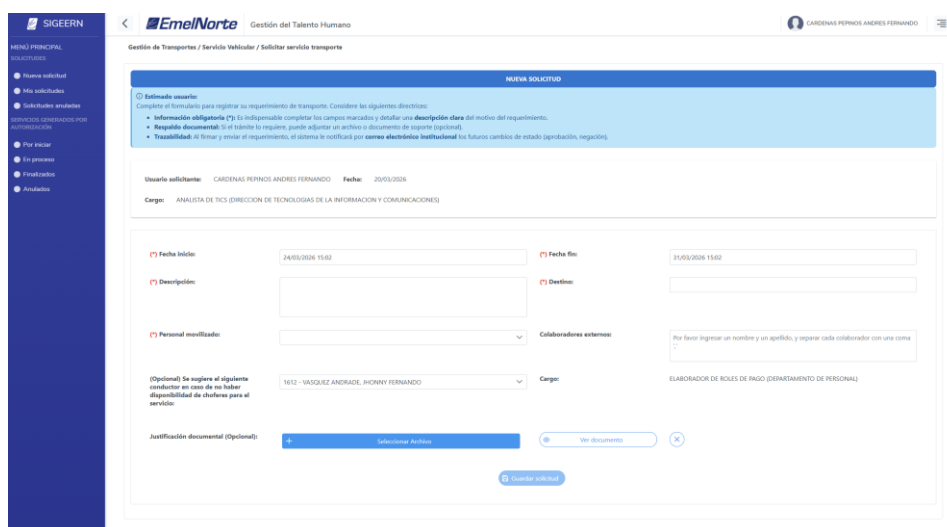


Figura 15 Menú - Usuario solicitante - Director

Es el responsable de detallar la descripción de la actividad y los destinos institucionales requeridos para el personal de su área.

Recibe notificaciones automáticas y los documentos finales (PDF) una vez que el préstamo o movilización ha sido legalizado por la autoridad.

- **Perfil jefe (Administrador, autorizador y generador):** Correspondiente principalmente al jefe de la sección de transportes y analistas, este perfil cuenta con atribuciones de gestión integral. Sus funciones incluyen administración, revisión de solicitudes, la asignación de vehículos disponibles, la generación masiva de órdenes basadas en la planificación semanal y la legalización de documentos mediante firma electrónica certificada (.p12).

✚ **Administración de conductores:** El usuario con este perfil puede gestionar el registro y control del personal autorizado para la conducción de la flota. A través de interfaces de consulta, el sistema permite visualizar el historial de cambios, puntos de licencia y estados de caducidad de los documentos habilitantes, utilizando alertas visuales (filas resaltadas) para identificar licencias próximas a vencer o ya caducadas, garantizando así el cumplimiento de la normativa de tránsito vigente.

Nombre	Número de licencia	Fecha de emisión	Expiración	Cargo	Tipo de licencia	Estatus de autorización	Punto de licencia	Fecha de caducidad	Estado de licencia	Acción
ROQUEL RODRIGUEZ TORRES	1023			COORDINADOR DE SERVICIOS	AUTORIZADO			2024-09-07	Activa	[Iconos]
CONRADO GONZALEZ MARTIN	1023			DIRECTOR DE TECNICOS DE LA MANUTENCION Y OPERACIONES	AUTORIZADO			2024-11-07	Activa	[Iconos]
EMERSON LUCAS CARLOS ALBERTO	1023			MANEJO ADMINISTRATIVO DE TRAFICO	CHOFER			2024-06-18	Activa	[Iconos]
ISA EMANUELE RODRIGUEZ	988			INGENIERO DE SISTEMAS	AUTORIZADO			2024-02-28	Activa	[Iconos]
CARDENAS ROMANOS ANDRES	1023			ANALISTA DE TICS	AUTORIZADO			2027-02-28	Activa	[Iconos]
CARDENAS ROMANOS ANDRES	1023			ASISTENTE DE TICS	AUTORIZADO			2027-02-28	Activa	[Iconos]
MENDEZ MORENO CONALECLEN	1023			CHOFER	CHOFER			2024-02-27	Activa	[Iconos]
OPRANTE TORRES EDUAR	1027			CHOFER JABONCO	CHOFER			2024-06-17	Activa	[Iconos]
ARRANZABENGOZALEZ JUAN	927			CHOFER JABONCO	CHOFER			2027-11-14	Activa	[Iconos]
DELA CARRERA GONZALEZ	1122			INSPECTOR DEL COMANDO	AUTORIZADO			2024-06-06	Activa	[Iconos]

Figura 16 Menú - jefe transportes - Administración de conductores

✚ **Administración de vehículos:** Posee la facultad de administrar el inventario vehicular mediante la validación de activos fijos provenientes del sistema de bodega. El sistema facilita la supervisión del estado de los vehículos (bueno, malo, regular), el control de kilometraje y el seguimiento de las revisiones técnicas, permitiendo la inactivación lógica de unidades que no se encuentren aptas para el servicio por mantenimiento o siniestros.

Figura 17 Menú - jefe transportes - Administración de vehículos

Control de parámetros y catálogos vehiculares: Como administrador, es el responsable de mantener la integridad referencial del sistema mediante la gestión de las marcas y modelos de la flota. Esta funcionalidad permite estandarizar la clasificación de los vehículos, definiendo atributos técnicos como cilindraje, tracción, tipo de transmisión y combustible, lo cual evita errores de digitación y duplicidad de nombres en el registro de activos.

Figura 18 Menú - jefe transportes - Administración de marcas

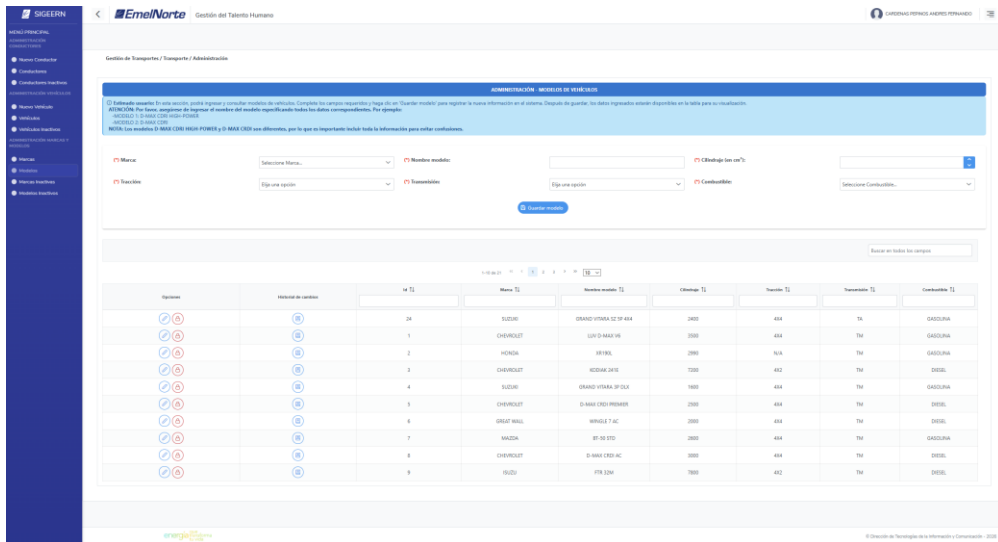


Figura 19 Menú - jefe transportes - Administración de modelos

Generador de movilidad: Este perfil posee una capacidad operativa proactiva para la gestión inmediata de la flota sin depender estrictamente de un flujo de solicitud previo:

Generación directa: Tiene la facultad de crear movilizaciones y préstamos de manera directa en el sistema para atender necesidades urgentes o planificadas, sin requerir una solicitud externa.

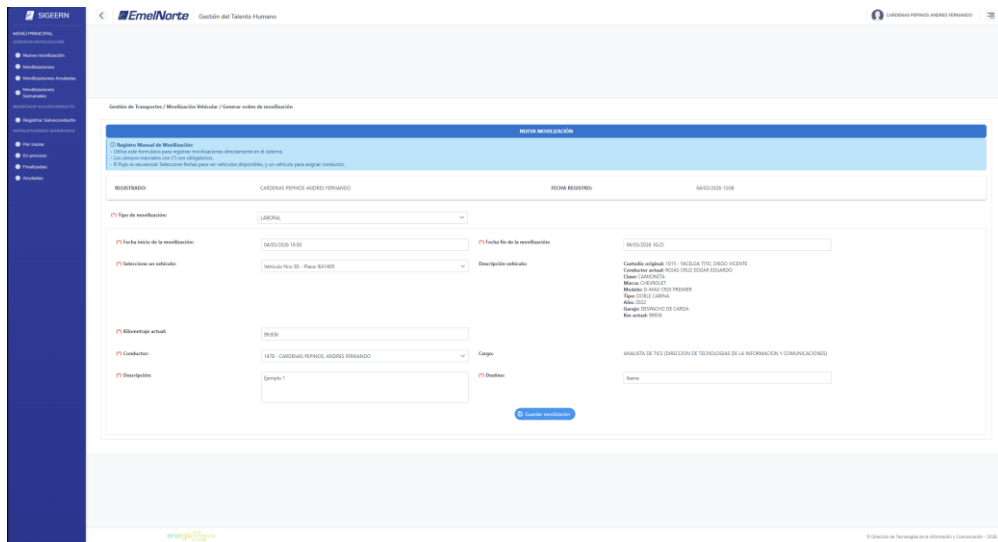


Figura 20 Menú - Generador de movilización

Planificación semanal masiva: Permite cargar en memoria los datos por defecto de todos los vehículos operativos (horario de 07:30 a 17:00),

identificando visualmente conflictos de disponibilidad en tiempo real antes de persistir los datos.

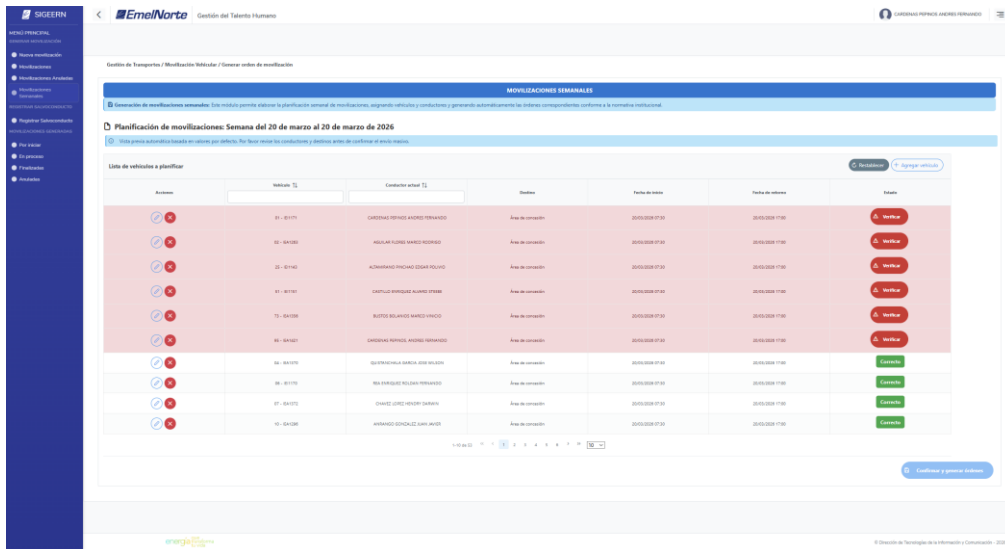


Figura 21 Generador de movilizaciónes semanales

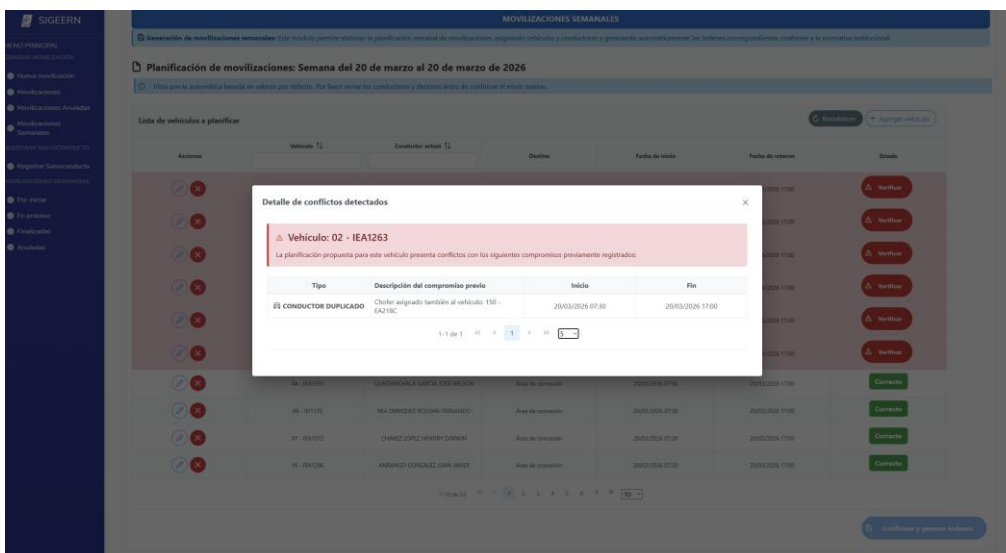


Figura 22 Visualización de conflictos

Legalización y Envío Masivo: Implementa la funcionalidad de "Firmar todo", la cual aplica la firma electrónica certificada (.p12) a un bloque de órdenes y realiza la notificación automática a todos los involucrados en un solo paso.

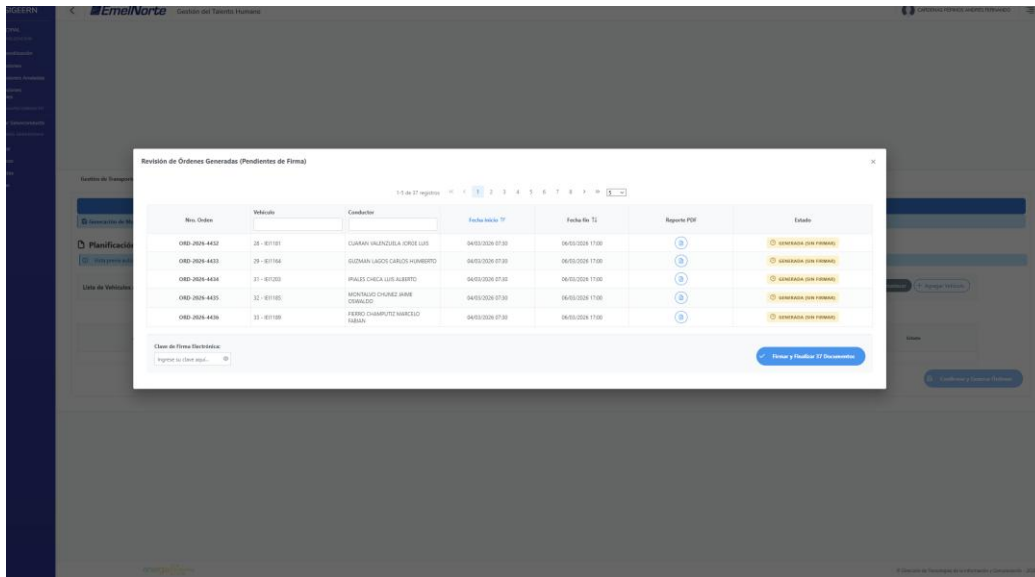


Figura 23 Legalización y Envío Masivo de movilizaciones semanales

Salvoconductos: Es el responsable de registrar y vincular los salvoconductos emitidos por contraloría para justificar la circulación en feriados o fines de semana, asegurando el respaldo documental del trámite.

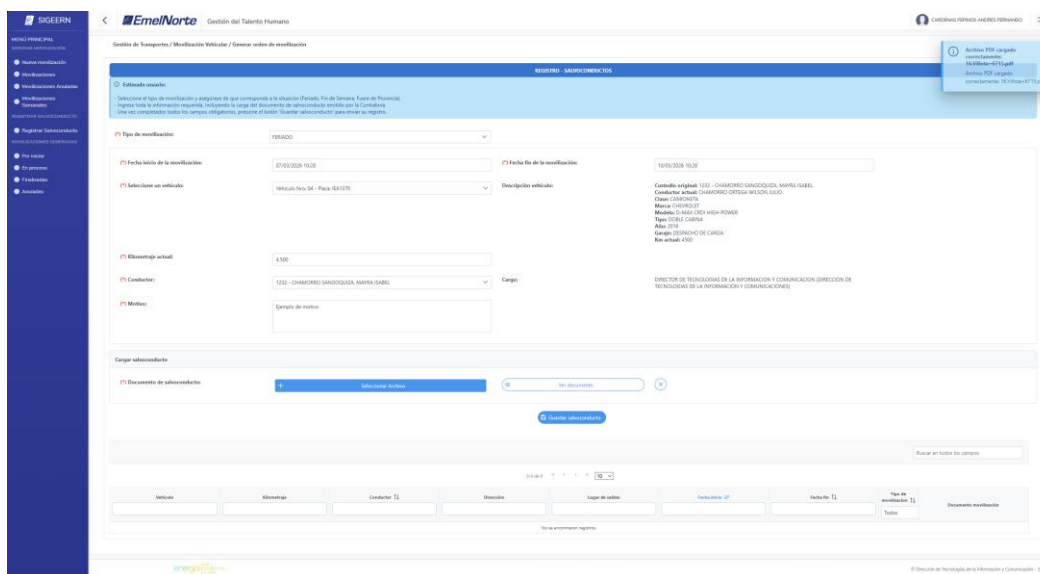


Figura 24 Registro de salvoconductos

Consulta integral: Dispone de una bandeja de visualización completa para monitorear y filtrar todas las movilizaciones existentes en el sistema, independientemente de su estado o solicitante.

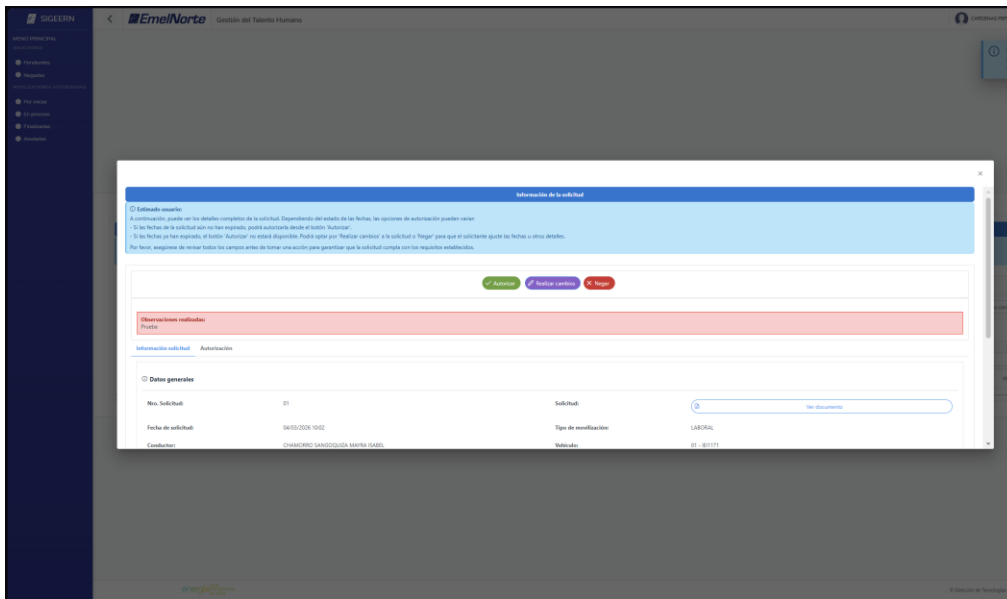


Figura 27 Legalización de movilización

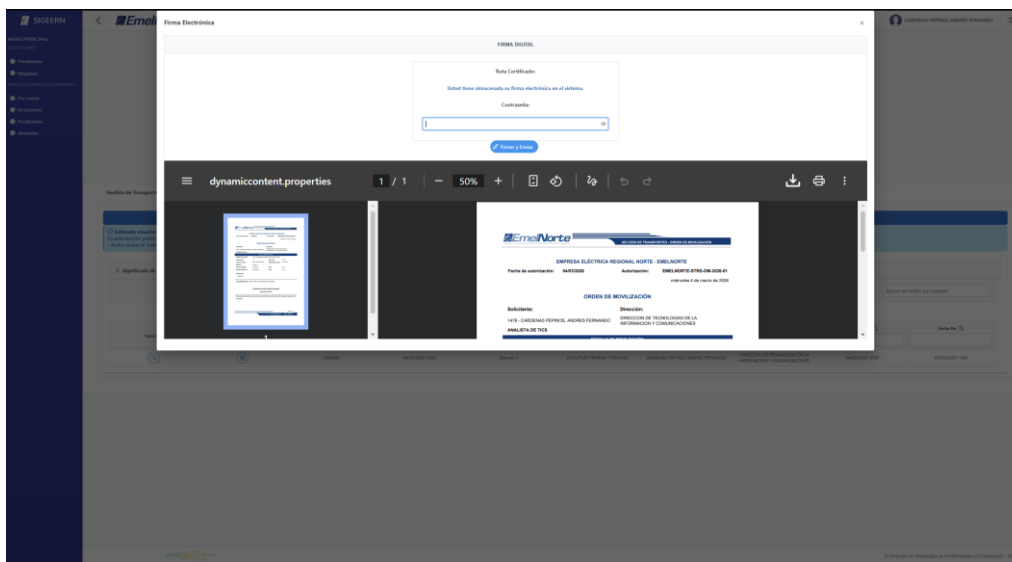


Figura 28 Firma autorizador

Generador de servicios: Se encarga de la optimización de los recursos vehiculares:

Gestión de préstamos: Inicia el proceso de asignación para los préstamos directos, definiendo qué unidad y qué conductor se harán cargo de un servicio sin ser solicitado.

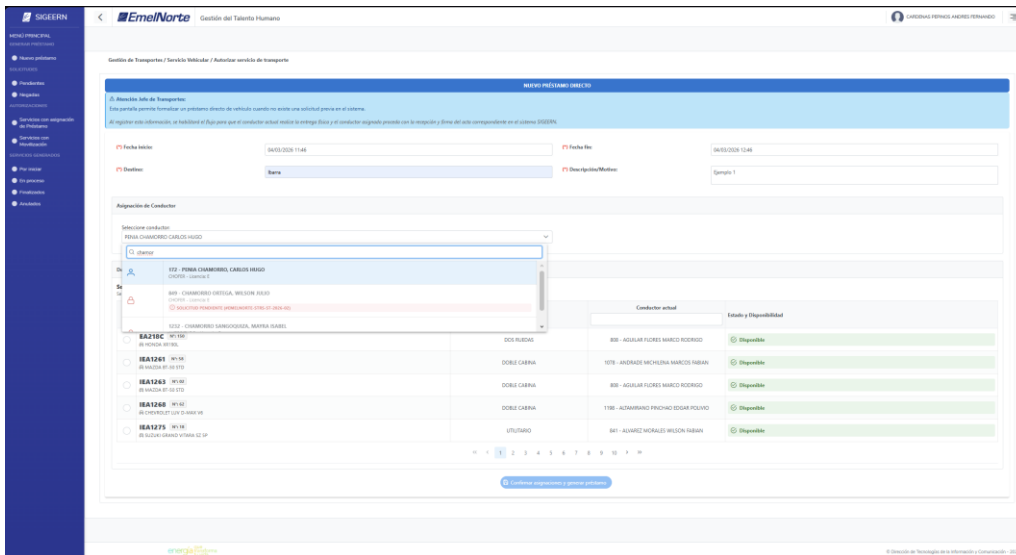


Figura 29 Asignación de préstamo de vehículo

Autorizador de servicios: Cierre administrativo para los procesos de asignación y préstamos vehiculares:

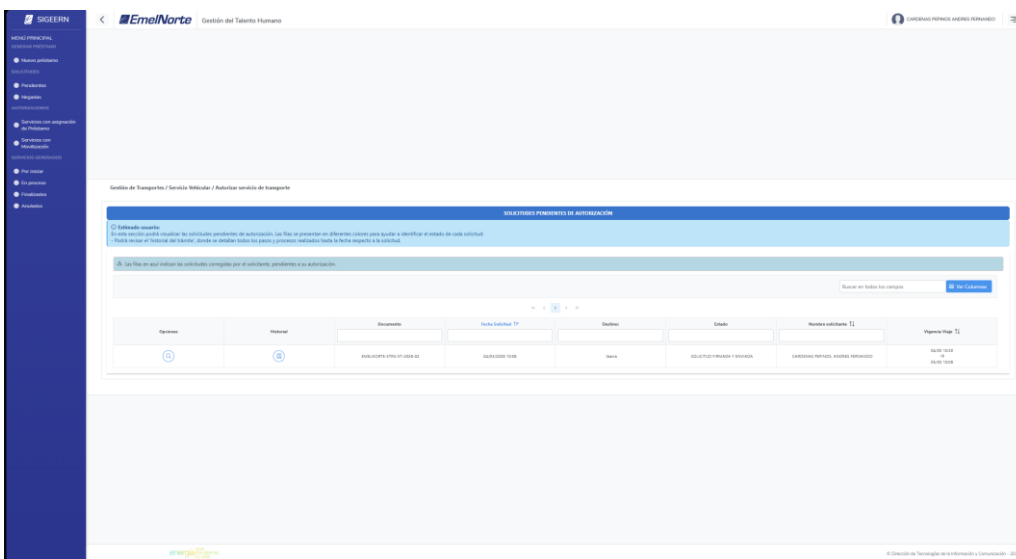


Figura 30 Solicitudes de servicio pendientes de autorización

Asignación de recursos: Valida y confirma la asignación de vehículo y conductor realizada para las solicitudes de los directores, garantizando que el personal asignado cuente con licencia vigente.

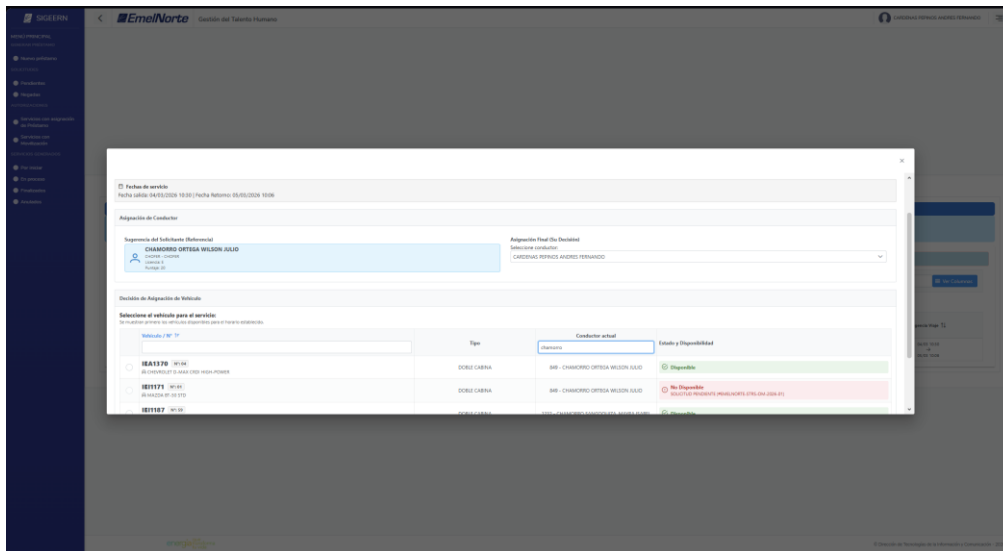


Figura 31 Asignación de conductor y vehículo para préstamo

Legalización de préstamos y actas: Supervisa el flujo de entrega-recepción; en los casos donde el conductor es distinto al custodio, se encarga de firmar y legalizar tanto el acta de entrega como la orden de movilización asociada para oficializar el préstamo.

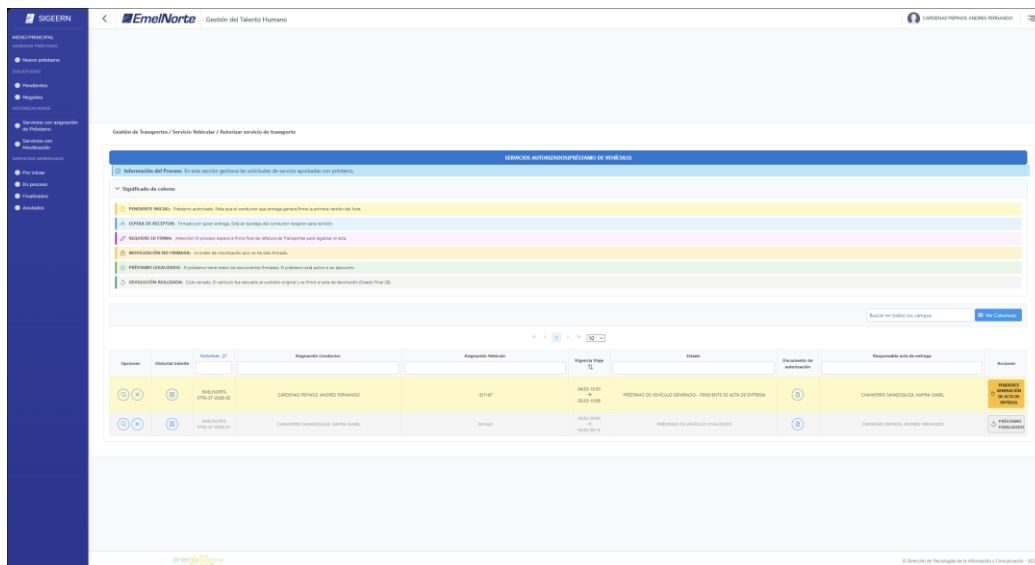


Figura 32 Préstamos en proceso

- **Perfil conductor (Operativo):** Involucrado específicamente en los procesos de préstamo, este perfil participa en la elaboración y firma de las actas de entrega-recepción.

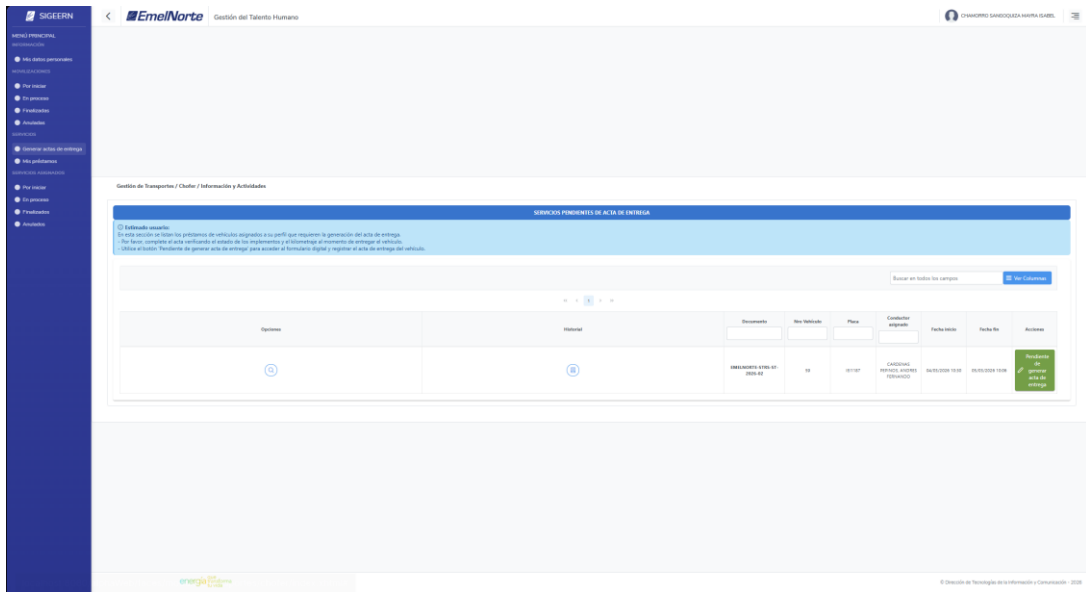


Figura 33 Generar acta de entrega

Documenta el estado físico del vehículo mediante checklist digitales antes de asumir la custodia del bien.

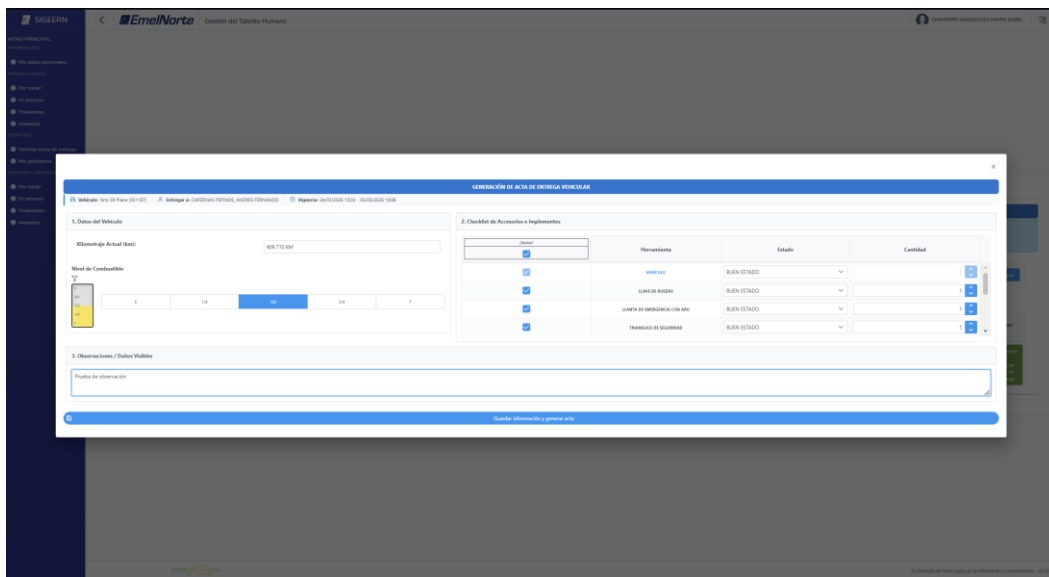


Figura 34 Detalles de préstamo

Una vez finalizado el tiempo de préstamo el conductor receptor genera un acta de devolución que debe ser firmada por ambas partes (Conductor asignado, conductor que entregó).

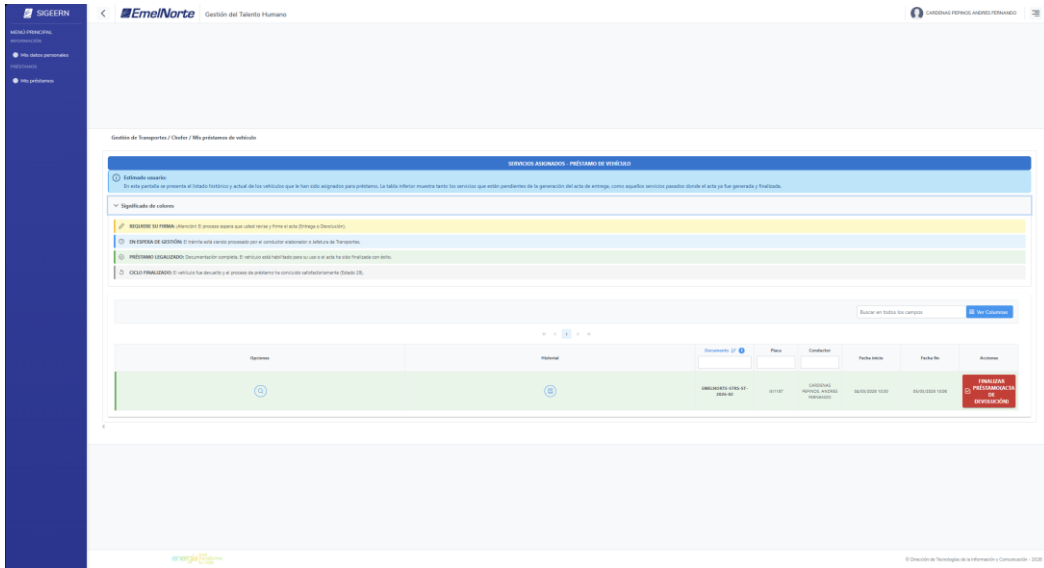


Figura 35 Devolución de vehículo

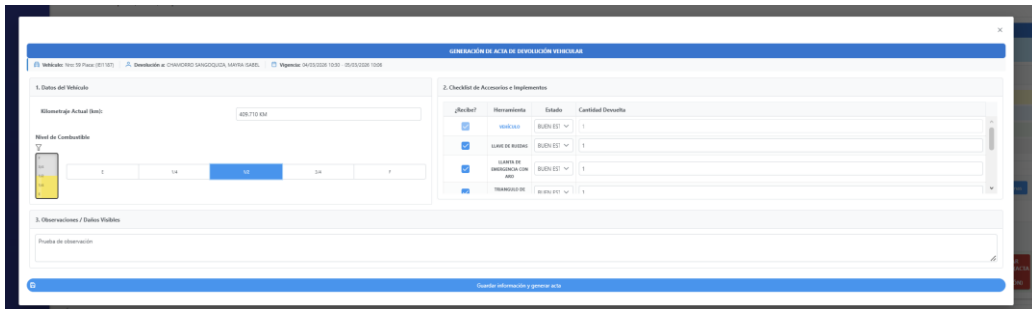


Figura 36 Detalle de devolución

Notificaciones por correo electrónico

- Correo electrónico de confirmación dirigido al conductor asignado. La notificación certifica que el acta de entrega del vehículo cuenta con las firmas reglamentarias e incluye los detalles específicos de la movilización y el préstamo autorizado a través del sistema SIGEERN.



Figura 37 Notificación de proceso de préstamo legalizado

- Correo electrónico enviado por el sistema que notifica al usuario solicitante la generación y firma exitosa de su orden de movilización. El mensaje incluye detalles clave como el número de orden, fechas, destino, vehículo y conductor asignado.

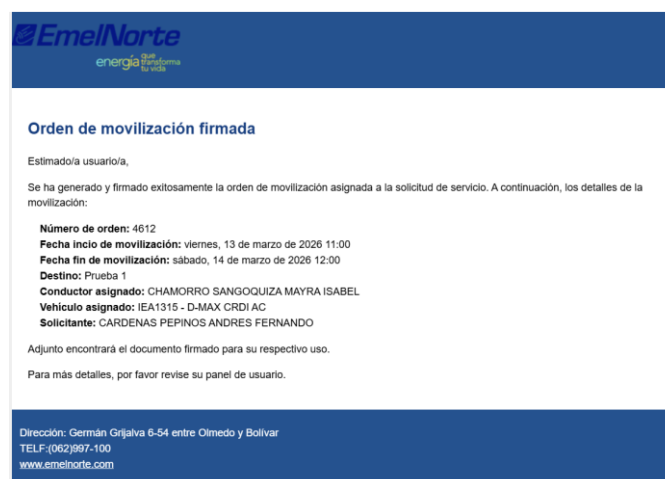


Figura 38 Notificación de orden de movilización firmada

- Mensaje de alerta del sistema dirigido al Jefe de Transportes. Este correo informa sobre la creación de un nuevo requerimiento de transporte, detallando el solicitante, el motivo y el destino, con el fin de que ingrese al sistema para gestionar su respectiva aprobación.

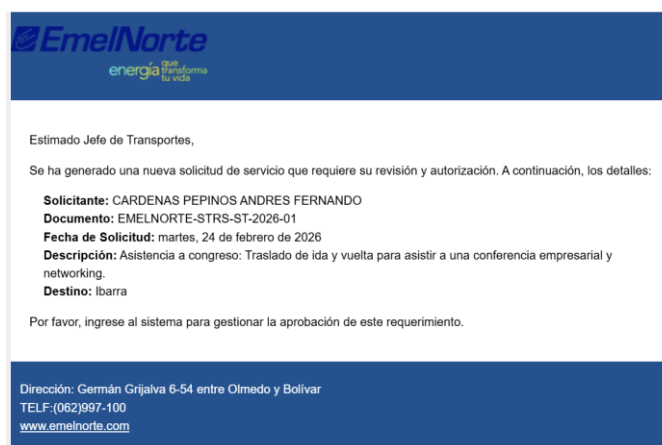


Figura 39 Notificación de nueva solicitud de servicio para autorización

7.1.6 Lanzamiento

Cierre y entrega del proyecto

Tras la culminación exitosa de todas las fases de desarrollo y la validación de los módulos de Administración, Movilización y Préstamos, se procedió a la etapa de cierre formal del proyecto. Esta fase garantiza que todos los objetivos técnicos y funcionales planteados para el proyecto fueron alcanzados, permitiendo la transición del software hacia un entorno de uso institucional.

Durante este proceso de cierre y despliegue, es imperativo no solo poner en marcha el aplicativo, sino también proveer a la institución de todos los componentes tecnológicos y documentales de respaldo. Esta transferencia integral de conocimiento y tecnología es fundamental para asegurar la sostenibilidad del sistema a largo plazo. Estos recursos facilitan futuras actualizaciones o mantenimientos por parte del personal técnico y garantiza una curva de aprendizaje fluida para los usuarios finales.

A continuación, se detallan los productos finales que constituyen la entrega formal del sistema para la Sección de Transportes de EMELNORTE:

Tabla 44 Entregables Finales del Sistema SIGEERN

Producto	Descripción del Entregable	Estado
Código fuente del módulo de Gestión Vehicular.	Repositorio completo que contiene la lógica de negocio, arquitectura MVC y vistas desarrolladas en Java/PrimeFaces.	Entregado
Manuales de usuario del sistema para los diferentes perfiles.	Documentación detallada que describe las diferentes funcionalidades del módulo web en base a cada perfil.	Entregado
Guía de usuario	Documento técnico detallado que describe la lógica operativa, flujos de navegación y reglas de negocio del sistema.	Entregado
Pruebas de Funcionalidad	Registro de las validaciones realizadas sobre cada Historia de Usuario, garantizando la ausencia de errores críticos y la integridad de los datos.	Entregado
Implementación de ajustes y paso a producción (QA)	Aplicación técnica de las correcciones solicitadas en el control de calidad sobre el entorno productivo de EMELNORTE.	Entregado
Capacitación y socialización	Formaciones impartidas a los usuarios.	Entregado
Interfaces de usuario (UX/UI)	Despliegue de una interfaz intuitiva, y estandarizada bajo los parámetros visuales de la empresa para facilitar la navegación.	Entregado

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 Introducción

Se presentan y analizan los resultados obtenidos tras la implementación del módulo de Gestión Vehicular para el sistema SIGEERN de EMELNORTE. El objetivo es demostrar, mediante datos cuantitativos y cualitativos, que el software desarrollado no solo cumple con los requerimientos técnicos y funcionales establecidos en el Product Backlog, sino que también ofrece una experiencia de usuario óptima y eficiente bajo los estándares de calidad vigentes.

8.1.1 Evaluación de calidad del software (ISO/IEC 25010)

Para asegurar que el módulo sea sólido y confiable en operación real, la evaluación de calidad se apoyó en el modelo definido por la norma **ISO/IEC 25010**, que propone un marco reconocido para analizar la calidad de un producto de software desde varias características clave [25].

En las pruebas finales, se verificó el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- **Adecuación funcional:** El sistema ejecuta correctamente los procesos de administración vehicular, órdenes de movilización y préstamos, cubriendo el 100% de las historias de usuario aprobadas y validando que los resultados obtenidos corresponden con lo definido en el **Product Backlog**.
- **Fiabilidad:** El módulo se mantuvo estable dentro de la red interna de la institución, con un comportamiento consistente durante la ejecución de las operaciones. Además, se comprobó la gestión segura de las firmas electrónicas y la persistencia de la información en base de datos Oracle, sin pérdidas de datos ni inconsistencias.
- **Usabilidad:** Se evaluó que el sistema sea fácil de aprender y de operar, asegurando que la interfaz implementada con PrimeFaces resulte clara e intuitiva para el personal administrativo, especialmente en tareas repetitivas y de uso diario.

8.1.2 Evaluación de usabilidad (System Usability Scale - SUS)

Como complemento a la evaluación de calidad bajo la norma ISO/IEC 25010, se aplicó un análisis de usabilidad centrado en la percepción real de los usuarios finales. Este proceso es vital para asegurar que la herramienta digital sea adoptada con éxito dentro de los flujos de trabajo de la Sección de Transportes, garantizando que el diseño de la interfaz y la lógica de navegación faciliten la ejecución de las tareas diarias sin generar una carga cognitiva innecesaria.

Para cuantificar esta experiencia, se utilizó el cuestionario System Usability Scale (SUS), una herramienta psicométrica estandarizada y reconocida a nivel internacional por su robustez y fiabilidad. El SUS permite obtener una visión objetiva de la usabilidad del software mediante 10 ítems que evalúan dimensiones críticas como la complejidad percibida, la facilidad de aprendizaje, la consistencia de las funciones y la confianza del usuario al interactuar con el módulo web [26].

La implementación de esta evaluación permite transformar las opiniones cualitativas de los usuarios en una puntuación numérica normalizada del 0 al 100. Este resultado final es el que determina si el módulo web “Gestión vehicular” se encuentra dentro de los rangos de aceptabilidad industrial, superando el promedio estándar de usabilidad de 68 puntos, y validando así que el desarrollo en PrimeFaces cumple con las expectativas de eficiencia operativa de EMELNORTE.

Metodología de evaluación

La evaluación de la usabilidad del módulo de Gestión Vehicular implementado en el sistema SIGEERN de EMELNORTE se ejecutó mediante la aplicación del cuestionario System Usability Scale (SUS), un instrumento estandarizado de 10 ítems que permite obtener una medida global y rápida de la percepción de uso del sistema [26].

Con el fin de asegurar una recolección de datos ágil, trazable y sin interferir con la operación diaria, el cuestionario se habilitó en formato digital a través de Google Forms, lo que facilitó la participación de los usuarios involucrados y la consolidación de resultados. Esta medición fue relevante porque la usabilidad impacta directamente en la efectividad, eficiencia y satisfacción con las que los usuarios realizan sus tareas dentro del sistema, criterios que se consideran fundamentales en la evaluación de soluciones interactivas [27].

La evaluación de la usabilidad del módulo de Gestión Vehicular se ejecutó mediante la aplicación del cuestionario System Usability Scale (SUS), un instrumento psicométrico estandarizado que permite obtener una medida global de la percepción de uso del sistema de manera eficaz y eficiente. Para garantizar una recolección de datos ágil y trazable dentro de la institución, el cuestionario se distribuyó en formato digital a través de la herramienta Google Forms, facilitando la consolidación de los resultados sin interferir en la jornada laboral de los participantes [27].

La metodología SUS se basa en 10 enunciados predefinidos que alternan cargas positivas (ítems impares) y negativas (ítems pares), lo que obliga al usuario a mantener un nivel de atención constante durante la evaluación. Cada enunciado fue calificado utilizando una Escala de Likert de cinco puntos, permitiendo a los usuarios expresar su nivel de acuerdo o desacuerdo, desde "Totalmente en desacuerdo" (1) hasta "Totalmente de acuerdo" (5) [26].

Tabla 45 Preguntas SUS

Preguntas	
Pregunta 1	Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia
Pregunta 2	Encontré el sistema innecesariamente complejo
Pregunta 3	Pensé que el sistema era fácil de usar
Pregunta 4	Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema
Pregunta 5	Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas
Pregunta 6	Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema
Pregunta 7	Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente
Pregunta 8	Encontré el sistema muy complicado de usar
Pregunta 9	Me sentí muy seguro usando el sistema
Pregunta 10	Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema

Resultados

La muestra seleccionada para esta validación consistió en 10 usuarios estratégicos de EMELNORTE, quienes representan los perfiles con mayor interacción en el sistema: directores, jefes de Agencia y personal de la Sección de Transportes. Esta medición es fundamental para el proyecto, ya que la usabilidad impacta directamente en la efectividad y satisfacción del usuario final, asegurando que la solución tecnológica sea adoptada con éxito bajo estándares internacionales de calidad.

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.

10 respuestas

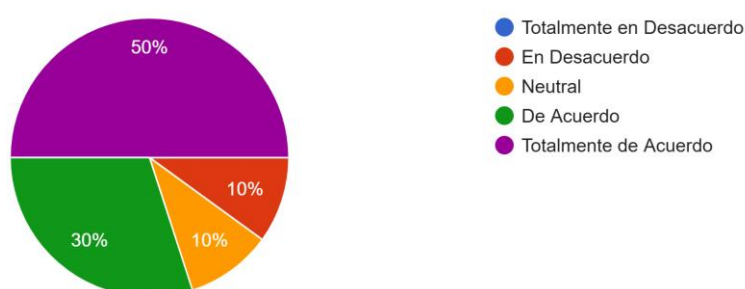


Figura 40 Pregunta 1 SUS

Como se observa en la Figura 37, el **80%** de los participantes (50% totalmente de acuerdo y 30% de acuerdo) expresaron una predisposición positiva hacia el uso recurrente del sistema. Un 10% se mantuvo en una postura neutral, mientras que solo un 10% manifestó estar en desacuerdo.

Frecuencia de Uso: Este resultado es fundamental para el éxito del proyecto, ya que una alta predisposición al uso frecuente sugiere que las funcionalidades implementadas en el módulo de Gestión Vehicular son percibidas como herramientas útiles que se integrarán naturalmente en las rutinas diarias del departamento. Una percepción positiva inicial asegura que el sistema será aprovechado al máximo, justificando la inversión en su desarrollo.

2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.

10 respuestas

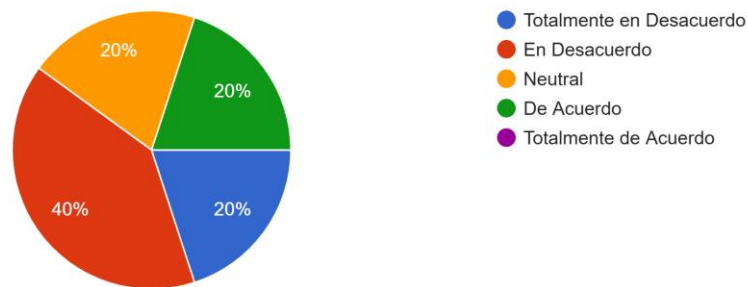


Figura 41 Pregunta 2 SUS

De acuerdo con los datos presentados en la Figura 38, el **60%** de los usuarios manifestaron su desacuerdo con esta afirmación (40% en desacuerdo y 20% totalmente en desacuerdo). Un 20% de los participantes mantuvo una postura neutral, mientras que un 20% consideró que el sistema posee cierta complejidad.

Complejidad Percibida: La tendencia mayoritaria hacia el desacuerdo indica que la arquitectura del módulo y la disposición de sus funciones no representan un obstáculo cognitivo para la mayoría del personal de EMELNORTE. Este resultado sugiere que, a pesar de la robustez de las operaciones de gestión vehicular, la interfaz logra simplificar los procesos, evitando que el usuario se sienta abrumado por la estructura técnica del sistema. La presencia de un porcentaje menor de usuarios que perciben complejidad resalta la importancia de las sesiones de capacitación planificadas para familiarizar completamente al personal con todas las herramientas disponibles.

3. Pensé que el sistema era fácil de usar.

10 respuestas

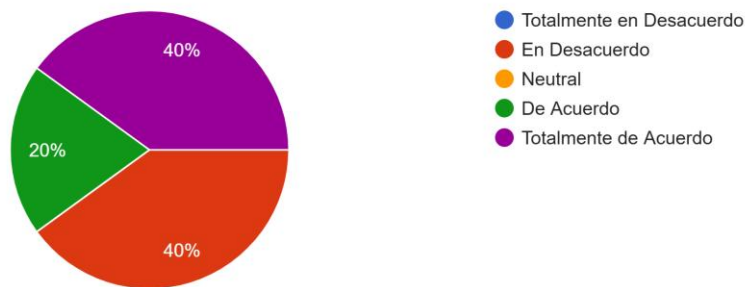


Figura 42 Pregunta 3 SUS

Los resultados ilustrados en la Figura 39 revelan que el 60% de la muestra evaluada considera que el sistema es sencillo de operar, dividiéndose en un 40% que está totalmente de acuerdo y un 20% de acuerdo. Por otro lado, un 40% de los participantes manifestó estar en desacuerdo con esta afirmación.

Facilidad de Uso Percibida: Que la mayoría de los usuarios identifiquen el sistema como fácil de usar es un indicador positivo de la efectividad del diseño de interfaz desarrollado. Este resultado sugiere que la curva de aprendizaje inicial para las tareas de gestión de préstamos y movilización es accesible para el personal administrativo. No obstante, el porcentaje de usuarios que no percibió esta facilidad de uso refuerza la importancia de la fase de capacitación y la entrega de manuales de usuario detallados para asegurar que todos los perfiles de la institución operen el módulo con total fluidez.

4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.

10 respuestas

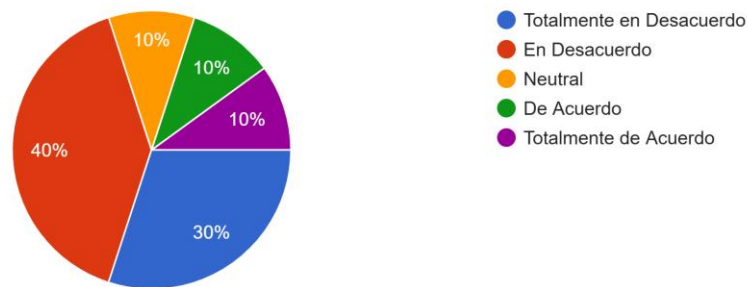


Figura 43 Pregunta 4 SUS

Según los datos recopilados en la Figura 40, el **70%** de los usuarios manifestaron no requerir asistencia técnica externa para operar el módulo (40% en desacuerdo y 30% totalmente en desacuerdo). Un **10%** se mantuvo neutral, mientras que un **20%** (dividido equitativamente entre de acuerdo y totalmente de acuerdo) indicó que sí podría necesitar apoyo.

Autonomía del Usuario: La marcada tendencia hacia el desacuerdo es un indicador de que la interfaz es lo suficientemente intuitiva para permitir que el personal de EMELNORTE realice sus gestiones de forma independiente. Este resultado valida que el diseño del sistema reduce la dependencia de soporte técnico continuo, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa para la institución. No obstante, el porcentaje de usuarios que requiere acompañamiento técnico reafirma la pertinencia de las capacitaciones y la provisión de manuales de usuario detallados para garantizar una transición tecnológica fluida para la totalidad del personal.

5. Encontré que las diversas funciones de este sistema estaban bien integradas.

10 respuestas

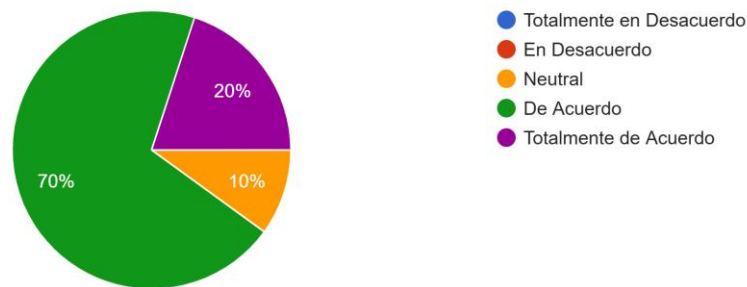


Figura 44 Pregunta 5 SUS

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 41, el **90%** de los participantes manifestaron una percepción positiva sobre la cohesión del sistema, distribuyéndose en un **70% de acuerdo** y un **20% totalmente de acuerdo**. Solamente un **10%** de los usuarios mantuvo una postura neutral frente a esta afirmación.

Integración de Funciones: La alta valoración en este ítem confirma que la estructura del módulo web logra una comunicación fluida entre sus diferentes componentes, como la administración de vehículos, conductores y la generación de movilizaciones y préstamos. Este resultado valida que el desarrollo bajo la arquitectura **MVC (Modelo-Vista-Controlador)** permite que los procesos se ejecuten de manera secuencial y lógica, evitando que el usuario perciba las funcionalidades como herramientas aisladas, lo cual es fundamental para una gestión administrativa eficiente en EMELNORTE.

6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.

10 respuestas

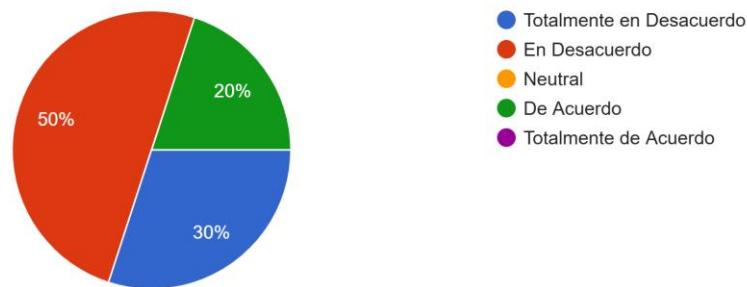


Figura 45 Pregunta 6 SUS

Los resultados obtenidos en la Figura 42, demuestran que el **80%** de los usuarios manifestaron su desacuerdo con esta afirmación, desglosándose en un **50% en desacuerdo** y un **30% totalmente en desacuerdo**. Por el contrario, un **20%** de los participantes indicó estar de acuerdo con la existencia de inconsistencias.

Consistencia del Sistema: La marcada tendencia hacia el desacuerdo es un indicador de que el módulo web presenta un comportamiento previsible y uniforme en todas sus interfaces. Este resultado valida la correcta implementación de estándares de diseño y flujos de navegación lógicos, permitiendo que el personal de EMELNORTE interactúe con el software sin enfrentar cambios inesperados en la operatividad de las funciones. La presencia de una minoría que percibe inconsistencias sugiere la necesidad de realizar ajustes menores en la retroalimentación visual del sistema para asegurar una experiencia totalmente homogénea para todos los perfiles.

7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente.

10 respuestas

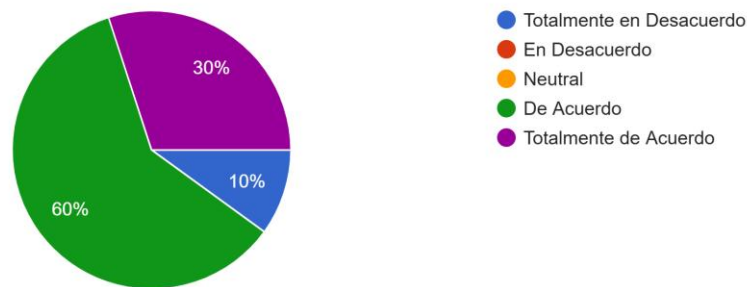


Figura 46 Pregunta 7 SUS

Los resultados ilustrados en la Figura 43 revelan que una amplia mayoría, correspondiente al **90%** de los participantes, posee una percepción positiva sobre la facilidad de aprendizaje del módulo, dividiéndose en un **60% de acuerdo** y un **30% totalmente de acuerdo**. Por el contrario, solo un **10%** de la muestra manifestó estar totalmente en desacuerdo con esta afirmación.

Curva de Aprendizaje: El alto nivel de acuerdo en este ítem es un indicador de que el sistema posee una interfaz intuitiva y procesos lógicos que facilitan la adopción tecnológica por parte del personal de EMELNORTE. Estos resultados sugieren que los usuarios no requieren de periodos de formación extensos para comenzar a operar el módulo de gestión vehicular de manera efectiva, lo cual optimiza los tiempos de implementación institucional. El pequeño porcentaje de desacuerdo resalta la relevancia de proporcionar el manual de usuario y la capacitación planificada para asegurar que el 100% del personal alcance la autonomía operativa deseada.

8. Encontré el sistema muy complicado de usar.

10 respuestas

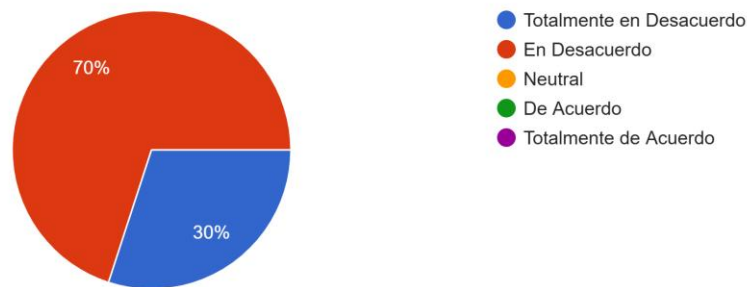


Figura 47 Pregunta 8 SUS

Los resultados consolidados en la Figura 44 demuestran que el **100%** de los usuarios evaluados rechazaron esta afirmación, desglosándose en un **70% en desacuerdo** y un **30% totalmente en desacuerdo**. Es notable resaltar que ningún participante seleccionó opciones neutrales o de acuerdo con respecto a la complicación del software.

Simplicidad Operativa: El hecho de que la totalidad de la muestra considere que el sistema no es complicado de usar es un indicador contundente de la eficacia del diseño de experiencia de usuario (UX) aplicado. Este resultado garantiza que las barreras de uso del módulo de gestión vehicular han sido minimizadas, permitiendo que el personal de EMELNORTE se enfoque en la gestión administrativa de la flota sin enfrentar dificultades técnicas en la navegación o en la ejecución de procesos críticos. Una respuesta unánime de este tipo refuerza la viabilidad del software para su implementación inmediata en el entorno real de la institución.

9. Me sentí muy seguro usando el sistema.

10 respuestas

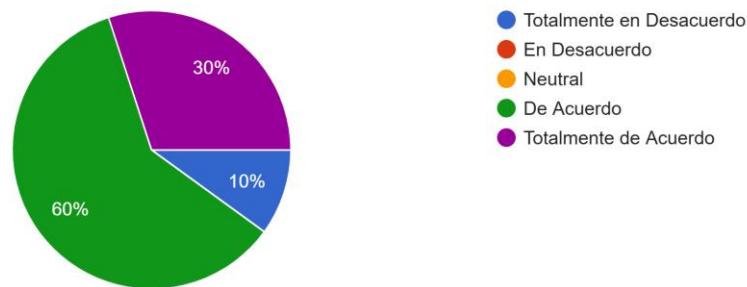


Figura 48 Pregunta 9 SUS

De acuerdo con los datos presentados en la Figura 45, el 90% de los participantes manifestaron sentirse seguros al interactuar con la herramienta (60% de acuerdo y 30% totalmente de acuerdo). Únicamente un 10% de la muestra expresó estar totalmente en desacuerdo con esta afirmación.

Confianza en el Uso: El alto nivel de seguridad percibida por los usuarios es un factor crítico para el éxito del módulo, ya que garantiza que el personal de EMELNORTE pueda operar las funciones de gestión vehicular con eficacia y sin temor a cometer errores operativos graves. Este resultado valida que el sistema no solo es funcional, sino que también ofrece un entorno estable y predecible, lo cual es esencial para el manejo de información institucional sensible, como el registro de conductores y la emisión de órdenes de movilización con firma electrónica.

10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de empezar con este sistema.

10 respuestas

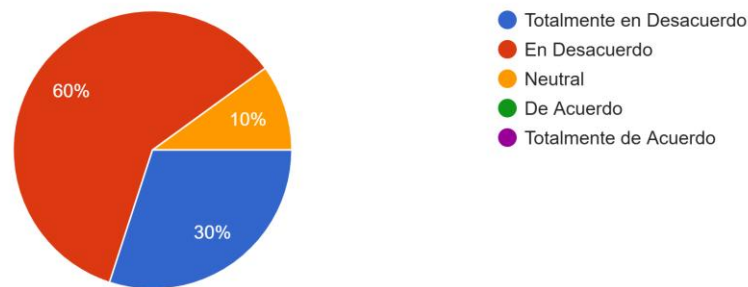


Figura 49 Pregunta 10 SUS

Los resultados ilustrados en la Figura 46 revelan que el 90% de los participantes manifestaron su desacuerdo con esta afirmación, desglosándose en un 60% en desacuerdo y un 30% totalmente en desacuerdo. Únicamente un 10% de la muestra mantuvo una postura neutral frente a la necesidad de aprendizaje previo.

Facilidad de Adopción: La marcada tendencia hacia el desacuerdo confirma que el sistema es intuitivo y no requiere de una curva de aprendizaje compleja para que el personal de EMELNORTE comience a operarlo. Este resultado es crucial para la eficiencia institucional, ya que sugiere que el software puede ser integrado de manera inmediata en las operaciones diarias sin necesidad de programas de formación extensos, validando que el diseño de procesos y la interfaz cumplen con los criterios de simplicidad establecidos.

Procesamiento y cálculo de la escala SUS

Para llevar a cabo una evaluación rigurosa del nivel de usabilidad del módulo de Gestión Vehicular, es fundamental aplicar el algoritmo matemático establecido por el método SUS, evitando interpretar las respuestas mediante simples porcentajes, lo cual invalidaría el análisis técnico del instrumento.

El cuestionario está estructurado por 10 afirmaciones evaluadas bajo una escala de Likert de 5 niveles. Para el procesamiento algorítmico, a cada nivel se le asigna un peso numérico del 1 al 5:

- Totalmente en desacuerdo (1)
- En desacuerdo (2)
- Neutral (3)
- De acuerdo (4)
- Totalmente de acuerdo (5)

Para determinar el índice de usabilidad, se aplica un tratamiento matemático específico dependiendo de la polaridad de cada enunciado:

- **Enunciados Impares (Positivos):** Se suman las respuestas de los enunciados impares y se resta 1 a cada respuesta ingresada. Para estos enunciados, el objetivo es que la puntuación refleje en qué medida los usuarios están de acuerdo con las declaraciones favorables sobre la usabilidad del sistema. Al restar 1, se ajusta la escala para que comience en 0 en lugar de 1, facilitando una interpretación más directa de la sumatoria total.
- **Enunciados Pares (Negativos):** Se suman las respuestas de los enunciados pares y se resta cada puntuación original al valor máximo de 5 (es decir, 5 - puntuación). Restar cada valor de 5 revierte la escala, de modo que una calificación numéricamente alta también refleje una alta usabilidad. Al sumar estas puntuaciones invertidas, se convierte la escala negativa en una positiva, asegurando que una mayor suma total siempre represente un mejor desempeño del software.
- **Resultado Final:** Se suman las puntuaciones ajustadas de los enunciados pares e impares, lo cual da como resultado un valor en un rango de 0 a 40 por usuario. Finalmente, este subtotal se multiplica por la constante 2.5. Esta operación ajusta el rango para que se expanda de 0 a 100, facilitando su interpretación general y permitiendo la comparación objetiva con otros estudios y normas de usabilidad establecidas.

Tabla 46 Resultados de cada pregunta

Preguntas	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Neutro	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
Pregunta 1	5	3	1	1	0
Pregunta 2	0	2	2	4	2
Pregunta 3	4	2	0	4	0
Pregunta 4	1	1	1	4	3
Pregunta 5	2	7	1	0	0
Pregunta 6	0	2	0	5	3
Pregunta 7	3	6	0	0	1
Pregunta 8	0	0	0	7	3
Pregunta 9	3	6	0	0	1
Pregunta 10	0	0	1	6	3

Para ilustrar este procedimiento con los datos recolectados de la muestra de 10 usuarios de EMELNORTE, se presenta el cálculo de la Pregunta 1 (impar):

"Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia".

Respuestas obtenidas para la Pregunta 1:

- 5 usuarios: Totalmente de acuerdo (5)
- 3 usuarios: De acuerdo (4)
- 1 usuario: Neutral (3)
- 1 usuario: En desacuerdo (2)

Cálculo de puntuación ajustada (Enunciado impar):

- Para "Totalmente de acuerdo": $5 \times (5 - 1) = 20$
- Para "De acuerdo": $3 \times (4 - 1) = 9$
- Para "Neutral": $1 \times (3 - 1) = 2$
- Para "En desacuerdo": $1 \times (2 - 1) = 1$
- Total, Pregunta 1: $20 + 9 + 2 + 1 = 32$

Aplicando esta misma lógica a todos los ítems positivos, se consolidan los siguientes resultados:

Tabla 47 Subtotales de enunciados impares

Preguntas	Resultado Ajustado
Pregunta 1	32
Pregunta 3	26
Pregunta 5	31
Pregunta 7	30
Pregunta 9	30
Total	149

Posteriormente, se aplica el cálculo invertido para los ítems negativos. Tomando como ejemplo la Pregunta 2 (par): "Encontré el sistema innecesariamente complejo".

Respuestas obtenidas para la Pregunta 2:

- 2 usuarios: De acuerdo (4)
- 2 usuarios: Neutral (3)
- 4 usuarios: En desacuerdo (2)
- 2 usuarios: Totalmente en desacuerdo (1)

Cálculo de puntuación ajustada (Enunciado par):

- Para "De acuerdo": $2 \times (5 - 4) = 2$
- Para "Neutral": $2 \times (5 - 3) = 4$
- Para "En desacuerdo": $4 \times (5 - 2) = 12$
- Para "Totalmente en desacuerdo": $2 \times (5 - 1) = 8$
- **Total, Pregunta 2:** $2 + 4 + 12 + 8 = 26$

A continuación, se presentan los resultados consolidados de las afirmaciones pares:

Tabla 48 Subtotales de enunciados pares

Preguntas	Resultado Ajustado
Pregunta 2	26
Pregunta 4	27
Pregunta 6	29
Pregunta 8	33
Pregunta 10	32
Total	147

Finalmente, para obtener el índice de usabilidad global del módulo de Gestión Vehicular, se suman los totales obtenidos y se aplica la fórmula del Resultado Final:

- **Suma Total (Impares + Pares):** $149 + 147 = 296$
- **Promedio por usuario:** $296 / 10 = 29.6$
- **Puntuación SUS Final:** $29.6 \times 2.5 = 74.0$

Análisis

Como se evidencia visualmente en la Figura 47, el procesamiento de las encuestas SUS aplicadas a los 10 usuarios estratégicos de EMELNORTE arrojó una puntuación media global de 74.0 sobre 100.

La interpretación de este resultado se fundamenta en la escala de aceptabilidad estándar del método, donde el umbral crítico se sitúa comúnmente en los 68 puntos. Al superar este puntaje de corte por un margen de 6 puntos, el módulo de Gestión Vehicular del sistema SIGEERN logra distanciarse de la zona de usabilidad "Marginal" y se posiciona sólidamente dentro del rango "Aceptable".

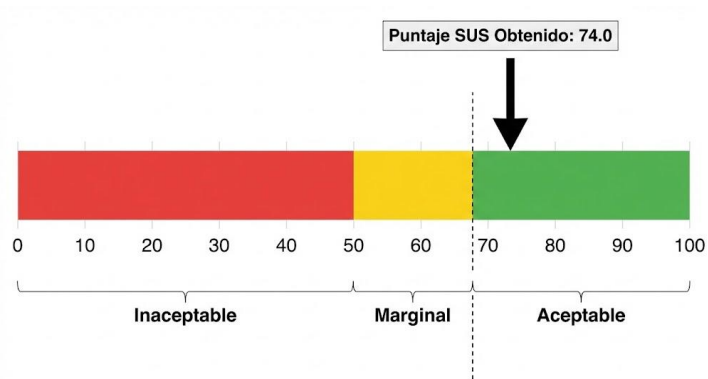


Figura 50 Puntaje SUS

Desde una perspectiva técnica y operativa, este resultado tiene las siguientes implicaciones para la institución:

- **Validación del Diseño de Interfaz:** El puntaje confirma que la arquitectura de la información y el diseño de las vistas desarrolladas con la librería PrimeFaces son efectivos. Los usuarios perciben la navegación como coherente y predecible, lo que reduce la fricción al realizar tareas críticas como la emisión de órdenes de movilización o préstamos de vehículos.
- **Eficiencia en la Adopción Tecnológica:** Un nivel de usabilidad de 74.0 indica que la curva de aprendizaje para el nuevo módulo es moderada. Esto sugiere que el personal de la Sección de Transportes y los directivos podrán alcanzar la autonomía operativa en un corto periodo de tiempo, sin depender excesivamente de soporte técnico continuo o de capacitaciones extensas y complejas.
- **Viabilidad de Implementación:** El posicionamiento en la zona "Aceptable" mitiga significativamente el riesgo de rechazo al sistema por parte de los usuarios finales. Se concluye que la herramienta digital es lo suficientemente intuitiva para ser desplegada en el entorno de producción real de EMELNORTE, garantizando que los procesos administrativos se ejecuten con mayor agilidad y menor probabilidad de error humano en comparación con los métodos manuales anteriores.

En resumen, la evaluación cuantitativa de la usabilidad demuestra que el software desarrollado cumple satisfactoriamente con los requisitos de interacción humana, proporcionando una herramienta de trabajo robusta y accesible para el personal de la empresa.

Conclusiones

- ❖ La implementación del Módulo Web de Gestión Vehicular consolidó la digitalización y estandarización de los procesos críticos de la Sección de Transportes (administración, solicitudes, movilizaciones, préstamos y control documental), fortaleciendo la trazabilidad y el control de la información mediante registros consistentes y verificables, y disminuyendo significativamente la dependencia de procedimientos manuales, lo que se traduce en una gestión más ordenada, oportuna y confiable.
- ❖ El módulo desarrollado cumple con criterios de calidad del estándar ISO/IEC 25010, especialmente en adecuación funcional, fiabilidad y usabilidad, evidenciando que las funcionalidades implementadas responden a las necesidades operativas definidas y que el sistema mantiene estabilidad en el manejo de datos y firmas electrónicas dentro del entorno institucional.
- ❖ La evaluación de usabilidad mediante el cuestionario SUS permitió medir de forma objetiva la percepción de los usuarios finales, reflejando que el sistema resulta comprensible, operable y aceptable para el personal involucrado; lo cual respalda su factibilidad de adopción y uso continuo en las actividades diarias de la institución.

Recomendaciones

- ❖ Establecer un esquema de mejora continua y monitoreo, que incluya la recolección periódica de retroalimentación, repetición de evaluaciones de usabilidad (SUS) por versión y seguimiento de métricas técnicas (tiempos de respuesta, errores, disponibilidad), con el fin de priorizar ajustes y mantener la calidad del software en producción.
- ❖ Se recomienda a la Dirección de Tecnología de EMELNORTE planificar, como una fase futura de desarrollo, la integración de este módulo con los sistemas de rastreo satelital (GPS) instalados en los vehículos institucionales. Esta mejora permitiría contrastar en tiempo real las rutas planificadas en las órdenes de movilización con el recorrido exacto de la flota, generando reportes automáticos que optimicen el control del consumo de combustible y el mantenimiento preventivo por kilometraje.
- ❖ Explorar la integración de Inteligencia Artificial (IA) y Machine Learning en el módulo para la predicción de fallos mecánicos y la optimización del parque automotor. Analizar el historial de datos de movilización y mantenimiento permitirá anticipar averías, reducir costos operativos y escalar el sistema hacia una gestión proactiva e integral en EMELNORTE.

Referencias

- [1] EMELNORTE, “Historia - EMELNORTE.” Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.emelnorte.com/eern/index.php/historia/>
- [2] J. A. Gordon Tobar, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE,” 2023, Accessed: Nov. 04, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13716>
- [3] C. Llopis-Albert, F. Rubio, and F. Valero, “Impact of digital transformation on the automotive industry,” *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 162, p. 120343, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2020.120343.
- [4] “Infraestructura - Desarrollo Sostenible.” Accessed: Jan. 11, 2026. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- [5] J. P. Chiparo, M. Tukuta, and M. Musanzikwa, “Vehicle Fleet Management Practices and Service Delivery in State Owned Enterprises in Zimbabwe,” *J. Transp. Technol.*, vol. 12, no. 02, pp. 159–171, 2022, doi: 10.4236/JTTS.2022.122010.
- [6] Dirección de Talento Humano, “PROCEDIMIENTO PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL SERVICIO DE TRANSPORTE,” 2022.
- [7] Empresa Eléctrica Regional Norte S.A, “Planificación Servicio de Transporte,” Ibarra, Ecuador, Dec. 2022.
- [8] D. Garófalo, “Sistema automatizado para la gestión y control de requerimientos de soporte técnico,” *Revista Boliviana de Ingeniería*, vol. 1, no. 2, pp. 125–147, Dec. 2020, doi: 10.33996/REBI.V1I2.194.
- [9] J. Gutiérrez, J. Toloza, A. Soto, O. López, and D. Guevara, “VEHÍCULOS TERRESTRES NO TRIPULADOS, SUS APLICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE IMPLEMENTACIÓN | Ingeniare.” Accessed: Jan. 18, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.30.7925>
- [10] Empresa Eléctrica Regional Norte S.A., “INSTRUCTIVO EMISIÓN DE ÓRDENES DE MOVILIZACIÓN,” Ibarra, Ecuador, Dec. 2022.
- [11] “Módulos Web - Documentación de IBM.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/was-nd/9.0.5?topic=applications-web-modules>
- [12] Grijalva Eduardo, Cárdenas Andrés, Cruz Alexandra, and Gordillo Catalina, “Guía de Programación en la Plataforma JAVA EE SIGEERN,” Ibarra, Jul. 2019.
- [13] L. M. ARMIJOS ORTEGA, C. A. VELEZ MACAS, E. L. LOJAN CUEVA, L. M. ARMIJOS ORTEGA, C. A. VELEZ MACAS, and E. L. LOJAN CUEVA, “Estudio de la adopción de metodologías ágiles en proyectos de desarrollo de software en la región 7 del Ecuador,” *Revista Espacios*, vol. 45, no. 4, pp. 73–84, Jul. 2024, doi: 10.48082/ESPACIOS-A24V45N04P06.

- [14] M. D. Kadenic, D. A. de Jesus Pacheco, K. Koumaditis, G. Tjørnehøj, and T. Tambo, “Investigating the role of Product Owner in Scrum teams: Differentiation between organisational and individual impacts and opportunities,” *Journal of Systems and Software*, vol. 206, p. 111841, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.JSS.2023.111841.
- [15] Grijalva Eduardo, Cruz Alexandra, Cárdenas Andrés, and Gordillo Catalina, “METODOLOGÍA PARA DESARROLLO DE APLICACIONES EN EMELNORTE,” 2019.
- [16] “ISO/IEC 25010:2023(en), Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:25010:ed-2:v1:en>
- [17] “ISO/TR 9241-100:2023.” Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:tr:9241:-100:ed-2:v1:en>
- [18] W. R. V. Oyarvide and S. C. P. Herrera, “Usabilidad de aplicaciones móviles para pedidos a domicilio: COVID-19 y emergencia sanitaria en Guayaquil,” *Question/Cuestión*, vol. 3, no. 69, pp. e551–e551, Sep. 2021, doi: 10.24215/16696581e551.
- [19] R. KENNETH S, “Praise for Essential Scrum”.
- [20] K. Schwaber and J. Sutherland, “La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego,” 2020. Accessed: Mar. 19, 2026. [Online]. Available: <https://repositorio.uvm.edu.ve/handle/123456789/59>
- [21] “PMBOK Guide | Project Management Institute.” Accessed: Jan. 12, 2026. [Online]. Available: <https://www.pmi.org/standards/pmbok>
- [22] “Modern Operating Systems.” Accessed: Jan. 12, 2026. [Online]. Available: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/modern-operating-systems/P200000003295/9780137618880>
- [23] “Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK).” Accessed: Jan. 12, 2026. [Online]. Available: <https://www.computer.org/education/bodies-of-knowledge/software-engineering#about>
- [24] Menzinsky Alexander, López Gertrudis, Palacio Juan, Sobrino Miguel, Álvarez Rubén, and Rivas Verónica, “Historias de Usuario Ingeniería de Requisitos Ágil Imagen de cubierta,” 2022.
- [25] “ISO/IEC 25010:2023 - Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model.” Accessed: Mar. 03, 2026. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/78176.html>
- [26] J. Brooke, “SUS - A quick and dirty usability scale”.
- [27] “Ergonomics of human-system interaction-Part 11: Usability: Definitions and concepts COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT,” 2018, Accessed: Mar. 03,

o 2026. [Online]. Available:
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d38dc274-d8d4-4fb9-8206->