

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE**  
**BACHILLERATO EN LA CARRERA DE**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas para la reducción de daños en unidades de transporte de personas de la empresa RODIALL R.S.S.A, durante el segundo cuatrimestre del 2025.**

**Sustentante:**

German Barboza González

**Tutor:**

Ignacio Alonso Alvarado Chacón

**Junio, 2025**

## TABLA DE CONTENIDO

<b><i>TABLA DE CONTENIDO</i></b> .....	<b>2</b>
<b><i>ÍNDICE DE FIGURAS</i></b> .....	<b>7</b>
<b><i>ÍNDICE DE TABLAS</i></b> .....	<b>10</b>
<b><i>DECLARACIÓN JURADA</i></b> .....	<b>11</b>
<b><i>CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA</i></b> .....	<b>12</b>
<b><i>CARTA DEL TUTOR</i></b> .....	<b>13</b>
<b><i>CARTA DEL LECTOR</i></b> .....	<b>14</b>
<b><i>CARTA DEL FILÓLOGO</i></b> .....	<b>15</b>
<b><i>DEDICATORIA</i></b> .....	<b>16</b>
<b><i>AGRADECIMIENTO</i></b> .....	<b>17</b>
<b><i>RESUMEN</i></b> .....	<b>18</b>
<b><i>CAPÍTULO I</i></b> .....	<b>19</b>
<b><i>PROBLEMA DEL PROYECTO</i></b> .....	<b>19</b>
<b>A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>21</b>
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa .....	21
1.1.2 Justificación del proyecto .....	26
<b>B. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>29</b>

<b>C. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>39</b>
1.3.1 Objetivo general.....	39
1.3.2 Objetivos específicos .....	39
<b>D. ALCANCES Y LIMITACIONES.....</b>	<b>41</b>
1.4.1 Alcances .....	41
1.4.2 Limitaciones. ....	42
<b><i>CAPÍTULO II .....</i></b>	<b>44</b>
<b><i>MARCO TEÓRICO.....</i></b>	<b>44</b>
<b>2.1 Contexto histórico .....</b>	<b>46</b>
<b>2.1.1 Telemetría .....</b>	<b>47</b>
<b>2.1.2 Sistema Global de Navegación por satélite.....</b>	<b>49</b>
<b>2.2 Contexto teórico .....</b>	<b>52</b>
2.2.1 Geolocalización.....	53
2.2.2 Sensores analógicos y digitales .....	54
2.2.3 Protocolos de comunicación y tecnologías de transmisión de datos .....	56
2.2.4 Plataformas de monitoreo y notificaciones.....	58
2.2.5 Base de datos .....	59
2.2.6 Placas de desarrollo.....	61
<b>2.3 CONTEXTUALIZACIÓN DE LAS TEÓRIAS.....</b>	<b>64</b>
2.3.1 Geolocalización.....	64
2.3.2 Sensores analógicos y digitales .....	64
2.3.3 Protocolos de comunicación y tecnologías de transmisión de datos .....	65
2.3.4 Plataforma de monitoreo y notificaciones .....	66

	4
2.3.5 Base de datos .....	66
2.3.6 Placas de desarrollo.....	67
<b><i>CAPÍTULO III.....</i></b>	<b>68</b>
<b><i>MARCO METODOLÓGICO.....</i></b>	<b>68</b>
<b>3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>69</b>
3.1.1 Enfoque de la investigación.....	71
3.1.2 Finalidad de la Investigación.....	72
3.1.3 Dimensión Temporal .....	75
3.1.4 Marco de la Investigación.....	77
3.1.5 Naturaleza de la Investigación .....	77
3.1.6 Carácter de la investigación.....	78
<b>3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN.....</b>	<b>80</b>
3.2.1 Fuentes primarias.....	81
3.2.2 Fuentes secundarias.....	82
3.2.3 Sujetos de información.....	82
<b>3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS .....</b>	<b>83</b>
3.3.1 Observación .....	84
3.3.2 Entrevista.....	85
3.3.3 Encuesta.....	87
<b>3.4 VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>88</b>
<b>3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>91</b>
<b><i>CAPÍTULO IV .....</i></b>	<b>92</b>
<b><i>DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</i></b>	<b>92</b>

<b>4.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>93</b>
<b>4.2</b>	<b>RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>97</b>
4.2.1	Recolección de datos.....	98
4.2.2	Instrumento para recolección de datos .....	98
4.2.3	Análisis de datos.....	100
4.2.3.1	Resultados de la encuesta.....	101
4.2.3.2	Resultados de la entrevista.....	124
<b>4.3</b>	<b>ANÁLISIS DE BRECHAS .....</b>	<b>128</b>
<b><i>CAPÍTULO V.....</i></b>		<b><i>131</i></b>
<b><i>DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....</i></b>		<b><i>131</i></b>
<b>5.1</b>	<b>ASPECTOS DE DISEÑO.....</b>	<b>132</b>
<b>5.2</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DEL PROTÓTIPO.....</b>	<b>138</b>
5.2.1	Verificación de sensores presentes en el autobús.....	138
5.2.2	Ensamblaje del prototipo .....	145
<b>Fuente: Elaboración propia (2025) .....</b>		<b>151</b>
<b>Fuente: Elaboración propia (2025) .....</b>		<b>154</b>
<b>5.3</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>158</b>
5.3.1	Implementación de la etapa de recolección de datos .....	159
5.3.1.1	Monitoreo de la temperatura del motor.....	161
5.3.1.2	Medición de la presión de aceite .....	162
5.3.1.3	Medición de las RPM del motor .....	163
5.3.1.4	Medición de la generación (24V) .....	163
5.3.1.5	Medición del voltaje individual de las baterías.....	164

5.3.1.6 implementación de una interfaz grafica .....	164
5.3.1.7 Implementación de una base de datos .....	166
5.3.1.8 Implementación de Grafana .....	168
5.3.1.9 implementación de VPN .....	170
<b>5.3.1.10 Conexión con la plataforma Telegram .....</b>	<b>171</b>
5.3.1.11 conexión del dispositivo.....	172
5.3.1.12 Pruebas realizadas.....	175
<b>5.4 ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>181</b>
5.4.1 Costos de implementación .....	183
<b>5.5 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>184</b>
5.5.1 Condiciones eléctricas .....	184
5.5.2 Condiciones de conectividad a internet .....	185
5.5.3 Condiciones del ambiente .....	185
5.5.4 Condiciones para la instalación de la pantalla .....	186
<b><i>CAPÍTULO VI .....</i></b>	<b><i>187</i></b>
<b><i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</i></b>	<b><i>187</i></b>
<b>6.1 CONCLUSIONES.....</b>	<b>188</b>
<b><i>Referencias Bibliográficas.....</i></b>	<b><i>193</i></b>
<b><i>ANEXOS .....</i></b>	<b><i>200</i></b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> .....	23
<b>Figura 2</b> .....	25
<b>Figura 3</b> .....	27
<b>Figura 4</b> .....	30
<b>Figura 5</b> .....	32
<b>Figura 6</b> .....	36
<b>Figura 7</b> .....	47
<b>Figura 8</b> .....	91
<b>Figura 9</b> .....	101
<b>Figura 10</b> .....	103
<b>Figura 11</b> .....	104
<b>Figura 12</b> .....	105
<b>Figura 13</b> .....	106
<b>Figura 14</b> .....	107
<b>Figura 15</b> .....	108
<b>Figura 16</b> .....	109
<b>Figura 17</b> .....	109
<b>Figura 18</b> .....	111
<b>Figura 19</b> .....	111
<b>Figura 20</b> .....	113
<b>Figura 21</b> .....	113
<b>Figura 22</b> .....	115

<b>Figura 23</b> .....	115
<b>Figura 24</b> .....	117
<b>Figura 25</b> .....	117
<b>Figura 26</b> .....	119
<b>Figura 27</b> .....	119
<b>Figura 28</b> .....	121
<b>Figura 29</b> .....	121
<b>Figura 30</b> .....	123
<b>Figura 31</b> .....	136
<b>Figura 32</b> .....	137
<b>Figura 33</b> .....	139
<b>Figura 34</b> .....	142
<b>Figura 35</b> .....	144
<b>Figura 36</b> .....	146
<b>Figura 37</b> .....	147
<b>Figura 38</b> .....	147
<b>Figura 39</b> .....	149
<b>Figura 40</b> .....	150
<b>Figura 41</b> .....	151
<b>Figura 42</b> .....	152
<b>Figura 43</b> .....	153
<b>Figura 44</b> .....	154
<b>Figura 45</b> .....	155

<b>Figura 46</b> .....	156
<b>Figura 47</b> .....	157
<b>Figura 48</b> .....	158
<b>Figura 49</b> .....	159
<b>Figura 50</b> .....	160
<b>Figura 51</b> .....	161
<b>Figura 52</b> .....	162
<b>Figura 53</b> .....	163
<b>Figura 54</b> .....	165
<b>Figura 55</b> .....	167
Figura 56.....	169
<b>Figura 57</b> .....	170
<i>Figura 58</i> .....	171
<b>Figura 59</b> .....	172
<b>Figura 60</b> .....	173
<b>Figura 61</b> .....	175
<b>Figura 62</b> .....	176
<b>Figura 63</b> .....	177
<b>Figura 64</b> .....	178
<b>Figura 65</b> .....	179
<b>Figura 66</b> .....	180
<b>Figura 67</b> .....	181
<b>Figura 68</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	32
<b>Tabla 2</b> .....	63
<b>Tabla 3</b> .....	83
<b>Tabla 4</b> .....	89
<b>Tabla 5</b> .....	140
<b>Tabla 6</b> .....	182
<b>Tabla 7</b> .....	184

## **DECLARACIÓN JURADA**

## **CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA**

## **CARTA DEL TUTOR**

## **CARTA DEL LECTOR**

## **CARTA DEL FILÓLOGO**

## DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada con todo mi amor y cariño a:

A Dios que es el que permite que todo se convierta en realidad y es ahí en donde inicia todo; es quien da fuerzas y tolerancia para continuar luchando día tras día y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se me van presentando; es quien ha puesto en mi camino personas que han sido un soporte y compañía durante todo el proceso de estudio.

A mi madre y hermanas que a pesar de la distancia día a día me hacen llegar su apoyo incondicional y siempre me hacen saber lo orgullosos que se sienten con mis logros. “sin ustedes no hubiera sido posible.”

A mis hermosos hijos por tenerme toda la paciencia y aceptación a mis horarios rigurosos de estudio y trabajo, por los cuales los he descuidado un poco con los juegos que realizamos juntos.

A mi esposa, quien es mi más grande apoyo en todo esto y que Dios me la bendiga porque siempre ha estado a mi lado.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su apoyo emocional y sus valiosos consejos por los cuales ahora me puedo seguir capacitando y creciendo profesionalmente.

A mis queridos hijos por toda la paciencia, han sido mi mayor bendición en la vida.

A mis profesores por confiar en mí, que desde el inicio han sido unos grandes guías y me ha llevado de la mano en la realización de esta tesis. “gracias de nuevo”

Al señor Rodrigo Salas e hijos, por tenerme la confianza y brindarme la oportunidad de realizar este proyecto en su empresa.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar por que tanto ellas como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo primordial el monitoreo de variables críticas en un sistema de transporte, específicamente en autobuses. Mediante este sistema se detectarán fallas relacionadas al sistema de enfriamiento, lubricación y generación del motor. Además, con la implementación de un sistema de rastreo satelital puede conocerse la ubicación y velocidad del automotor.

Para estas tareas se realizó un sistema basado en un Raspberry Pi Pico, el cual se encarga de recolectar y procesar los datos provenientes de los distintos sensores y posteriormente enviarlas a un Raspberry Pi 5 quien se encargará de analizarlas y generar las diferentes alertas. Este sistema cuenta con conexión remota a través de diferentes plataformas como lo son Telegram y grafana, desde las cuales puede solicitarse datos específicos del sistema, así como visualizar los datos a través de gráficas.

El diseño contempla la instalación de un monitor local; en el cual se desplegarán los datos más importantes del sistema, así como las averías que puedan presentarse. Asimismo, el sistema hace uso de una base de datos para el almacenamiento de los valores emitidos por los diferentes sistemas.

Por lo tanto, este proyecto de telemetría contribuye en la prevención de fallas críticas, mejora la seguridad operativa y permite una gestión más eficiente del mantenimiento, mediante la aplicación de principios de Internet de las Cosas (IoT).

**CAPÍTULO I**  
**PROBLEMA DEL PROYECTO**

Actualmente, las empresas de transporte enfrentan diversos retos relacionados al mantenimiento preventivo de sus unidades. Las fallas no reportadas o no detectadas a tiempo en sistemas críticos como la presión de aceite, la temperatura del motor o la generación eléctrica, pueden ocasionar daños severos al vehículo. Esto conlleva a una reparación costosa, tiempo de inactividad prolongado y riesgos para la seguridad tanto del personal operativo como de los pasajeros.

Asimismo, la falta de control sobre la ubicación exacta del autobús, aunado a la poca información que se tiene disponible sobre el estado actual de las baterías, incrementa la probabilidad de incidentes operativos, al igual que permite que el operador se desvíe de la ruta establecida sin el consentimiento de la empresa.

Estas limitaciones evidencian la necesidad de desarrollar algún sistema que permita el monitoreo en tiempo real de dichas variables, facilitando la detección de fallas y apoyando la toma de decisiones de manera rápida y oportuna.

En este capítulo se presenta el problema que da origen al proyecto, analizando sus causas, consecuencias y la justificación para la implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas. Con esta propuesta se busca no solo optimizar el mantenimiento de las unidades, sino también mejorar la seguridad, eficiencia y confiabilidad del servicio de transporte, además de reducir gastos en el área operativa de la empresa.

El proyecto se encuentra asociado a la empresa RODIALL R.S.S.A, en la cual se implementará un sistema de monitoreo y alertas sobre las condiciones de operación de una unidad de transporte público. En este capítulo se describen los antecedentes, justificación, problema, objetivos tanto general como los específicos, alcances y limitaciones para lograr un mejor entendimiento sobre el proyecto propuesto.

## **A. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

En este capítulo se presentan los antecedentes y la justificación del proyecto, con el propósito de contextualizar la situación actual de la empresa y las razones por las cuales se decide desarrollar esta propuesta tecnológica. Asimismo, se aborda la problemática existente en el área operativa y la necesidad de implementar un sistema que ayude a mejorar el funcionamiento de las unidades de transporte.

### **1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa**

RODIAL R.S.S.A. es una empresa ubicada en el distrito de Santa Rosa, cantón de Santo Domingo de Heredia. Fue fundada hace más de 25 años, nació como respuesta a la creciente necesidad de contar con servicios de transporte remunerado de personas en modalidades especiales.

Actualmente, su principal actividad es el traslado de pasajeros a diversos destinos y actividades dentro del territorio nacional, incluyendo servicios turísticos, empresariales, entre otros. Para ello, la empresa dispone de una flota variada compuesta por 15 unidades entre autobuses y microbuses, en excelente estado, lo que le permite adaptarse a las necesidades específicas de sus clientes, ofreciendo un servicio caracterizado por la puntualidad, la seguridad y la seriedad.

Uno de los objetivos estratégicos de la empresa es consolidarse como una de las mejores opciones de transporte privado en el país, destacándose por su excelente puntualidad y calidad en el servicio, generando confianza en todos los sectores que atiende.

RODIAL cuenta con un equipo humano altamente capacitado, encargado de garantizar el funcionamiento eficiente de su flota mediante la ejecución oportuna de mantenimientos

preventivos y correctivos. El personal incluye mecánicos, electromecánicos, choferes y colaboradores encargados de la limpieza tanto en el plantel como en las terminales.

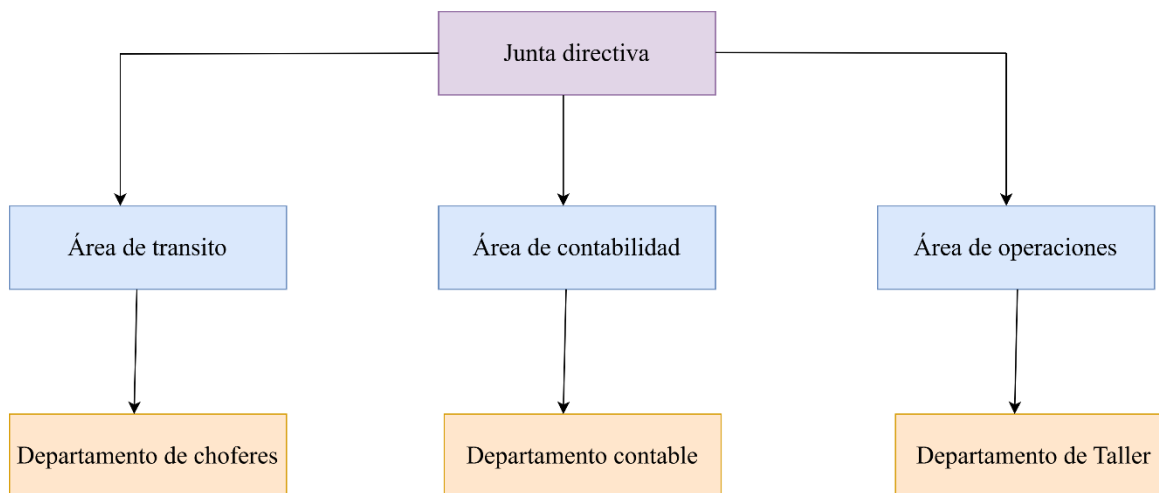
La empresa mantiene un enfoque constante en la mejora de sus procesos operativos y en la incorporación de nuevas tecnologías que permitan optimizar la gestión de la flota. Además, promueve la capacitación continua del personal, asegurando que cada colaborador esté preparado para responder con profesionalismo a las exigencias del sector.

Comprometida con la modernización y la sostenibilidad, RODIALL ha realizado inversiones importantes para integrar unidades con tecnología de última generación. Estos autobuses ofrecen mayor confort, sistemas avanzados de control y seguridad, y cumplen con las normativas vigentes en materia de emisiones, aportando a la reducción de la huella de carbono y fomentando un transporte más limpio y responsable con el medio ambiente.

De esta manera, RODIALL R.S.S.A. reafirma su compromiso con la calidad, innovación y responsabilidad ambiental, ofreciendo un servicio de excelencia en cada trayecto.

Como parte de su estructura administrativa, en la

Figura 1 se presenta el organigrama general de la empresa, donde se detallan las distintas áreas que la conforman. cabe destacar que el proyecto a desarrollar tendrá su mayor impacto en el área de Tránsito, la cual desempeña un rol fundamental en la coordinación y eficiencia del servicio prestado.

**Figura 1***Organigrama de la empresa*

Fuente: Elaboración propia (2025)

La empresa RODIALL cuenta con un total de 25 trabajadores, distribuidos estratégicamente en diferentes áreas. Aproximadamente el 60% del personal corresponde a choferes, encargados de operar las unidades y garantizar un servicio seguro y eficiente para los usuarios. El 30% pertenece al área de operaciones integrada por mecánicos, electromecánicos, lavadores, pintores y otros especialistas encargados del mantenimiento y la limpieza de la flota. Finalmente, el 10% restante se desempeña en el área administrativa, cuya labor es asegurar la adecuada gestión de la empresa y la coordinación eficiente de los servicios ofrecidos.

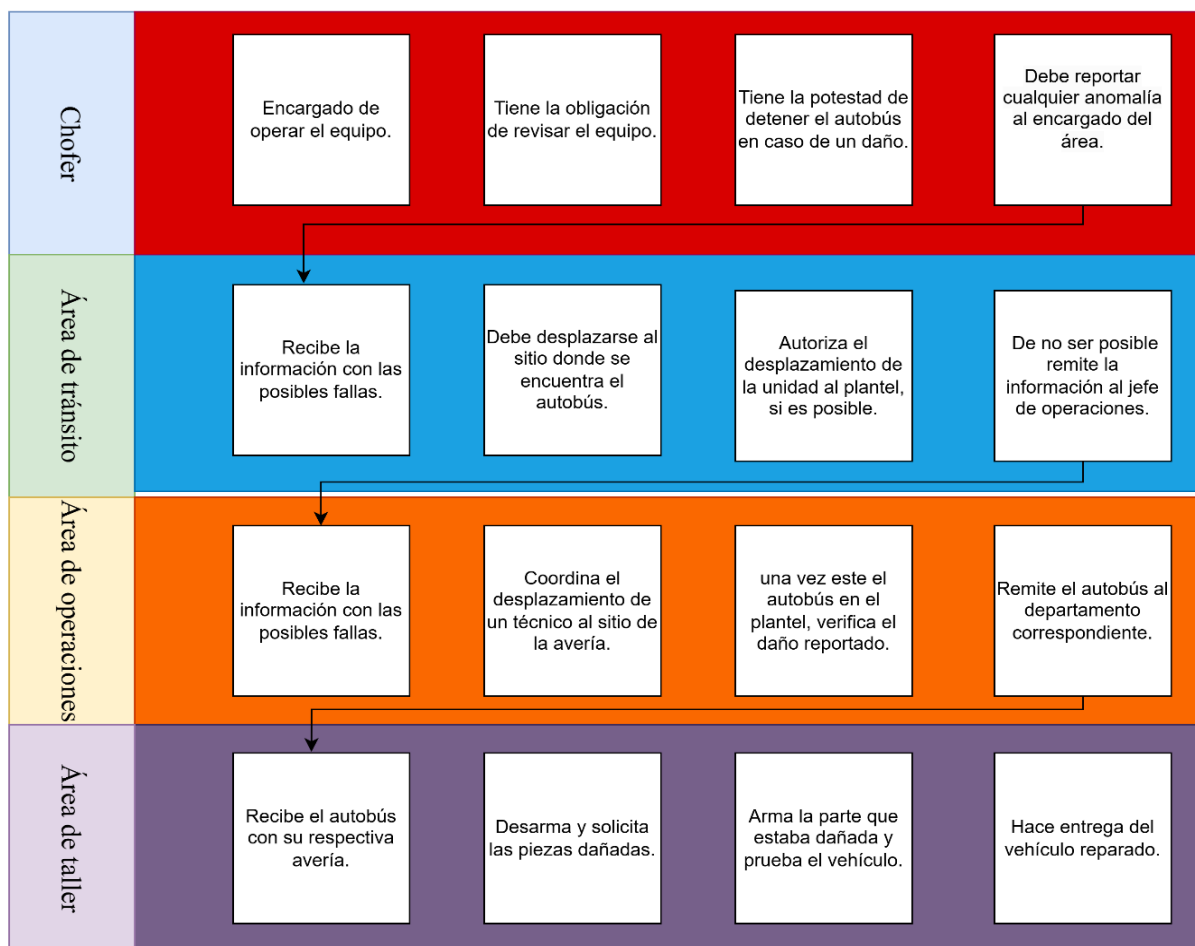
Además de su enfoque en la operación y el mantenimiento de las unidades, la empresa promueve la capacitación constante de su personal. Se imparten cursos y talleres dirigidos tanto a los conductores como a los técnicos, con el fin de mejorar sus habilidades, actualizar

sus conocimientos y reforzar una cultura organizacional centrada en la calidad del servicio, la seguridad del usuario y la responsabilidad ambiental.

En la

Figura 2 se presenta un diagrama de procesos, que muestra la forma en que se asignan los autobuses y quiénes son los responsables directos de supervisar su correcto funcionamiento. Asimismo, se destaca la importancia del rol que desempeña el operador del autobús en la prevención de daños graves en las unidades, dado que estas fallas no solo conllevan pérdidas económicas significativas, sino que también aumentan el riesgo de sufrir un accidente o exponerse a algún peligro, además de afectar negativamente la reputación de la empresa en relación con la calidad del servicio que ofrece.

Esta etapa del proceso es clave, ya que en ella se implementará el sistema propuesto en el proyecto, con el objetivo de optimizar aún más la gestión de la flota y asegurar la prestación de un servicio de alto nivel.

**Figura 2***Diagrama de procesos*

Fuente: Elaboración propia (2025)

Como puede observarse, el área que se verá beneficiada por el proyecto será principalmente el área de los conductores, destacada en color rojo. Esta área es fundamental para el correcto funcionamiento y operación de la empresa, ya que los operadores de los autobuses son los encargados de cuidar las unidades, cumplir con los itinerarios establecidos y brindar un servicio seguro, puntual y de calidad para los pasajeros.

El desempeño de los choferes es clave para garantizar la puntualidad y responsabilidad, valores esenciales que definen el servicio que ofrece RODIALL R.S.S.A. Además de su labor

operativa, los choferes colaboran activamente en el mantenimiento básico de los vehículos, ayudando a que estos se mantengan en óptimas condiciones para su uso diario.

La empresa pone un fuerte énfasis en la capacitación continua del personal de conducción. Los choferes participan regularmente en talleres y cursos enfocados en seguridad vial, la atención al cliente y el mantenimiento preventivo de las unidades, lo que contribuye a un desempeño más eficiente y profesional. Esta preparación constante permite que el personal esté mejor preparado para enfrentar los desafíos del sector y fortalece la confianza del cliente en el servicio prestado.

Como representantes directos de la empresa ante los usuarios, los choferes contribuyen a mantener la reputación de puntualidad y responsabilidad. Asimismo, cumplen estrictos protocolos de seguridad, con el fin de garantizar el bienestar de los pasajeros y el adecuado funcionamiento de los vehículos durante cada recorrido.

### **1.1.2 Justificación del proyecto**

El desarrollo de este proyecto es de gran importancia para la empresa, puesto que la implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas, ayudará a reducir los daños que sufren los autobuses principalmente en el motor debido a las omisiones de los conductores.

Para entender mejor los daños que estas acciones representan en el motor, González (2015) explica que el bloque del motor puede ir refrigerado por agua o por aire, en el caso de la refrigeración por agua, los cilindros tienen a su alrededor unos conductos con agua de refrigeración para evacuar el calor. A su vez menciona que el bloque del motor, es afectado por esfuerzos mecánicos y térmicos, las sollicitaciones mecánicas son debidas a las fuerzas que

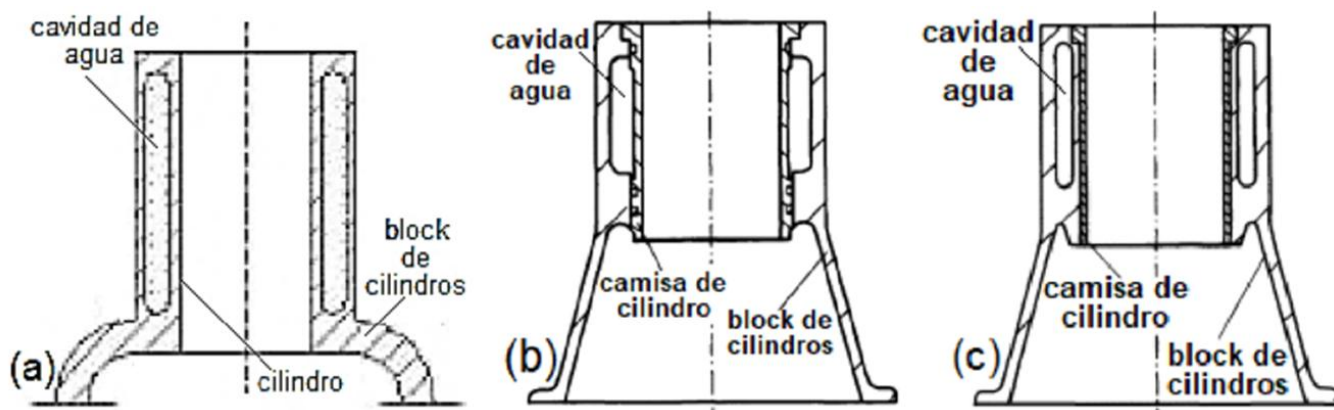
se generan por la compresión de la mezcla de combustible, por la combustión y por el movimiento de las partes móviles. Y las térmicas se debe a las altas temperaturas alcanzadas en la combustión y por la propia fricción del pistón con los cilindros (p. 63).

Otra parte que necesita mantenerse lubricada y refrigerada es el cabezote del motor (culata), de acuerdo con González (2015) la culata es el elemento que se fija al bloque es su parte superior cerrando los cilindros, esta se somete a sollicitaciones mecánicas, térmicas y químicas críticas, por lo que esta debe construirse a partir de materiales que resistan la presión de los gases, debe contar con una excelente capacidad para evacuar calor, esto debido a las altas temperaturas que alcanza con lo cual su conductividad térmica debe ser elevada (p. 66).

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 3 se muestran los diferentes tipos de bloque que se usan en la construcción de los motores, en esta se puede observar la forma en que están dispuestas las cámaras de agua encargadas del enfriamiento del mismo.

**Figura 3**

*Tipos de cilindros de motor*



Nota: Block (a) integral, (b) con camisas húmedas, (c) con camisas secas. Fuente (Álvarez & Callejón , 2005).

Los tipos de block de motor más utilizadas en el ámbito de los autobuses son las de camisas secas y camisas húmedas, debido que en caso de un daño provocado por falta de lubricación o sobrecalentamiento estas se pueden reemplazar sin la necesidad de desmontar el motor, aunque su costo continúa siendo elevado y el tiempo de reparación suele ser extenso.

Por lo tanto, los principales criterios que se plantean como justificación del presente proyecto son:

1. El daño provocado al motor durante la pérdida de lubricación o un recalentamiento, es normalmente bastante grave si no se detecta a tiempo. Al ocurrir este tipo de fallas, el autobús no queda disponible para su funcionamiento por un largo periodo, lo cual provoca que en ocasiones no se pueda cumplir con los horarios de salidas de las terminales y, en consecuencia, esto genera un problema para el usuario final.
2. Resulta de vital importancia para la empresa contar con toda la flota en óptimas condiciones de operación, con el fin de cumplir puntualmente con los viajes programados e inclusive poder solventar cualquier anomalía que se pudiera generar, tales como, una colisión, vías muy congestionadas o incluso el desperfecto mecánico de alguna unidad.
3. Los daños ocasionados en los motores requieren de una gran inversión económica para su reparación y demanda mucho tiempo de los colaboradores del área de operaciones. Esta situación, retrasa el mantenimiento preventivo de las otras unidades, o en su defecto obliga que las mismas deban ser realizadas por terceros, lo cual incrementa aún más los costos del área operativa.
4. En la mayoría de los casos en que un autobús presenta daños por sobrecalentamiento o pérdida de lubricación e incluso por falta de generación, la unidad queda inhabilitada para ser movido por sus propios medios. Por lo tanto, la única manera de trasladarlo hasta el taller de

manera segura y responsable es mediante la contratación de servicio de grúa, lo cual representa un gasto adicional para la empresa.

5. Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema de mantenimiento preventivo debidamente documentado y estructurado para la flota de autobuses que poseen. Debido a esto aumenta la posibilidad de fallas mecánicas, dado que los problemas son atendidos una vez que se presentan, lo que eleva significativamente los costos de reparación.

## **B. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa de autobuses RODIALL R.S.S.A. actualmente enfrenta problemas de daño a los motores de las unidades, en algunos casos estas averías ocurren debido a fallas en el sistema de lubricación, y el chofer por exceso de confianza o por distracciones no está pendiente de los indicadores del autobús y las averías no son detectadas y reportadas a tiempo, o bien la unidad no se apaga de inmediato para evitar daños mayores en el motor.

También existen fallas en el sistema de monitoreo de presión de aceite (sensor, cableado, indicador), las cuales no son verificadas y reportadas por el conductor, esto provoca que en caso de existir algún desperfecto en la lubricación del vehículo la falla no pueda ser detectada, debido que el sistema de monitoreo está dañado.

En la Figura 4 se tiene la imagen de los medidores de un autobús; en la misma puede observarse de acuerdo al marcador de las revoluciones que el motor se encuentra apagado, sin embargo, el marcador indica que hay presión de aceite, al igual la luz de aceite se encuentra apagada indicando que la presión de aceite es normal.

Analizando el marcador, puede identificarse fácilmente un defecto en el sistema de monitoreo de lubricación del autobús. Esto se debe a que, cuando el motor está apagado, no debería haber presión de aceite, ya que la bomba de aceite es mecánica y depende del giro del motor

para funcionar. Si el marcador indica presión de aceite con el motor detenido, es un indicio claro de una falla.

La lubricación es una de las partes esenciales en el funcionamiento y cuidado del motor de acuerdo con Soca (2022) “para disminuir la fricción y el desgaste entre el cigüeñal y los bearings de biela, debe existir entre estos dos elementos una fricción líquida. Para ello es indispensable que entre estos componentes exista una película de aceite suficientemente gruesa” (p.3).

#### **Figura 4**

##### *Medidores de Autobús*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Otro problema que se presenta es el sobrecalentamiento del motor, el cual también provoca grandes daños, este problema es aún más común que los problemas de lubricación, debido a que posee una mayor cantidad de componentes externos (mangueras, radiador, etc.). Al igual que en el caso anterior este problema a veces es ignorado por el conductor y en otras

ocasiones también falla algún componente del sistema de monitoreo de la temperatura del motor, según BARDAHL (2019);

El sistema de enfriamiento de un motor a diésel, es el encargado de transferir el calor generado por la combustión y la fricción hacia el medio ambiente y de esta manera mantener controlada la temperatura de operación del motor. El refrigerante circula por los pasajes del motor llamados camisas de refrigerante o de agua el cual absorbe el calor de las superficies calientes del motor y lo traslada al radiador, en donde se transfiere a la atmósfera.

Los sobrecalentamientos generan daños severos al motor, como “deformaciones permanentes, en algunos casos el motor puede sufrir daños irreparables, lo cual requiere una reconstrucción costosa o hasta un cambio de motor (Pigna, 2023).

En la Figura 5 puede observarse un motor el cual ha sufrido un daño en el empaque de cabezote, esto debido a recalentamiento, además se debe desarmar el motor para corroborar si sufrió algún daño mayor y pagar a una rectificadora para que verifique la correcta condición de las piezas.

**Figura 5***Motor dañado por recalentamiento*

Fuente: Elaboración propia (2025)

Evitar este tipo de daños es de gran relevancia para la empresa, porque genera costos muy elevados en reparaciones y un tiempo de inactividad del autobús muy extenso; esto reduce el ingreso de la empresa y en ocasiones puede generar retrasos en el servicio brindado.

En la Tabla 1

Desglose de precios de reparación de motor se muestra un desglose de precios, estos corresponden a los costos asociados a la reparación del motor en general de un autobús. Estos valores representan el precio de los repuestos y de la mano de obra requerida para realizar dichas reparaciones, cabe destacar que estos costos suelen ser elevados debido a la complejidad de las reparaciones y el tiempo que requieren para su ejecución.

**Tabla 1***Desglose de precios de reparación de motor*

Descripción	Precio unitario	cantidad	Precio total
-------------	-----------------	----------	--------------

Rectificaciones varias	¢ 43.447	6 piezas	¢ 260.682
Rectificación y armado de cabezotes	¢ 70.586	6 piezas	¢ 423.516
Comprobación y cepillado del Block	¢ 120.318	1 pieza	¢ 120.318
Repuestos	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Juego camisa y pistón del motor	¢ 259.160	1 juego	¢ 259.160
Juego empaques de motor	¢ 105.930	1 juego	¢ 105.930
Bearing de biela	¢ 7.085	6 piezas	¢ 42.510
Bearing de bancada	¢ 8.320	7 piezas	¢ 58.240
Bujes árbol de levas	¢ 5.332	6 piezas	¢ 31.992
Axiales	¢ 12.040	2 piezas	¢ 24.080
Mano de obra	¢ 984.000		¢ 984.000
Total			¢ 2.310.428

Fuente: (Taller de rectificación JJK Manley S.A, 2025)

Otro problema al que se encuentra expuesto el autobús está el relacionado con el sistema eléctrico, específicamente en los subsistemas de arranque y generación. Todo vehículo con motor de combustión interna requiere generar corriente eléctrica para mantener sus baterías con carga, ya que estas son indispensables para el funcionamiento de todos los sistemas eléctricos y electrónicos del autobús, así como para el proceso de arranque del motor.

Cualquier falla en el sistema de generación o en el estado de las baterías puede afectar el correcto funcionamiento del autobús.

Aunque la avería por falla en la generación es relativamente fácil de detectar por el conductor, en muchos casos el aviso se retrasa o simplemente no ocurre, ya que el indicador puede estar dañado. En la mayoría de los autobuses, esta señal de falla se reduce a una simple luz testigo en el tablero, la cual, debido al uso continuo, puede quemarse o dejar de funcionar correctamente, impidiendo que el conductor advierta la situación a tiempo.

Esta situación puede derivar en la descarga completa de las baterías y en la paralización del vehículo, lo cual generaría un peligro y puede ocasionar la interrupción del tránsito que circula por la zona, principalmente si el autobús queda detenido obstaculizando el paso para los otros vehículos. Asimismo, la empresa deberá incurrir en un gasto adicional, ya que el autobús debe ser remolcado mediante una grúa hasta el plantel para su posterior reparación.

En relación con los problemas en el sistema de las baterías, el desgaste normal de estas provoca que en algunas ocasiones el autobús no arranque. Esta condición ocurre con mayor frecuencia cuando el vehículo ha permanecido sin uso por un período prolongado, particularmente en horas de la mañana, justo cuando es más urgente poner en marcha la unidad para iniciar el traslado de usuarios hacia sus destinos.

En sistemas eléctricos de 24 V, compuestos por dos baterías de 12 V conectadas en serie, es común que una de ellas se deteriore más rápido que la otra. Esta diferencia de desgaste provoca desequilibrios que afectan la eficiencia del arranque y pueden generar fallas intermitentes de difícil diagnóstico. Para evitar este problema, se recomienda la rotación periódica de las baterías; sin embargo, esta práctica no suele realizarse de manera precisa. La falta de un sistema de monitoreo remoto del estado de carga y voltaje de cada batería impide anticipar fallos, lo que incrementa el riesgo de dejar unidades fuera de servicio justo en los momentos de mayor demanda. La implementación de un sistema que permita supervisar estas condiciones a distancia en tiempo real no solo mejoraría la operatividad, sino que permitiría aplicar un mantenimiento preventivo más eficiente.

Finalmente, en ocasiones los choferes se desvían de las rutas establecidas, lo que genera retrasos en los recorridos, afecta la puntualidad del servicio y perjudica la imagen de la empresa ante los usuarios. Además, estas desviaciones no autorizadas exponen tanto al conductor como a la unidad a riesgos innecesarios, como transitar por zonas peligrosas o inadecuadas para autobuses de gran tamaño.

La ausencia de un sistema de monitoreo de posición en tiempo real impide a la empresa detectar estos comportamientos a tiempo o tomar decisiones correctivas. Por esta razón, la instalación de un sistema global de navegación por satélite (GNSS) resulta fundamental para supervisar el cumplimiento de las rutas, optimizar la logística operativa, incrementar la seguridad y reducir posibles desviaciones o uso indebido de las unidades.

Para entender mejor el problema que se plantea, la Figura 6 presenta las posibles causas y sus efectos asociados. Para este fin se recurrirá al uso del diagrama causa-efecto también conocido como diagrama de Ishikawa. Esta herramienta permite visualizar de una manera más simple

los factores que contribuyen a generar el inconveniente final. Mediante esta representación, se facilita el análisis de las raíces del problema y se orienta la toma de decisiones.

**Figura 6**

*Diagrama de Ishikawa*



Fuente: Elaboración propia (2025)

A través del análisis del diagrama anterior en el cual se utilizó el método de las 6M's que, de acuerdo con Dumas, La Rosa, Mendling, & Reijers (2017) "consiste en una clasificación conocida para el análisis de causa y efecto" (p.237).

Para determinar la causa del problema y relacionarla con alguna de las M's y tener un mejor entendimiento sobre el proyecto que se llevara a cabo se procede a explicar cada una de estas:

- Medidas: esta M se basa en la medición o cálculos hechos en el proceso, para este caso incluye los instrumentos de control, indicadores, sensores o sistemas que se encargan de detectar las diferentes condiciones del vehículo. Por ejemplo, indicadores en mal estado, sensores que realizan mediciones incorrectas etc.

- b. Mano de obra: en esta categoría se valora a las personas que se encuentran involucradas en el proceso, para este caso choferes y mecánicos, evaluando si hay errores humanos, falta de capacitación, negligencia o mal uso de los sistemas.  
Principalmente choferes que no reportan a tiempo los fallos o que se desvían de su ruta sin justificación ni autorización.
- c. Materiales: en este apartado se tienen todos aquellos insumos o componentes que se usan en el proceso, tales como, líquidos refrigerantes, aceites, baterías, sensores y más. Esto afecta debido a que un aceite de mala calidad, en un corto periodo de tiempo puede perder sus propiedades y afectar la presión, lo mismo que las baterías si son de calidad inferior dejan de almacenar la carga de manera adecuada y presentaran problemas en el arranque.
- d. Medio ambiente: esta M se refiere al entorno donde opera la maquinaria, la cual se encuentra expuesta a diferentes temperaturas, humedad, polvo, caminos en mal estado, entre otros. A modo de ejemplo, temperaturas bajas en la mañana dificulta el arranque debido a desgaste en las baterías, al igual un clima demasiado caluroso puede afectar la refrigeración del vehículo si el sistema no se encuentra en óptimas condiciones.
- e. Método: esta M nos describe la forma en la cual el proceso es definido o entendido. En este proyecto serían los protocolos, instrucciones de trabajo, rutas asignadas y planes de mantenimiento. Los principales fallos en este caso es que las baterías no se rotan periódicamente, y no existe un protocolo para la revisión de los indicadores ni se siguen a cabalidad las rutas establecidas.
- f. Máquina: esta M se relaciona a la tecnología o máquinas utilizadas. En este caso el autobús, su motor y demás componentes. Algunos problemas relacionados a este

apartado son, luz testigo quemada, alternador dañado, sensor de presión de aceite o de temperatura del motor defectuoso.

Por lo tanto, luego de este análisis de las 6 M's en donde se logró explicar cada una en detalle se plantea la siguiente pregunta para el desarrollo del proyecto.

¿Cómo se puede implementar un sistema electrónico de monitoreo que ayude a disminuir o eliminar los daños en las unidades de transporte ocasionados por errores u omisiones en el área operativa de los conductores?

De esta manera, se busca que con la implementación de este sistema se logre una reducción significativa de los daños graves que afectan a los autobuses en esta área, e idealmente, que dichos problemas puedan ser eliminados por completo.

## **C. OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para llevar a cabo este proyecto de manera efectiva y establecer metas claras y alcanzables, se plantearán los siguientes objetivos. Estos guiarán el desarrollo del proyecto y a la vez permiten evaluar su efectividad durante la implementación.

### **1.3.1 Objetivo general**

Implementar un sistema de monitoreo integral para unidades de transporte público que permita la supervisión en tiempo real de variables críticas, con el propósito de prevenir fallas operativas, mejorar la gestión del mantenimiento y fortalecer la eficiencia y seguridad en la operación de la flota.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Comprender el funcionamiento de los sistemas de temperatura del motor, presión de aceite, medidor de revoluciones y generación eléctrica, para su correcta medición y monitoreo.
2. Diseñar un sistema de lectura de datos, el cual permita monitorear en tiempo real la temperatura del motor, la presión de aceite, las revoluciones y el estado del sistema de carga eléctrica en los autobuses.
3. Integrar un módulo de geolocalización (GNSS) que proporcione información precisa sobre la ubicación y desplazamiento de la unidad de transporte.
4. Implementar un protocolo de comunicación eficiente entre los sensores instalados en los autobuses y el sistema central de monitoreo.
5. Desarrollar una interfaz de usuario que permita visualizar los parámetros monitoreados de forma clara, ordenada y accesible para el personal técnico y administrativo.

6. Establecer parámetros críticos de operación que sirvan como referencia para la generación de alarmas preventivas y correctivas.
7. Configurar un sistema de alertas automáticas para enviar notificaciones en caso de fallas o condiciones anómalas en el funcionamiento del autobús, tanto en la unidad como de manera remota.
8. Crear una base de datos para almacenar la información adquirida durante el proceso de monitoreo.
9. Evaluar el desempeño del sistema en campo, realizando pruebas piloto que permitan medir su efectividad, confiabilidad y facilidad de uso en condiciones reales de operación.

## **D. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Para tener una idea clara sobre el proyecto, se mencionan a continuación los alcances del sistema propuesto, así como las limitaciones que podrían presentarse durante su desarrollo e implementación. Esta planeación permite delimitar claramente lo que el proyecto puede ofrecer y las condiciones en las cuales se desarrollará, destacando tanto sus fortalezas como los posibles desafíos que se deberán gestionar durante la implementación.

### **1.4.1 Alcances**

A continuación, se enumeran y detallan los alcances de la investigación. En este apartado se explicará detalladamente el conjunto de acciones, áreas de aplicación y beneficios esperados que se pretenden cubrir con la implementación del sistema propuesto.

#### **a) Monitoreo de variables críticas.**

El sistema tendrá la capacidad de medir y registrar en tiempo real la presión de aceite, temperatura del motor, medición de la generación para la carga de la batería y la geolocalización del autobús, brindando datos precisos y oportunos.

#### **b) Sistema de alertas automáticas.**

Se implementará un sistema de notificaciones automáticas que alertará a los operadores y al encargado de la supervisión en caso de fallas o condiciones fuera de los rangos establecidos para cada parámetro.

#### **c) Interfaz de monitoreo centralizada**

Se desarrollará una plataforma accesible desde dispositivos de escritorio o móviles que permita visualizar todos los datos recogidos y generar reportes detallados sobre el estado de la flota.

**d) Pruebas en condiciones reales.**

El sistema será probado en condiciones reales de operación en un número limitado de autobuses para evaluar su efectividad, confiabilidad y facilidad de uso.

**e) Optimización de la operación.**

Se mejorará la gestión de la flota mediante el seguimiento en tiempo real de la ubicación de los vehículos y la programación de mantenimientos basados en el comportamiento real de cada unidad.

**f) Creación de base de datos.**

Se creará una base de datos, en la cual se almacenarán los mismos durante un tiempo determinado. Mediante el acceso de estos se podrá verificar el comportamiento de la unidad en todo momento, así como las rutas seguidas por el conductor.

**1.4.2 Limitaciones.**

A continuación, se describen las limitaciones que presenta la investigación. Este apartado tiene como propósito identificar y reconocer los factores que podrían restringir el desarrollo total del proyecto o afectar el alcance de sus resultados. Reconocer estos aspectos permite establecer expectativas realistas, anticipar posibles dificultades y proponer estrategias que mitiguen su impacto durante la implementación y operación del sistema de monitoreo.

**a) Recursos disponibles.**

La implementación del sistema depende de la disponibilidad de recursos técnicos, la dificultad que existe en el país para conseguir algunos componentes, así como los posibles retrasos al momento de necesitar importarlos, empobrecería el alcance de la culminación del proyecto.

**b) Infraestructura de comunicación.**

La calidad y disponibilidad de la infraestructura de telecomunicaciones en algunas zonas del país, (especialmente en zonas rurales o en rutas donde predominan zonas boscosas) puede afectar la comunicación en tiempo real de los datos, generando incertidumbre en la supervisión.

**c) Comportamiento del personal.**

La efectividad del sistema dependerá también de la capacitación del personal encargado de leer los datos, interpretarlos y de responder ante las alertas, por lo que una deficiente formación o resistencia al cambio podría limitar los beneficios del proyecto.

**d) Actualización y mantenimiento del sistema.**

La sostenibilidad a largo plazo del sistema dependerá de la capacidad para actualizar el software y reemplazar componentes obsoletos, lo que puede representar un reto constante para el correcto funcionamiento del proyecto.

**e) Integración con sistemas existentes.**

La incorporación del nuevo sistema a los que posee la empresa actualmente, podría enfrentar desafíos de interoperabilidad y sincronización. Esto supondría un nuevo reto para lograr que los sistemas se puedan interconectar.

**f) Robustez y resiliencia del sistema.**

Algunos factores externos (como interferencias electromagnéticas, condiciones ambientales extremas o fallas en los sensores) pueden afectar la precisión y confiabilidad de la información, lo cual podría requerir la implementación de mecanismos de redundancia.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

Este capítulo está conformado por tres apartados esenciales, a través de los cuales se detallan los antecedentes, fundamentos técnicos y el sustento conceptual que dan soporte al desarrollo del sistema automatizado de monitoreo para autobuses. Su propósito es ofrecer un enfoque integral que entrelace el problema identificado con las posibles soluciones tecnológicas disponibles, brindando así una base sólida para la implementación del proyecto.

En primer lugar, se desarrolla el contexto histórico, donde se analiza la evolución de los métodos de monitoreo en vehículos de transporte colectivo. Se examina cómo, durante décadas, la supervisión del estado de los diferentes parámetros del motor de los autobuses ha dependido casi exclusivamente de la percepción del conductor y de indicadores analógicos, los cuales con el tiempo se han vuelto obsoletos o poco fiables. Esta revisión permite entender por qué las flotas actuales requieren una modernización urgente en sus sistemas de mantenimiento y control.

A continuación, el contexto teórico aborda las principales tecnologías emergentes aplicadas al monitoreo vehicular, como sensores inteligentes, microcontroladores, módulos de comunicación, telemetría y sistemas de geolocalización (GNSS). Se incluyen referencias a los avances más relevantes en mantenimiento predictivo, Internet de las Cosas (IoT) y plataformas de supervisión remota, elementos que permiten el diseño de sistemas más eficientes, autónomos y capaces de generar alertas tempranas ante posibles fallas.

Finalmente, en la contextualización de las teorías, se analizan los enfoques y modelos conceptuales que respaldan la implementación de tecnologías de monitoreo en entornos reales. Se exploran teorías de control, gestión de mantenimiento, eficiencia operativa y sistemas digitalizados, destacando los beneficios que aporta la digitalización en términos de reducción

de costos, mejora en la toma de decisiones, incremento de la seguridad y optimización de procesos en el transporte público.

## **2.1 Contexto histórico**

A lo largo del tiempo, el reporte para el mantenimiento y monitoreo de los autobuses ha estado ligado principalmente a la experiencia del conductor y a la lectura de indicadores analógicos instalados en el tablero del vehículo. Los cuales con el pasar del tiempo se dañan o su lectura se vuelve un poco complicada, un ejemplo de esto se muestra en la Figura 7, donde se tiene el panel de instrumentos de un autobús marca Daewoo del año 2011, en este ya resulta complicado realizar la lectura de los diferentes valores del motor.

Cabe destacar que durante muchas décadas este método era el único modo disponible de monitorear valores tan indispensables para el cuidado básico del motor, debido a que en el pasado la tecnología disponible limitaba la posibilidad de implementar soluciones automatizadas de diagnóstico, por lo que el conductor era la pieza clave para identificar posibles fallos en las diferentes mediciones.

**Figura 7**

*Panel de instrumentos autobús Daewoo 2011*



Fuente: Elaboración propia

Con el avance de la tecnología en sensores, microcontroladores y sistemas embebidos, ha surgido una nueva generación de soluciones accesibles y eficientes para el monitoreo en tiempo real de parámetros críticos. Esta evolución abre la puerta a una transición desde el mantenimiento correctivo hacia un enfoque preventivo y predictivo, marcando un cambio significativo en la manera en que se gestionan los sistemas de transporte público.

Para entender mejor este cambio se procede a realizar una revisión de los momentos vitales en los cuales esta ha tenido un mayor desarrollo.

### **2.1.1 Telemetría**

La telemetría es una tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia el operador del sistema (Diaz, 2014). En cuanto a la telemetría Maloy (2024) sostiene que:

Esta tuvo sus inicios con el desarrollo de la comunicación por radio a finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Figuras clave en la invención de la comunicación por

radio, como Guglielmo Marconi y Nikola Tesla, sentaron las bases de la telemetría al demostrar la capacidad de enviar señales de forma inalámbrica a largas distancias.

Posteriormente se utilizó en la supervisión de plantas eléctricas, después de un tiempo la telemetría evolucionó siendo aplicada en el centro de vigilancia de las líneas telefónicas, para el año de 1930 se comenzó a utilizar en el área de la aeronáutica para obtener datos de las condiciones atmosféricas (Sitrack, 2022).

Sin embargo, no fue hasta la década de los 60 y principalmente en los años 70 en los cuales se crearon los primeros protocolos de comunicación que marcarían la base de lo que es hoy internet, esto ocurrió dentro del seno de la red ARPANET, en el departamento de defensa de EEUU. Siendo estos protocolos durante muchos años de uso exclusivo en el ámbito militar y académico (Cruz et al, 2015).

Ante la falta de comunicaciones rápidas y de bajo costo para medias y largas distancias comenzó la creación de redes heterogéneas, siendo estas completamente incompatibles entre sí. Fue hasta mediados de los años 90 que el internet comercial y universal comenzó su expansión definitiva, ante la popularización de internet, surgió la idea de conectar objetos entre sí, ya para el año de 1990 un ingeniero de la Xerox, creó el primer objeto conectado a internet, una tostadora que se podía apagar y encender de manera remota (Cruz et al, 2015).

Esta tecnología tuvo sus inicios en el ámbito de los motores, principalmente en la Formula 1, alrededor del año 1980. Sin embargo, no tuvo éxito debido a la alta complejidad, fue en los años 90 cuando las escuderías Williams y McLaren consiguieron afinar el sistema y llevarlo a las pistas de carrera. La misma supuso un gran avance tecnológico y quienes no la usaron se quedaron atrás (Diaz, 2014).

En la actualidad, la telemetría se utiliza en la industria del transporte para recopilar información significativa sobre el desempeño de un vehículo o del conductor, mediante la recopilación de datos a través de sensores instalados en el mismo (Academia, 2025).

También es utilizada en la industria petrolera, para transmitir la mecánica de perforación y la información dentro del pozo. En la ferroviaria para revisar el estado de las vías o problemas en la red eléctrica. En la agricultura para la supervisión de datos meteorológicos y del suelo, como también en la supervisión de la calidad del agua y muchos usos más (Academia, 2025).

En el área de defensa, espacio y exploración de recursos, la telemetría se emplea en sistemas complejos, como misiles, naves espaciales, plataformas petroleras y plantas químicas, ya que permite el monitoreo automático, las alertas y el mantenimiento de registros necesarios para una operación eficiente y segura (Academia, 2025).

### **2.1.2 Sistema Global de Navegación por satélite**

El uso de satélites para la navegación tuvo sus orígenes durante la guerra fría, en ese entonces las potencias mundiales buscaban mejorar sus capacidades militares, uno de los primeros satélites puestos en órbita fue el Sputnik lanzado por la unión soviética en el año de 1957. Este descubrimiento sentó las bases para la creación de sistemas de navegación por satélite. En la década de 1960, la Marina de Estados Unidos puso en funcionamiento el sistema Transit, que fue el primer sistema de navegación por satélite empleado para los submarinos nucleares. A partir de este avance, surgieron los sistemas GNSS modernos, como el GPS, que en la actualidad permite la localización exacta en cualquier parte del mundo (mettatec, 2025).

En el año de 1967 se permitió la utilización civil de los sistemas de navegación por satélites, y desde entonces su desarrollo fue acelerado, para el año de 1996 ya habían instalados alrededor

de 250.000 receptores, la mayor parte de estos pertenecían a la población civil y fue el último año en que se garantizó su explotación. En el año de 1973 nació el programa NAVSTAR-GPS, esta implementación concluyó en el año 1995, este sistema ofrecía precisiones del orden de decenas de metros con cobertura continua en toda la superficie terrestre (Pérez, 2000).

En la actualidad, el sistema GNSS está compuesto por una gran cantidad de satélites, los cuales han sido implementados por distintas naciones. Entre los más destacados se encuentran los siguientes sistemas:

La constelación GPS, esta es propiedad de los Estados Unidos de Norteamérica y brinda a los usuarios posicionamiento, navegación y servicios de tiempo (PNT). Este consiste en 24 satélites operativos que transmiten señales unidireccionales (Gobierno de Estados Unidos, 2025).

El sistema GLONASS, gestionado por la Federación de Rusia, consta de 27 satélites, con 24 operativos y otros en reserva o a punto de incorporarse. Su objetivo principal es fortalecer el sistema y contribuir a la navegación global, destacando la cooperación internacional como política clave. Las extensiones funcionales mejoran la precisión y confiabilidad de los datos de posicionamiento, comunicándose a los usuarios mediante canales especiales. Estas extensiones contienen información correctiva y de integridad, fundamentales para la seguridad y la calidad de los resultados. Rusia y otros países están modernizando continuamente estos sistemas y creando nuevas extensiones funcionales ( Corporación Estatal de Actividades Espaciales, 2025).

Galileo es el sistema europeo de navegación por satélite, diseñado para ofrecer información de posicionamiento y sincronización más precisa y confiable que los sistemas existentes. Además de permitir una mayor precisión en la localización de vehículos y dispositivos móviles,

Galileo también mejora la seguridad de las carreteras y ferrocarriles europeos, fomenta la innovación y crea empleos al fortalecer la posición de Europa en el mercado global de GNSS. Este sistema es totalmente civil y busca garantizar la independencia europea, pero es compatible e interoperable con GPS y GLONASS, mejorando la cobertura y la precisión en todo el mundo. La importancia de los sistemas GNSS es tal que su ausencia podría paralizar numerosos sectores críticos. Con la incorporación de Galileo, se reduce este riesgo y se asegura un mejor rendimiento para los usuarios en todo el mundo (European GNSS Service Centre, 2025).

El sistema de navegación Beidou es el sistema chino de navegación por satélite, creado para satisfacer necesidades de seguridad nacional y desarrollo socioeconómico. Brinda servicios precisos y confiables a nivel global, con importantes beneficios en sectores como transporte, agricultura, comunicaciones y seguridad pública. Se ha integrado en la vida cotidiana y la economía china, transformando la forma en que las personas producen y viven. China promueve el desarrollo continuo de Beidou y su cooperación internacional, buscando compartir sus logros y mejorar los servicios de navegación por satélite para todo el mundo (Gobierno de la Republica China, 2025).

En resumen, tanto la telemetría como los sistemas GNSS son pilares fundamentales para el desarrollo tecnológico actual. La telemetría permite recopilar datos en tiempo real, mejorando la eficiencia y seguridad de procesos en diversos sectores. Por otro lado, los sistemas GNSS proporcionan información de posicionamiento y sincronización esencial para la vida moderna. La integración de estas tecnologías impulsa la innovación, fomenta la investigación y permite el surgimiento de soluciones inteligentes que contribuyen al progreso de la sociedad y al bienestar de las empresas.

## 2.2 Contexto teórico

El uso de la telemetría y la geolocalización, para la reducción de daños a los autobuses mencionado en el apartado anterior, requiere dar a conocer algunos temas de relevancia, los cuales permitan apreciar la implementación de nuevas características tales como:

- Geolocalización
- Sensores analógicos y digitales
- Protocolos de comunicación y tecnologías de transmisión de datos
- Plataformas de monitoreo y notificaciones
- Base de datos
- Placas de desarrollo

Para analizar cada uno de estos elementos, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente, abordando estudios, informes y avances tecnológicos relacionados. En los apartados siguientes se profundiza en cada aspecto, proporcionando un panorama detallado que combina información teórica con aplicaciones prácticas y perspectivas actuales sobre el uso de la telemetría y la geolocalización. Esta investigación busca destacar sus implicaciones y beneficios, permitiendo una comprensión integral del tema.

### 2.2.1 Geolocalización

En la actualidad la localización mediante el uso de satélites es utilizada en una gran cantidad de actividades, “La geolocalización es la ubicación de una persona u objeto en el espacio, generalmente representada a través de mapas” (Beltrán , 2016).

Referente a este tema Adolfo Almonte y Fausto Gautreaux, implementaron un sistema para el seguimiento y control de una flotilla encargada del transporte de mercadería. Para lograrlo emplearon el GPS FMB 920 de la empresa Teltonika. Además, integraron la plataforma GPS Wox, la cual brinda varias alarmas útiles, como exceso de velocidad, encendido fuera del horario establecido, salida y entrada a geocercas establecidas y visualización de diferentes parámetros en tiempo real.

Mediante esta aplicación la empresa logro recuperar la inversión en solo cuatro meses y un significativo ahorro de combustible de aproximadamente el 8% (Almonte & Gautreaux, 2022).

En este mismo ámbito Luis Uvidia y Néstor Estrada, diseñaron un sistema mediante el uso de GPS y Arduino, con la finalidad que los conductores de los autobuses solo puedan abrir las puertas en las paradas predeterminadas.

Para realizar este proyecto hicieron uso del GPS NEO 6m y la placa Arduino mega 2560, con este prototipo obtuvieron excelentes resultados, con el único impedimento que la placa Arduino no presenta mucha capacidad de almacenamiento lo cual restringe enormemente las funciones que se pueden realizar con el mismo (Uvidia & Estrada, 2015).

### 2.2.2 Sensores analógicos y digitales

En la actualidad los sensores están presentes en prácticamente cualquier dispositivo que utilicemos indiferentemente cual sea su aplicación. Existen definiciones en las cuales se afirma que, “sin la capacidad que estos ofrecen de medir las magnitudes físicas para su conocimiento o control, muchos de los dispositivos electrónicos no serían más que simples curiosidades de laboratorio” (Pallás, 2003).

Con la utilización de diferentes sensores María Luna, Silvia Becerra, Norma Serrano y René Lobo, crearon un sistema para el monitoreo remoto de un biobanco. En este proyecto hicieron uso de los siguientes sensores:

- DHT 22 para la medición de la temperatura y la humedad.
- Para inundación utilizaron un sensor genérico por goteo o módulo de goteo, este sensor se encarga de medir si existe fugas o filtraciones de agua.
- Para monitorear la tensión eléctrica de entrada utilizaron un transformador, y mediante la técnica de reducción de potencia y transformación de la señal lograron medir y monitorear la tensión de manera efectiva.
- Para la medición de la temperatura de los ultra congeladores, emplearon una termocupla tipo K con cable desnudo.
- Para medir el cierre total de la puerta hicieron uso de un sensor de presión al contacto o sensor de fuerza, el cual consiste en un elemento analógico denominado resistencia sensible a la fuerza.
- Para poder saber si los ultra congeladores activan una alarma incorporada, la cual funciona en caso de incrementos de temperatura interna o por apertura prolongada de

la puerta, usaron un sensor de sonido analógico DFR 0034 para el reconocimiento de estas alarmas.

Todos estos sensores los conectaron a un Arduino y con la ayuda de este crearon una red inalámbrica, estos dispositivos se encargaron de enviar las señales a un servidor central. Este nodo a su vez posee una interfaz web para así, lograr acceder a esta información desde cualquier punto (Luna, Becerra, Serrano, & Lobo, 2020).

En otro proyecto semejante se desarrolló un paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos, de acuerdo con sus autores, esta es una práctica que va en aumento debido que brinda la ventaja de establecer una valla de separación entre los cultivos y el ambiente externo.

Para el proyecto fabricaron una veleta, y la integraron con 8 sensores de efecto Hall del tipo analógico los cuales conectaron a un Arduino, y mediante la lectura de los mismos lograron conocer la dirección del viento.

Para conocer la cantidad de luz dentro del invernadero, utilizaron una fotorresistencia, la cual es de tipo analógico, para realizar la medición de la humedad y la temperatura eligieron el sensor HMZ-433 A, este sensor lo montaron en una placa con sus respectivas resistencias y demás componentes electrónicos, para así obtener el dato requerido de manera directa.

De esta manera con la ayuda de un Arduino y el lenguaje de programación Java, lograron crear una solución de bajo costo, el cual les permitió crear procesos de automatización dentro de los invernaderos y a la vez ayudar con la toma de decisiones en beneficio de la cantidad y calidad de la producción (Lugo, Villavicencio, & Díaz, 2014).

### **2.2.3 Protocolos de comunicación y tecnologías de transmisión de datos**

Para garantizar la transmisión de la información recolectada por los sensores de una manera confiable y en tiempo real, es indispensable el uso de protocolos de comunicación eficientes. Estos protocolos permiten la comunicación entre dispositivos y aseguran la transferencia adecuada de datos.

Un protocolo de red de comunicación de datos es un conjunto de reglas que gobierna el intercambio ordenado de datos dentro de la red (Tomasi, 2003).

Con base en los distintos protocolos Defas & Guzmán (2017), diseñaron e implementaron un sistema de monitoreo de actuadores eléctricos, con el fin de supervisar todas las variables de control provenientes de una red de actuadores eléctricos diseñados con interfaces de comunicación Modbus Remote Terminal Unit (RTU).

Para esta implementación utilizaron el controlador SIMATIC S7-1200 de la marca Siemens, e incluyeron las tarjetas de comunicación CM 1241 para interfaz Modbus. Con esto lograron el intercambio de datos de forma serial mediante el estándar RS-485. Además, integraron el protocolo Modbus TCP/IP para realizar la comunicación entre PLC y el equipo de visualización.

En conclusión, con esta integración demostraron la interoperabilidad que presenta el protocolo Modbus, ya que lograron integrar dispositivos de diferentes fabricantes sobre una misma red de datos, y al mismo tiempo se garantizó la transmisión y recepción entre el sistema de control y los diferentes actuadores a pesar de tener pérdida en la comunicación por causas como ruptura de conexión entre dispositivos esclavos o desconexión de energía eléctrica de un esclavo (Defas & Guzmán, 2017).

Otro trabajo que se analiza es el realizado por Diego Mogrovejo, en este se diseña un monitoreo de variables industriales basadas en protocolo de comunicación Low Range Wide Área Network (Lora WAN). Este sistema se instaló para la monitorización de los niveles de unos tanques de agua y el posterior envió de los datos a las oficinas centrales, manteniendo el control constante de los niveles.

De acuerdo con Mogrovejo (2019), el uso de esta tecnología ayuda a crear sistemas seguros, inmunes a interferencias y que además no generan costos mensuales, de esta manera con el desarrollo del transmisor planteado busca brindar una alternativa confiable, sustentable y de bajo costo para la transmisión de datos, no necesita conexión a internet y es capaz de realizar transmisión en tiempo real.

Para realizar la implementación de este sistema utilizó el módulo de radio LoRa RN2903 tanto para recepción como para transmisión de datos, debido que este brinda las siguientes características:

- Banda libre de 915 MHz.
- Integra el protocolo Lora WAN.
- Soporta temperaturas de uso entre -40 a 85 grados Celsius.
- Posee un bajo consumo de corriente y voltaje.
- Soporta transmisión a varios Kilómetros de distancia.

Finalmente, con esta implementación, el autor logró obtener resultados favorables en la transmisión de datos a larga distancia. Ya que realizó pruebas superando los 5 kilómetros y a pesar de la presencia de obstáculos, los resultados fueron satisfactorios (Mogrovejo, 2019).

#### **2.2.4 Plataformas de monitoreo y notificaciones**

Las plataformas de monitoreo y notificaciones han surgido como una solución, ante una gran cantidad de necesidades en el área de la comunicación. Y se han convertido en una herramienta clave en la supervisión de sistemas críticos, facilitando la comunicación inmediata y eficiente ante eventos relevantes. Estas soluciones permiten el envío de alertas automáticas a través de diferentes canales, por ejemplo, mensajes de texto, correos electrónicos o aplicaciones de mensajería.

Referente a estas tecnologías Jeannette Laverde y Carlos Laverde desarrollaron un sistema aplicado a la agricultura, el cual se encarga de monitorear un sistema de riego mediante el uso de sensores. Posteriormente estos datos se envían a la plataforma de ThingSpeak desde donde se pueden observar los datos de manera gráfica.

Otra ventaja de este sistema, es el envío de datos mediante la plataforma Telegram, desde esta plataforma se le notifica al usuario sobre la cantidad de agua presente en el suelo, si el nivel de agua es menor que la cantidad necesaria en la planta y si las condiciones de temperatura son óptimas.

Con esta implementación lograron obtener excelentes resultados, logrando reducir la mano de obra y realizar el riego de los cultivos únicamente cuando es necesario, reduciendo el consumo de agua (Laverde & Laverde, 2021).

Otro proyecto en el cual se aplica esta tecnología es el realizado por María Albuquerque, en este caso creó un sistema para automatizar el sistema primario de tratamiento de agua, aplicando telemetría mediante la implementación de red. Con el objetivo de recibir datos de los parámetros críticos del proceso que requieren supervisión constante (Albuquerque, 2023).

Para este proyecto usó la plataforma Grafana, la cual permite visualizar en un tablero las mediciones y configurar alarmas en caso de desviaciones, luego mediante alertas al personal en la plataforma de WhatsApp pretende mejorar los tiempos de respuesta en caso de existir valores erróneos. Logró un Bot funcional que proporciona un listado de comandos, donde permite tener un seguimiento más preciso del estatus del proceso, además de obtener alertas cuando un parámetro esta por salir del rango (Albuquerque, 2023).

En Grafana elaboró un tablero usando la herramienta web donde monitorean variables críticas, mediante grafico con rango de colores, velocímetro, alertas y visualización de toma de datos en números reales para una mejor visualización (Albuquerque, 2023).

### **2.2.5 Base de datos**

Las bases de datos, son partes esenciales en los diferentes sistemas de monitoreo, y en general en cualquier proyecto, ya que permiten almacenar, organizar y gestionar grandes cantidades de información generada por sensores. El uso de estas asegura la integridad de los datos recolectados, facilita el análisis y permite la generación de reportes confiables. Marqués (2011) afirma que:

Una base de datos es un conjunto de datos almacenados en memoria externa que están organizados mediante una estructura de datos. Cada base de datos ha sido diseñada para satisfacer los requisitos de información de una empresa u otro tipo de organización, como, una universidad o un hospital (pág. 2).

En este contexto Gil, Xicotécatl, Muñoz, & González, desarrollaron un modelo de datos para el almacenamiento de información climatológica, mediante el modelo relacional. Además, implementaron una tabla transaccional y una tabla histórica, en la cual se almacenarán toda la

serie de tiempo de los datos climatológicos. Esto surge ante la necesidad de contar con una herramienta que permita el monitoreo del comportamiento meteorológico, y que este pueda ser difundido en una plataforma web que sea accesible al público.

Teniendo en cuenta el alto volumen de información que deben almacenar, y que no exista afectación a la hora de que estos datos sean consultados por varios usuarios. Finalmente decidieron usar MariaDB, el cual es un servidor de datos de código abierto, y además brinda la ventaja de poseer una mayor gama de opciones de configuración, administración y rendimiento (Gil, Xicotécatl, Muñoz, & González, 2018).

En otro trabajo similar Rodríguez, Rodríguez, & Díaz, elaboraron una base de datos para el almacenamiento de históricos en sistemas de supervisión. Las bases de datos históricas juegan un papel clave en los sistemas de control industrial, quienes almacenan, procesan y proveen la información necesaria para las tareas de supervisión, registro de eventos, gestión y mantenimiento en el sector industrial (Rodríguez, Rodríguez, & Díaz, 2016).

En este caso analizaron las bases de datos Hbase, Big Table y Cassandra, manteniéndose finalmente solo con Hbase y Cassandra, Big Table fue descartado debido a que posee licencia para su uso. En la comparativa argumentan que ambas son excelentes tecnologías para gestionar grandes cantidades de datos y el desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control, Ambos presentan magníficas prestaciones e implementan funcionalidades claves para su actividad como los altos niveles de consistencia y disponibilidad respectivamente. De igual modo destacan sus capacidades para la replicación, tolerancia a fallas y sus niveles de escalabilidad horizontal (Rodríguez, Rodríguez, & Díaz, 2016).

### 2.2.6 Placas de desarrollo

Las placas de desarrollo son circuitos impresos con un microcontrolador o un microprocesador integrado, se han vuelto herramientas fundamentales en la creación de sistemas electrónicos y de monitoreo, ya que se pueden crear proyectos de forma ágil y flexible. Gracias a su versatilidad y bajo costo, las placas de desarrollo se utilizan en diferentes aplicaciones.

Referente a este tema, Turrión desarrollo un sistema de telemetría para detectar incendios, esto lo logro mediante el uso de varios sensores conectados a un Arduino UNO, el cual se encargaría de enviar los datos procesados mediante la tecnología inalámbrica de comunicación Bluetooth. La encargada de recoger esos datos sería una tarjeta Raspberry PI 3, la cual también los almacenara y se creara un servidor web para mostrar los datos al usuario de una forma más gráfica y amigable (Turrión, 2022).

Finalmente, logro detectar de manera exitosa datos del sensor de llama, un sensor de sonido, sensor de humedad y de temperatura (Turrión, 2022).

Otro trabajo que se examinó fue el realizado por Lorenzo, quien diseñó un caracterizador de medios isotermos utilizando la placa de desarrollo ESP32. Para este trabajo, empleó el sensor de temperatura DS18B20, el dispositivo permite lecturas simultaneas en 9 puntos. Además, gracias a la conectividad WI-FI de la placa del ESP32, las mediciones obtenidas se transmiten directamente a los servidores para su posterior análisis. Estos mismos datos son enviados a un tablero virtual el cual permite la lectura de los datos en tiempo real (Lorenzo, 2023).

Con este sistema pudieron realizar mediciones 24/7 en forma remota en los diferentes equipos que se suelen usar en estos laboratorios, tales como, hornos, estufas, incubadoras, cámaras climáticas, refrigeradoras, autoclaves de esterilización y más. Con este equipo lograron

realizar diferentes ensayos climáticos, entre estos se destaca, estabilidad de la temperatura y humedad, uniformidad de la temperatura y la humedad, la corrección de la indicación, etc. (Lorenzo, 2023).

Tras la revisión de las diferentes características las cuales se consideran viables para implementar un sistema de monitoreo y envío de alertas ante posibles fallos, se elaboró la Tabla 2, donde se presenta una comparación de las diversas opciones analizadas en el ámbito de las tarjetas de desarrollo. Esta comparación incluye el tipo de tecnología utilizada, la conectividad con la que esta cuenta, el consumo energético de la misma, la programación, así como las ventajas y desventajas que esta podría presentar. Esta comparación ayudara a identificar las mejores alternativas que podemos encontrar en el mercado.

Además, con esto se busca que la tecnología utilizada garantice estabilidad en la transmisión de datos, compatibilidad con los sensores y que permita escalabilidad a futuro. La elección de esta tarjeta, influirá directamente en la eficiencia, el costo y la viabilidad del proyecto.

**Tabla 2***Comparación de tarjetas de desarrollo*

Placa	mCU o CPU	Conectividad	Ventajas	Desventajas
Arduino UNO	ATmega 328P	USB	Fácil de usar y programar, bajo costo.	Poca memoria, no posee conectividad inalámbrica.
Raspberry PI	Arm Cortex A76	Wi-Fi, LAN, BT	Potente, posee SO, Múltiples interfaces	Alto consumo, requiere SD y fuente estable
ESP-32	Xtensa LX 6	Wi-Fi, Bluetooth	Alta potencia, conectividad integrada múltiples periféricos.	Consumo medio, más difícil de utilizar.

Fuente: Elaboración Propia (2025)

Finalmente, es importante destacar que los fundamentos analizados en esta sección tienen como función, proporcionar una base para la comprensión de las tecnologías y métodos empleados por otros autores, y que serán los principales conceptos para sustentar el desarrollo del proyecto.

En este apartado se analizan las decisiones técnicas tomadas y se resalta la importancia del tema en el ámbito de la telemetría, geoposición y la aplicación de la tecnología actual.

Ahora partiendo de esta base, se procede a la contextualización específica del proyecto, en el que se explicara como estas nuevas tecnologías se podrían aplicar al proyecto, esto con el objetivo de abordar los desafíos presentados y poder proponer soluciones de acorde a las necesidades.

## **2.3 CONTEXTUALIZACIÓN DE LAS TEÓRIAS**

Después de evaluar diversas implementaciones diseñadas para dispositivos automatizados enfocados en la telemetría y la geolocalización, se identificaron varias tecnologías que se podrían integrar al proyecto. Estas soluciones ofrecen enfoques innovadores y eficientes para cumplir con los requisitos necesarios en este proyecto, permitiendo así una gran mejora en los procesos de verificación y control relacionados con la supervisión de las variables críticas de un motor. Al considerar estas opciones, se busca una óptima integración tecnológica, esto con el propósito de garantizar no solo la funcionalidad del dispositivo, sino también su adaptabilidad a diferentes entornos, algunas de las tecnologías que pueden ser aplicables al proyecto son:

### **2.3.1 Geolocalización**

El sistema de geolocalización implementada por Uvidia & Estrada (2015), tiene una gran similitud con el requerido en este proyecto, por lo que podría adaptarse con pocos cambios. Sin embargo, al haber sido realizada hace ya algunos años resultaría conveniente revisar el mercado actual en busca de equipo con mejores prestaciones, como podría ser, mayor precisión, compatibilidad con un mayor número de constelaciones y mejor tasa de actualización. Además, se deberá considerar otra placa en el momento de la implementación debido que este proyecto contempla el desarrollo de una mayor cantidad de funciones.

### **2.3.2 Sensores analógicos y digitales**

El sistema desarrollado por Luna et al (2020) en el cual realizan monitoreo remoto a un biobanco, guarda ciertas similitudes con el presente proyecto, tanto en su enfoque a la revisión

de variables críticas de manera remota, como en el empleo de múltiples sensores conectados a una placa de desarrollo para la recolección de datos.

Asimismo, conectar distintos sensores a un microcontrolador y transmitir datos a un servidor remoto, demuestra un enfoque de conectividad que se alinea en gran medida con los objetivos de este proyecto. Por otra parte, en el proyecto mencionado utilizan sensores analógicos y digitales, todos estos integrados en un sistema cuyo fin es generar alertas y reportes cuando alguna condición se salga de los límites preestablecidos.

En conclusión, este proyecto posee similitudes con el que se desea desarrollar por lo tanto podría ser tomado como referencia.

### **2.3.3 Protocolos de comunicación y tecnologías de transmisión de datos**

Para este proyecto es necesario transmitir datos a larga distancia. Un ejemplo de uso de tecnología inalámbrica de largo alcance para el envío de datos en tiempo real, es el desarrollado por Mogrovejo (2019), quien creó un sistema de monitoreo de variables industriales mediante el protocolo de comunicación Lora WAN.

Este sistema guarda cierta similitud con el proyecto a implementar, debido a que aporta una base técnica, y refuerza la viabilidad del uso de tecnologías inalámbricas como LoRa o similares para la transmisión eficiente de datos relacionados a la telemetría que se desea aplicar. Lo cual permitirá desarrollar un sistema confiable, autónomo y de bajo costo para mejorar la operación y seguridad en el transporte.

### **2.3.4 Plataforma de monitoreo y notificaciones**

El proyecto realizado por Albuquerque (2023), en el cual creo un sistema para automatizar el sistema primario de tratamiento de agua, es un ejemplo de aplicación de tecnologías modernas de monitoreo. El uso de Grafana le permitió la incorporación de interfaces de visualización moderna, el diseño de tableros personalizables permite mostrar las mediciones mediante el uso de representaciones graficas, estos pueden ser velocímetros, indicadores de colores y valores numéricos en tiempo real (Albuquerque, 2023). Este enfoque guarda mucha similitud con el proyecto que se desea realizar, por lo tanto, se podría analizar su incorporación en el mismo. Para el envío de alertas utilizo la plataforma WhatsApp, la cual le permitió enviar notificaciones inmediatas sobre cualquier anomalía detectada, además de poder consultar el estado del sistema mediante comandos predefinidos (Albuquerque, 2023). Esta tecnología utilizada por la autora denota similitud con la que se necesita implementar en el proyecto, por lo tanto, podría ser tomada como referencia.

### **2.3.5 Base de datos**

El modelo de almacenamiento de datos utilizado por Gil et al (2018), en el cual utilizo la base de datos MariaDB, es relevante para este proyecto de monitoreo, ya que se desea registrar y analizar variables críticas de un autobús. La implementación de una base de datos relacional como lo es MariaDB, da la impresión de ser una alternativa viable y efectiva para almacenar los datos generados por los sensores. Por lo tanto, este sistema se podría analizar más a profundidad para posteriormente valorar su incorporación en el proyecto.

### **2.3.6 Placas de desarrollo**

La placa de desarrollo Raspberry Pi utilizada por Turrión en el sistema de telemetría que implementó, mostro un excelente rendimiento a la hora de recibir, almacenar y procesar los datos de los sensores. Además de manejar tareas de procesamiento con alta eficacia, lo cual se anda buscando para este trabajo. Por lo tanto, esta opción parece bastante viable de incorporar al proyecto.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

En este apartado se describen detalladamente las metodologías que se planean emplear para desarrollar el presente trabajo, estableciendo un enfoque claro y estructurado, el cual permitirá alcanzar los objetivos planteados. Se explican las etapas que se seguirán durante el proceso, las técnicas que se aplicaran para la recolección y análisis de datos, así como las herramientas que se tienen planificadas para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados. Este marco metodológico se diseñó con el propósito de abordar de manera efectiva el problema planteado y proporcionar una base sólida para las conclusiones del estudio.

#### **3.1.1 Tipo de investigación.**

Para exponer las técnicas y estrategias que se emplearan en la ejecución del proyecto, es de gran importancia señalar que la investigación que se realizara es del tipo análisis de brecha. de acuerdo con Hayes (2024) “un análisis de brecha es el proceso que utilizan las empresas para comparar su desempeño actual, con el desempeño deseado y esperado”.

Al definir la brecha, se podrá crear un plan de acción para alcanzar los objetivos deseados en este trabajo. Este tipo de análisis posee una serie de pasos metodológicos los cuales guían la evaluación, logrando así una mejora continua de los procesos:

1. Definir el estado actual, lo que hay en este momento.
  - Analiza el desempeño o situación actual.
  - Identifica recursos, procesos o capacidades existentes.
2. Definir el estado deseado, lo que se desea lograr.
  - Establece objetivos claros, medibles y alcanzables.
  - Define los resultados esperados a corto, mediano y largo plazo.

3. Identificar la brecha (diferencia entre el estado actual y el deseado).
  - Compara ambos estados.
  - Identifica áreas de mejora, problemas y obstáculos.
4. Analizar las causas de la brecha.
  - Determina por qué existe la brecha.
  - Evalúa factores internos (falta de recursos, procesos ineficientes, etc.) y externos (mercado, competencia, etc.).
5. Desarrollar un plan de acción.
  - Define estrategias y actividades específicas para cerrar la brecha.
  - Asigna recursos, responsables y tiempos para cada acción.
6. Monitorear y evaluar los resultados.
  - Implementa indicadores para medir el progreso.
  - Realiza ajustes al plan si es necesario.

### **Herramientas útiles para un análisis de brecha**

A continuación, se describen algunas metodologías útiles para el desarrollo de un análisis de brecha:

- Diagrama de Pareto: Prioriza los problemas más críticos.
- Análisis FODA: Evalúa Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
- Benchmarking: Compara tu situación con estándares o competidores.
- KPIs (Indicadores Clave de Desempeño): Evalúa métricas clave para medir el progreso.

### 3.1.2 Enfoque de la investigación.

El enfoque de la investigación se refiere a la orientación o perspectiva metodológica que se utiliza para abordar un problema de investigación. Define cómo se recopilan, analizan e interpretan los datos. Creswell (2007) lo define de la siguiente manera:

Un enfoque cuantitativo es aquel en el cual el investigador usa principalmente concepciones postpositivistas para desarrollar conocimiento (por ejemplo, el razonamiento de causa y efecto, la reducción a preguntas, variables e hipótesis específicas, el uso de la medición y la observación, y la prueba de teorías), emplea estrategias de indagación tales como experimentos y encuestas, y obtiene datos con instrumentos predeterminados que producen datos estadísticos. (p. 28)

A lo largo de la historia, diversas corrientes de pensamiento han influido en las estrategias utilizadas para la búsqueda del conocimiento. Estas corrientes, basadas en diferentes fundamentos, han generado una división de enfoques desde el siglo pasado, destacándose principalmente dos aproximaciones esenciales en la investigación, el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo (Hernández , Fernández , & Baptista, Metodología de la investigación, 2014). Ambos métodos poseen características particulares que permiten entender su uso y su alcance en distintos escenarios investigativos, lo cual se detalla a continuación.

A partir de lo expuesto por Hernández et al (2014), el enfoque cuantitativo, representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos brincar o eludir pasos, el orden es riguroso, aunque desde luego podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada se derivan objetivos y preguntas de investigación se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. (p. 4)

Siguiendo con Hernández et al (2014), el enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes, y después, para refinarlas y responderlas. (p. 7)

La presente investigación es de tipo secuencial y tiene objetivos probatorios. Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo de la información disponible y a partir de esta se ha construido el marco teórico. En una etapa posterior, se realizará un diseño del plan para medir ciertas variables, cuyos resultados serán analizados para extraer conclusiones. Una vez realizadas y evaluadas estas mediciones, se establecerán las conclusiones finales. Este proceso permite afirmar con claridad que el enfoque de la investigación es cuantitativo.

### **3.1.3 Finalidad de la Investigación**

La clasificación de tesis de acuerdo con el origen de la investigación es de las más utilizadas a nivel mundial, esta atiende exclusivamente a la causa que origina la investigación independientemente de la metodología formal que se elija para plantear el problema y desarrollar la investigación (Muñoz , 2011).

Por lo tanto, para analizar a que categoría pertenece esta investigación, se revisaran algunos conceptos sobre este tipo de clasificación.

En esta clasificación se tiene, la tesis de investigación básica pura, teórica, científica o fundamental. Como señala, Muñoz (2011):

Esta caracterizada por dirigirse a la generación del conocimiento por el “conocimiento per se”. Esta tiene como finalidad tratar de analizar y explicar hechos, generar conocimientos para desarrollar nuevas teorías, reforzar rechazar o modificar teorías ya existentes y así incrementar los conocimientos científicos o filosóficos sin tratar de contrastarlos con algún aspecto práctico. (p. 25)

Otro tipo de investigación que se encuentra dentro de esta clasificación es la investigación tecnológica, la cual se enfoca en trabajos cuyo objetivo principal es generar soluciones prácticas que beneficien a la sociedad mediante la aplicación del conocimiento para transformar la realidad e innovar en sectores como la industria, el comercio, las tecnologías de la información y las áreas de ingeniería. Este tipo de investigación utiliza diversas técnicas, conocimientos y procesos para diseñar y desarrollar herramientas, sistemas, programas u objetos que cubran las necesidades o deseos de una comunidad específica o de la sociedad en general. Su propósito final es mejorar la calidad de vida, el bienestar y la comodidad de las personas a través de la innovación tecnológica, la ciencia aplicada y disciplinas relacionadas con la ingeniería (Muñoz , 2011).

Otro tipo de tesis designada por Muñoz (2011) dentro de esta clasificación es la tesis de investigación aplicada o aplicada fundamental, investigación aplicada tecnológica, investigación práctica o investigación empírica la cual define de la siguiente manera, “este tipo de investigación se aplican los conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores productivos de bienes y servicios de la sociedad” (Muñoz , 2011, p. 46).

Otra forma de realizar un trabajo dentro de esta clasificación, es con la tesis de investigación educativa, la cual abarca las actividades realizadas por investigadores, docentes, estudiantes y especialistas de una comunidad académica para analizar fenómenos y problemáticas vinculadas al ámbito educativo. Este tipo de investigación tiene como objetivo estudiar las prácticas pedagógicas, los modelos educativos, las estrategias e instrumentos de enseñanza-aprendizaje, así como los planes y programas de estudio, con el fin de actualizarlos y fortalecerlos. Además, incluye el análisis de orientaciones técnico-pedagógicas en diversas áreas y campos temáticos dentro del contexto académico (Muñoz , 2011).

El último tipo de tesis en esta clasificación y de acuerdo con Muñoz (2011), es la tesis de investigación de caso práctico la cual define de la siguiente manera:

Dentro de esta se pueden mencionar los trabajos de investigación en los que el estudiante que las realiza, propone el estudio, análisis y desarrollo de una práctica o caso real, generalmente relacionado con su práctica profesional. Para ello, se apoya en los métodos, procedimientos e instrumentos formales de una metodología de investigación específica dentro de su disciplina, para plantear la problemática, recopilar y analizar la información, y presentar las conclusiones, corroboradas dentro de un ambiente real de trabajo, el de su tesis. Con ello, el autor de la tesis también intenta comprobar la aplicabilidad de sus estudios en un campo específico. Generalmente estas investigaciones tratan de presentar situaciones, casos y fenómenos reales que surgen de la problemática cotidiana de las empresas o la comunidad, la práctica profesional y la experiencia empírica del estudiante en su disciplina de estudios. (p. 27)

Esta investigación tiene como objetivo principal la creación de soluciones prácticas destinadas a satisfacer necesidades humanas, como la reducción de daños a unidades de transporte de

personas. Para ello, se implementará un conjunto de técnicas, conocimientos y procesos, lo que la clasifica como una investigación de tipo tecnológico.

Sin embargo, al involucrar el estudio, análisis y desarrollo de una práctica específica vinculada con el ejercicio profesional y respaldada por métodos, procedimientos e instrumentos formales propios de una metodología de investigación dentro de la ingeniería electrónica, también puede considerarse como una tesis de investigación de caso práctico.

Al combinar enfoques prácticos y metodológicos dentro de la disciplina de la ingeniería electrónica, esta investigación pretende contribuir al bienestar social y al desarrollo profesional, consolidándose como un estudio integral con impacto en la reducción de daños a las unidades de transporte y en la mejora de las rutinas de mantenimiento.

### **3.1.4 Dimensión Temporal**

De acuerdo con Hernández et al (2014), las diferentes maneras de clasificar una investigación son por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos. Dicho de otro modo, los diseños no experimentales se pueden clasificar como transeccionales y longitudinales.

Hernández et al (2014), mencionan que, en la investigación transeccional o transversal, los datos se recogen en un único momento, lo que permite captar una visión instantánea de las variables estudiadas y analizar su incidencia e interrelación en un momento específico, como si se tratara de una fotografía. Este enfoque se divide en tres categorías principales:

exploratorios, descriptivos y correlacionales-causales.

Los diseños transeccionales exploratorios tienen como finalidad inicial conocer una o varias variables, un contexto, comunidad, evento o situación en un momento determinado. Suelen

aplicarse en investigaciones sobre temas nuevos o poco estudiados y funcionan como una base preliminar para otros diseños, ya sean no experimentales o experimentales.

Por otro lado, los diseños transeccionales descriptivos buscan identificar y describir los niveles o modalidades de una o más variables dentro de una población. Este enfoque ubica a individuos, objetos, situaciones o fenómenos en determinadas variables para proporcionar una descripción detallada. Estos estudios son estrictamente descriptivos y, cuando incluyen hipótesis, estas también son de carácter descriptivo, como la predicción de valores o cifras.

Los diseños correlacionales-causales tienen como objetivo describir las relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento específico. Estas relaciones pueden presentarse de manera exclusivamente correlacional o incluir un análisis de causa y efecto.

En este sentido, estos diseños pueden centrarse únicamente en identificar vínculos entre variables sin determinar una causalidad específica, o bien, explorar relaciones causales.

Cuando se enfocan en relaciones no causales, se apoyan en hipótesis y planteamientos correlacionales. Por otro lado, cuando analizan relaciones de causa y efecto, utilizan hipótesis y planteamientos causales como base.

La Investigación longitudinal o evolutiva, según menciona Hernández et al (2014), resulta interesante cuando el investigador desea analizar cambios al paso del tiempo en determinadas categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades, o bien, de las relaciones entre estas. Ya que este tipo de investigación recolecta datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

Analizando la información brindada y tomando en cuenta que en el proyecto en curso se pretende analizar la incidencia e interrelación de una variable, la cual para que tenga un mejor efecto es recomendable analizarla en varios puntos de la investigación, esto con el fin de

corroborar y comprobar si la solución sugerida realmente ha causado efectos en la reducción de daños y ha mejorado el mantenimiento preventivo. Por estas razones se puede concluir que esta investigación es del tipo longitudinal o evolutiva.

### **3.1.5 Marco de la Investigación**

Los niveles dentro del marco de la investigación en los cuales se sitúa este trabajo, corresponden tanto al nivel micro como al macro. A nivel micro, el proyecto impacta principalmente el área operativa de los conductores de autobús, esto debido que pretende reducir de manera significativa los daños que sufren las unidades de transporte debido al mal uso o la falta de supervisión de los parámetros críticos del motor.

A nivel macro, este proyecto tendrá un impacto en toda la empresa, ya que, al eliminar las fallas graves, se reducirá el tiempo que las unidades están fuera de operación, se evitan pérdidas económicas, retrasos en el servicio y los encargados de las reparaciones pueden emplear su tiempo en otras funciones.

### **3.1.6 Naturaleza de la Investigación**

Según Hernández et al (2014) la naturaleza de la investigación puede resumirse en tres enfoques principales:

1. Enfoque cuantitativo:
  - Es estructurado, secuencial y usa métodos estadísticos.
  - Utiliza la recolección de datos y el posterior análisis de estos para probar hipótesis.
  - Se enfoca en la medición objetiva, el control y la generalización de los resultados.

## 2. Enfoque cualitativo:

- Busca comprender fenómenos en profundidad, interpretando significados, experiencias de los sujetos estudiados y contextos.
- No utiliza mediciones numéricas, sino descripciones detalladas.
- Es flexible, abierto y se adapta a los descubrimientos durante el proceso.

## 3. Enfoque mixto:

- Combina los enfoques cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio.
- Aprovecha las fortalezas de ambos enfoques para lograr una visión más integral del fenómeno investigado.

Sobre la base de la evidencia recolectada, se puede concluir que la investigación en curso posee una naturaleza enfocada al tipo cuantitativo. Ya que su desarrollo es secuencial, y utiliza métodos estadísticos, además usa recolección de datos y se enfoca en la medición objetiva.

### **3.1.7 Carácter de la investigación**

Con base en lo mencionado por Hernández et al (2014), el carácter de una investigación puede ser de tipo exploratorio, si el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes, los estudios exploratorios son como realizar un viaje a un sitio desconocido, del cual no se ha visto ningún documental ni leído ningún libro, simplemente alguien nos hizo un breve comentario (p. 90) El otro tipo de estudio es el descriptivo, en este tipo de investigación la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan (Hernández et al 2014).

Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

El siguiente tipo de investigación que se contempla es el correlacional según afirma

Hernández et al (2014):

estos pretenden responder a preguntas de investigación. Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variable. Para evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, en los estudios correlacionales primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba. (p. 93)

El ultimo tipo de investigación que menciona Hernández et al (2014) es el explicativo, estos van más allá de la descripción de conceptos, fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables. (p. 95)

Con base en los estudios analizados y partiendo de que el presente trabajo pretende correlacionar variables, se pretende determinar si la implementación de un sistema electrónico

de monitoreo en tiempo real de las variables críticas del motor (presión de aceite, temperatura de motor, estado del sistema de generación y geolocalización), tienen un impacto significativo en la reducción de las fallas mecánicas y los retrasos en la operación de los autobuses. Este enfoque inicial sitúa a la investigación dentro del tipo correlacional, ya que su propósito es identificar y medir la relación entre dos variables, como son el monitoreo en tiempo real de las variables críticas del motor y la frecuencia de fallas operativas.

No obstante, al intentar explicar por qué ocurren las averías y analizar las condiciones bajo las cuales estas se manifiestan, se evidencia que la principal causa radica en la falta de supervisión preventiva y la ausencia de un sistema de alertas oportunas. En este sentido, la investigación adquiere un carácter explicativo, ya que no solo busca correlacionar las variables, sino que pretende identificar las causas del fenómeno estudiado y comprender las razones que lo originan.

Por lo tanto, esta investigación combina dos enfoques metodológicos: el correlacional, al analizar cómo se relacionan las variables monitoreadas con el comportamiento de las unidades de transporte, y el explicativo, al profundizar en los factores que intervienen en la manifestación de los problemas mecánicos y operativos que afectan la empresa.

### **3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN**

Para realizar la presente investigación, se hace necesario un análisis exhaustivo de diversas fuentes de información, las cuales permiten sustentar teórica y metodológicamente el estudio. Estas fuentes resultan fundamentales, dado que proporcionan el marco de referencia necesario para comprender la relación entre el uso de un sistema de medición y monitoreo en tiempo real y la disminución en las fallas de los autobuses.

A continuación, se describirán las principales fuentes de información utilizadas, las cuales incluyen estudios previos, literatura especializada, datos estadísticos y otras investigaciones relevantes. Cada una de estas fuentes ha sido seleccionada cuidadosamente con el fin de garantizar la validez, confiabilidad y pertinencia de los datos recopilados para el desarrollo de este trabajo.

### **3.2.1 Fuentes primarias**

En una investigación, las fuentes primarias son aquellos recursos que proporcionan información directa y original sobre el tema de estudio. Muñoz (2011) en su documento afirma que:

La investigación que utiliza información de primera mano se vale de aquel material que se recaba directamente donde tienen su origen los datos. Es la información que se toma de la fuente primaria, es decir, del punto mismo donde se origina, ya sea que se trate de un hecho, un fenómeno o una circunstancia que se desea investigar. Dentro de esta categoría entran la experimentación, los autores inéditos, las encuestas, la descripción de eventos, las noticias periodísticas, la narración de hechos, los reportes de investigaciones, etcétera. (p. 226)

Para la realización de este trabajo se emplearán fuentes primarias como la información obtenida de libros y revistas científicas. Además, se utilizarán diversas herramientas para la recolección de datos, incluyendo la observación, encuesta a los operadores de los autobuses, y entrevista al jefe de taller y tránsito.

### 3.2.2 Fuentes secundarias

En una investigación, las fuentes secundarias son aquellos recursos que recopilan, analizan, interpretan o resumen información proveniente de fuentes primarias. Tal como lo explica Muñoz (2011), quien indica lo siguiente:

Es aquella que toma sus contenidos de las fuentes primarias para su interpretación, complemento, corrección o refutación. La investigación que utiliza información de segunda mano tiene la ventaja de que está más documentada, pues toma varias fuentes para complementar y se apoya en la seriedad metodológica. Dentro de esta categoría de fuentes de información encontramos las publicaciones de instituciones, los ensayos, las tesis, las antologías, los artículos colegiados, etcétera. (p. 226)

Para la presente investigación se tomó información de sitios web, trabajos de graduación y documentos digitales.

### 3.2.3 Sujetos de información

Los sujetos de información son las personas, grupos o entidades de las cuales se obtiene información relevante para una investigación. Son quienes proporcionan los datos necesarios a través de su experiencia, conocimiento, opiniones o comportamientos relacionados con el tema de estudio.

Para el presente trabajo los sujetos de información corresponden a los operarios de los autobuses y el jefe encargado de taller y tránsito.

En la **Tabla 3** se detallan los sujetos de información considerados en la investigación, especificando su puesto laboral, profesión, experiencia y relación con el tema.

**Tabla 3***Sujetos de información.*

Puesto laboral	Profesión u oficio	Experiencia	Relación con el tema
Jefe de taller	Mecánico	10 años	Encargado de velar y asignar los trabajos de la flota.
Técnico	Mecánico	8 años	Encargado de reparar las fallas reportadas.
Técnico	Electromecánico	20 años	Encargado del correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos del autobús.
Operario de autobús	Chofer	Mínimo 4 años como conductor de autobús	Encargado de revisar las variables o condiciones del motor y reportar en caso de fallas.

Fuente: elaboración propia (2025)

### 3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el desarrollo de una investigación, las técnicas y herramientas utilizadas desempeñan un papel muy importante para garantizar la recopilación, análisis y procesamiento de datos de manera eficiente y precisa, Muñoz (2011) afirma:

Las herramientas de recopilación de información para una investigación de campo son aquellos instrumentos que se aplican directamente en el ambiente en donde se presenta el fenómeno en estudio. Para ello se requiere de la elaboración de un plan de trabajo, del diseño de los instrumentos, del levantamiento de información en el campo donde se presenta el fenómeno y de la concentración y el análisis de los resultados. La investigación de campo permite “el análisis sistemático de problemas de la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de

métodos característicos de cualquiera de los paradigmas de investigación conocidos. (p. 226)

### 3.3.1 Observación

La observación es una actividad inherente a la naturaleza humana, se trata de mirar con atención y distinguir un fenómeno. Esta es una de las técnicas de percepción y una manera de captar el mundo que rodea al individuo. Muñoz (2011) lo plantea de la siguiente manera:

La acción de observar, de mirar detenidamente. La observación puede estudiarse desde el investigador que observa, que mira detenidamente, [pero también] desde lo observado, lo que se mira detenidamente [Observación] significa también el conjunto de cosas observadas, el conjunto de datos y el conjunto de fenómenos. (p. 241)

Entre las técnicas de observación se tienen las siguientes:

- Observación directa: Consiste en observar el objeto o fenómeno tal como ocurre, sin mediadores ni interpretaciones de terceros.
- Observación indirecta: Se realiza a través de registros, documentos o testimonios en lugar de observar directamente el objeto de estudio.
- Observación oculta: El observador permanece encubierto, de modo que los sujetos no saben que están siendo observados.
- Observación participativa: El observador se integra activamente en el grupo o situación que está analizando.
- Observación no participativa: El observador se mantiene al margen, sin interactuar ni influir en el entorno observado.

- Introspección: Consiste en la autoobservación de pensamientos, emociones o experiencias internas.
- Extrospección: Observa elementos externos al sujeto, como conductas, objetos o fenómenos del entorno.
- Observación histórica: Se basa en el análisis de eventos pasados mediante documentos, registros o testimonios.
- Observación controlada: Se lleva a cabo en un entorno estructurado o bajo condiciones específicas definidas por el investigador.
- Observación natural: Se lleva a cabo en un entorno estructurado o bajo condiciones específicas definidas por el investigador.

Para este trabajo se llevará a cabo la observación directa del ambiente en estudio.

Adicionalmente, se realizará una observación histórica mediante el análisis de registros en la base de datos. Este análisis permitirá:

- Calcular los mantenimientos preventivos.
- Evaluar y predecir fallas mecánicas.

Con la combinación de estos enfoques (directo e histórico) se garantiza una evaluación integral del entorno analizado.

### **3.3.2 Entrevista**

Una de las técnicas más utilizadas en la recopilación de información en las ciencias sociales y otras disciplinas es la entrevista. Esta se define como un proceso directo, cara a cara, en el que el entrevistador formula preguntas a un entrevistado con el objetivo de obtener información relevante. Para ello, se utiliza una guía de preguntas previamente elaborada, que puede

ajustarse según las circunstancias y las respuestas obtenidas durante el diálogo (Muñoz , 2011).

Por lo anterior se puede notar que la entrevista brinda una herramienta muy valiosa al momento de realizar una investigación, con esta se puede obtener información de primera mano, y también se hace útil para recolectar información de segunda mano.

El análisis de la información obtenida a través de entrevistas es un paso crítico en el proceso de investigación. Esta etapa implica organizar los datos en cuadros y gráficos estadísticos, interpretarlos y utilizarlos para comprobar los objetivos o hipótesis planteados. Asimismo, permite identificar antecedentes, patrones de conducta, resultados esperados y posibles desviaciones del propósito original del estudio (Muñoz , 2011).

Por lo tanto, debido a la eficacia que resulta de los datos que se obtienen de una entrevista, aunado a la simplicidad que esta representa, resulta una de las herramientas más utilizadas en las ciencias sociales, ya que facilita el acceso a información directamente relacionada con el área de investigación. “Además, conversar con especialistas y expertos en el campo de estudio permite actualizarse sobre nuevas perspectivas, enfoques y metodologías relevantes” (Muñoz, 2011, p. 232). Esta interacción también brinda recomendaciones y comentarios valiosos que enriquecen el desarrollo de la investigación y garantizan un mejor entendimiento del tema que se está tratando.

La entrevista que se aplicará en esta investigación será de tipo semiestructurada, lo que permitirá obtener información detallada y relevante para la toma de decisiones clave en la implementación del sistema. Este tipo de entrevista combina preguntas abiertas y cerradas, lo que facilita la obtención de datos específicos y, al mismo tiempo, permite al entrevistado expresar sus opiniones y experiencias de manera más libre.

A través de la entrevista semiestructurada, se busca explorar diversos aspectos relacionados con el contexto y las necesidades del sistema a implementar, así como identificar posibles obstáculos o factores que puedan influir en su funcionamiento; Los resultados obtenidos servirán como base para tomar decisiones informadas y desarrollar un plan de acción adecuado para la implementación exitosa del sistema.

### **3.3.3 Encuesta**

La encuesta se define como una técnica de recolección de datos que consiste en plantear una serie de preguntas estructuradas a un grupo determinado de personas, con el objetivo de obtener información, opiniones, actitudes o comportamientos sobre un tema específico. Puede realizarse de forma presencial, telefónica, en línea o por escrito. De acuerdo con Muñoz (2011) quien afirma:

La aplicación de encuestas de opinión para una investigación científica busca que la forma de recopilar las opiniones sea ágil, sencilla y poco complicada para los encuestados; esto se logra mediante preguntas claras, sencillas y de fácil comprensión que permitan concentrarse en el tema de estudio. Con ello también se hace más sencilla la tabulación de la información obtenida y, por consiguiente, será más confiable la concentración de esas opiniones. Esto, además, permite hacer más fácilmente el análisis y la interpretación de los resultados, y fundamentar las opiniones del investigador. (p. 239)

### 3.4 VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables de investigación son los elementos, características o factores que se estudian en un proyecto de investigación. Estas se pueden definir “como características o propiedades que pueden adoptar distintos valores. En diseño de la investigación, comprender los tipos de variables y sus funciones es crucial para elaborar hipótesis, diseño de métodos e interpretación de resultados” (Stewart, 2024).

Por su parte Muñoz (2011) define que: las variables de estudio, se pueden entender como los atributos, características o propiedades que pueden variar y ser medidas o evaluadas en distintos grados. En este sentido, las hipótesis representan las posibles relaciones que existen entre dos o más de estas variables, sirviendo como base para el análisis en una investigación. (p. 142)

Por otro lado, Parra (2024) señala que:

La determinación de las variables en una investigación es un proceso crucial que implica identificar y definir las características o conceptos que se estudiarán y medirán para alcanzar los objetivos de la investigación. Las variables son los elementos que se analizarán y compararán para obtener resultados y conclusiones sobre el fenómeno o problema de estudio. A continuación, en la Tabla 4 se detallan los aspectos claves que vinculan las variables de estudio con los objetivos e hipótesis formulados, garantizando la coherencia entre los elementos metodológicos y el enfoque de la investigación.

**Tabla 4***Variables de la investigación*

Pregunta de la investigación	Objetivos específicos	Unidad de análisis	VARIABLES o conceptos	Descripción de la variable o concepto	Operacionalización (Instrumentación)
¿Cómo se puede implementar un sistema electrónico de monitoreo que ayude a disminuir o eliminar los daños en las unidades de transporte ocasionados por errores u omisiones en el área operativa de los conductores?	Comprender el funcionamiento de los sistemas de temperatura del motor, presión de aceite, medidor de revoluciones y generación eléctrica, para su correcta medición y monitoreo.	Autobuses de la empresa RODIALL R.S.S. A	Temperatura del motor.	Estudiar cómo funciona el sensor de temperatura de motor	Revisión de la literatura
			Presión de aceite.	Identificar el funcionamiento del sensor de presión de aceite.	Revisión de la literatura.
			Revoluciones por minuto.	Indagar el funcionamiento de las revoluciones de motor.	Revisión de la literatura.
			Generación del autobús.	Averiguar la forma en que funciona el alternador.	Revisión de la literatura.
	Diseñar un sistema de lectura de datos en tiempo real, de las diferentes variables de motor.	Sistema de adquisición de datos.	Recolección de datos.	Diseño de modelo para recolectar los datos de los sensores.	Investigación y aplicación de las tecnologías de datos.
	Integrar un módulo de geolocalización que proporcione información precisa sobre la ubicación y desplazamiento de la unidad.	Dispositivo de geolocalización.	GNSS	Averiguar cuál sería el dispositivo de localización terrestre ideal para implementarlo.	Revisión de la literatura e investigación de tecnologías de geolocalización.
	Implementar un protocolo de comunicación eficiente entre los sensores instalados en los autobuses y el sistema central de monitoreo.	Sistema de monitoreo.	Protocolo de comunicación	Desarrollo de un sistema para establecer la comunicación entre los sensores y los dispositivos de salida.	Diseño experimental.
	Desarrollar una interfaz de usuario que permita visualizar	Sistema de visualización de	Comprensión de la	Creación de una interfaz que muestre al usuario final, los	Encuesta al usuario del sistema e

	los parámetros monitoreados de forma clara, ordenada y accesible para el personal técnico y administrativo.	los parámetros monitoreados.	información desplegada.	datos recolectados de una manera clara.	implementación de código.
	Establecer parámetros críticos de operación que sirvan como referencia para la generación de alarmas preventivas y correctivas.	Parámetros críticos de operación.	Valor máximo o mínimo de operación.	Definir cuál es el valor máximo o mínimo recomendado para evitar daños al motor o a la unidad.	Revisión de la ficha técnica del motor y entrevista a personal técnico.
	Configurar un sistema de alertas automáticas para enviar notificaciones en caso de fallas o condiciones anómalas en el funcionamiento del autobús, tanto en la unidad como de manera remota.	Sistema de alertas automáticas.	Capacidad de detección de fallas.	Crear un sistema con la capacidad de enviar alertas de manera automática cada vez que se detecte una falla.	Diseño experimental
	Crear una base de datos para almacenar la información adquirida durante el proceso de monitoreo.	Sistema de registro de datos	Datos relevantes para almacenar o enviar.	Definir cuáles son los datos, más relevantes para almacenarlos en la base de datos o enviar en las notificaciones.	Revisión de la literatura e implementación de código.
	Evaluar el desempeño del sistema en campo, realizando pruebas piloto que permitan medir su efectividad, confiabilidad y facilidad de uso en condiciones reales de operación.	El prototipo.	Análisis del prototipo.	Verificar que el prototipo instalado funcione de manera correcta.	Observación y registro de datos.

Fuente: Elaboración propia (2025)

### 3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La implementación de la investigación enfatiza la puesta en práctica del diseño del trabajo, es decir, llevar a cabo las actividades y estrategias definidas para alcanzar los objetivos planteados. Este proceso implica la ejecución planificada de cada una de las fases establecidas, asegurando que se sigan las metodologías acordadas y se respeten los tiempos estipulados.

En el contexto del trabajo en desarrollo, se ha diseñado una línea de tiempo, representada en la Figura 8, que detalla cada etapa del proyecto y su respectiva duración. Con esta herramienta se puede visualizar el progreso de la investigación, además se pueden gestionar los recursos de manera eficiente y realizar ajustes en caso de imprevistos.

La planificación incluye actividades clave como la recopilación de datos, el análisis de resultados, entre otras actividades importantes para el trabajo realizado.

**Figura 8**

*Diagrama de tiempo del desarrollo de la investigación*

Tareas	abr-25	may-25	jun-25	jul-25	ago-25	sept-25	oct-25
Capítulo 1	■						
Capítulo 2		■					
Capítulo 3			■				
Capítulo 4				■			
Capítulo 5					■		
Capítulo 6							■

Fuente: Elaboración Propia (2025)

**CAPÍTULO IV**  
**DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

Para un mejor desarrollo de esta sección, se debe tener consideración que el análisis estará estructurado en apartados asociados a la situación actual de la empresa respecto al problema descrito en el capítulo 1. Asimismo, se detallan los instrumentos utilizados en la obtención de los datos para el análisis y finalmente con estas fuentes de datos, se realizará un análisis de brecha. Este análisis pretende establecer un conjunto de elementos que eventualmente podrán ser implementados en el proyecto, cuyo detalle se presenta a continuación.

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

La empresa RODIALL R.S S. A, cuenta con una flota de autobuses y busetas dedicadas a brindar servicios de transporte de personas a distintos destinos dentro del país. Actualmente, la empresa ha detectado problemas en la parte operativa, propiamente en el cuidado de los motores y las unidades. Entre estos problemas se puede mencionar que el monitoreo de las condiciones de operación del motor (temperatura del motor, presión de aceite, estado del sistema de carga de la batería y las revoluciones del motor) depende en su totalidad de los indicadores analógicos instalados en el tablero del autobús, los cuales en muchas ocasiones ya se encuentran deteriorados o del todo no funcionan.

Adicionalmente, la lectura, interpretación y notificación de algún error en estos sistemas dependen únicamente de la opinión del conductor del autobús, quien en ocasiones no se percata del fallo debido a las distracciones que provoca la misma conducción de la unidad, o por el estado de los indicadores no logra visualizar el mismo de manera correcta; aunado a esto en caso de existir un fallo en algún componente de estos sistemas (indicador malo, línea abierta, línea a tierra, sensor dañado, etc.) el conductor no podrá detectar y alertar sobre este.

Esta práctica ha provocado que en varias ocasiones el motor y otros componentes sufran averías graves, debido principalmente a que el conductor no logra detectar a tiempo alguna de estas condiciones que afectan la operación normal del motor, derivando estos errores en grandes gastos económicos para la empresa.

Otro problema que han detectado es que no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo formal, esto ha provocado diferentes problemas, los cuales afectan la operabilidad de la empresa, la seguridad tanto de los usuarios como de los colaboradores y han aumentado los costos operativos. A continuación, se detallan algunos de estos inconvenientes:

1. Mayor frecuencia de fallas inesperadas

A falta de un programa bien estructurado, las averías se atienden solo cuando estas se presentan. Esto causa paradas imprevistas las cuales interrumpen la operación de la unidad, generando pérdidas de tiempo y dinero.

2. Costos operativos más altos

Realizar reparaciones de emergencia suele ser más costoso que el mantenimiento preventivo, dado que es necesario conseguir piezas de manera urgente, pagar horas extras y en algunos casos es necesario la contratación de servicios externos para el remolque de la unidad. A esto se debe agregar que los mantenimientos correctivos suelen requerir reemplazos más grandes y caros.

3. Reducción de la vida útil de los motores

La falta de inspecciones regulares y programadas provoca que los motores operen en condiciones inadecuadas, tales como, lubricación deficiente y altas temperaturas debido a la acumulación de suciedad, etc. Estas deficiencias aceleran el desgaste del motor y reduce significativamente la vida útil de los motores.

#### 4. Mayor riesgo de accidente y problemas de seguridad

Autobuses que circulan sin revisiones regulares pueden presentar fallas debido al desgaste en el sistema de frenos, problemas en la dirección, llantas en mal estado u otras fallas que pueden comprometer la seguridad del conductor y de los pasajeros, esto puede incluso desencadenar problemas legales y la exposición a partes de tránsito.

#### 5. Aumento en el consumo de combustible

Conducir un vehículo con filtros, lubricantes, llantas o algún otro sistema en mal estado afectan el rendimiento del motor, provocando un mayor consumo de combustible.

#### 6. Disponibilidad de unidades

La ausencia de un programa de mantenimiento preventivo provoca que las unidades queden fuera de operación debido a fallas imprevistas, lo que reduce el número de unidades disponibles en la flota. Esta situación afecta la capacidad de la empresa para cumplir con los contratos y los horarios establecidos.

#### 7. Ausencia de registros para gestión y análisis

Al no contar con un programa de mantenimiento preventivo, no es posible llevar registros de kilometraje, servicios realizados y costos de mantenimiento por unidad. Esta deficiencia no permite identificar cuáles son los autobuses más costosos de operar.

En síntesis, el adaptar un sistema de control para el mantenimiento preventivo, contribuirá a extender la vida útil de los vehículos, además de incrementar la seguridad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la empresa. Un programa de mantenimiento bien estructurado permite planificar intervenciones, optimizar costos, cumplir con los requisitos legales vigentes y mantener la confianza de los clientes.

Finalmente, la empresa ha identificado deficiencias en la manera de monitorear las rutas de los autobuses, debido a que estos no cuentan con ningún dispositivo de rastreo. Esto conlleva que los conductores se desvíen de las rutas establecidas sin informar a sus supervisores, lo que incrementa el riesgo de sufrir un accidente, la circulación por vías no aptas para vehículos de gran tamaño e incluso desviarse por zonas peligrosas y el recorrido de distancias mayores, lo cual aumenta el consumo de combustible.

Este conjunto de problemas proporciona información relevante para el desarrollo de un sistema orientado a la detección de fallas, el control de mantenimiento y la optimización de las rutas. El análisis de las deficiencias actuales evidencia la necesidad de un sistema de monitoreo en tiempo real que permita prevenir daños graves en los autobuses, y al mismo tiempo mejorar la eficiencia operativa de la empresa.

## 4.2 RECOLECCIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS

Para garantizar la precisión y confiabilidad de la información, es fundamental establecer un proceso riguroso de recolección y validación de datos. Como lo menciona Sánchez (2022),

La recolección de datos dentro de una investigación comprende reunir y medir información de diversas fuentes, con la finalidad de obtener un panorama general del objeto de estudio. La obtención de estos datos puede realizarse a través de diferentes técnicas e instrumentos como la observación, cuestionarios, entrevistas y escalas. (p.1)

Este apartado describe las técnicas, herramientas y fuentes empleadas para obtener los datos necesarios sobre el estado actual de los autobuses, así como las condiciones de operación y el mantenimiento que realiza la empresa.

Esta información recolectada permitirá conocer más a detalle, como operan los autobuses, así como comprender las deficiencias que se presentan en el monitoreo de las variables críticas del motor, todo esto desde un punto de vista más acertado ya que la información se obtendría de una fuente directa, como sería el operador del autobús y los encargados de rutas.

Además, se reconocerán los patrones de fallas más comunes y las prácticas de mantenimiento existentes, así como el control de las rutas directamente de las personas encargadas de estas.

La obtención de estos datos garantizará que la información recopilada sea veraz, completa y útil para fundamentar las decisiones que se tomarán durante el desarrollo e implementación del sistema automático de monitoreo y alertas.

#### 4.2.1 Recolección de datos

La recolección de datos es el proceso de recopilar y medir información de diversas fuentes.

Torres & Paz (2019) indican:

Una investigación es científicamente válida al estar sustentada en información verificable, que responda lo que se pretende demostrar con la hipótesis formulada. Para ello, es imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar.

(p. 1)

La recolección de datos en este proyecto es de suma importancia, ya que permitirá conocer de manera precisa la situación actual de los autobuses, así como la opinión de los conductores y demás personas involucradas respecto a la nueva tecnología que se desea implementar. La información recolectada será adecuada para la planificación y ejecución del proyecto. Las técnicas a utilizar se explicaron en capítulos anteriores y los datos obtenidos a través de estas se presentan a continuación.

#### 4.2.2 Instrumento para recolección de datos

Utilizar el instrumento de recolección de datos adecuado es fundamental para la investigación e implementación del sistema de monitoreo y envío de alertas en la empresa RODIALL. Por esta razón se emplearán diferentes técnicas como la observación directa, la entrevista al encargado de rutas y taller, así como la encuesta aplicada a los conductores de autobús. Esta información será clave para diseñar un sistema eficiente, el cual resuelva de manera efectiva las necesidades y problemáticas detectadas en la empresa.

1. **Observación:** mediante una visita al plantel de la empresa RODIALL R.S.S.A. se pudo constatar que existen limitaciones al momento de monitorear e interpretar los

datos desplegados por los indicadores con los que cuenta en este momento la mayoría de la flota.

2. **Entrevista:** la entrevista aplicada al jefe de tránsito y taller, permitió conocer detalles importantes sobre las principales fallas que se presentan en los autobuses. A partir de esta información se logra tener una mejor opinión sobre las prácticas de los choferes respecto al monitoreo de las condiciones en las cuales opera el motor, sin tener opinión sesgada. La entrevista aplicada, mantuvo un enfoque semiestructurado combinando preguntas abiertas y cerradas, con las cuales se logra conocer aspectos relevantes tales como:
  - La cantidad y causas de las fallas que más se presentan en el taller, así como la manera en la cual estas son atendidas; se logró conocer si los reportes que brindan los conductores son efectivos.
  - Se investigó sobre los métodos de control que utilizan para las rutinas de mantenimiento preventivo, si manejan algún control sobre los mantenimientos correctivos, y si se controla de manera efectiva la ubicación de las unidades.
  - Se indagó sobre el método que utilizan para conocer el estado de las baterías y si utilizan una estrategia adecuada para realizar el cambio y la rotación de las baterías de manera correcta.
3. **Encuesta:** la encuesta aplicada a los conductores de autobús permitió identificar las deficiencias existentes en la lectura de los datos que el motor transmite a los indicadores. Asimismo, se reforzó la percepción de que a los operadores de la maquinaria se les dificulta determinar si un dispositivo funciona correctamente o no. De igual manera, a través de esta encuesta se recopiló la opinión de los conductores

sobre el estado de los indicadores y las posibles dificultades que se presentan al momento de leer o interpretar los datos. Otro aspecto relevante obtenido mediante esta herramienta es de cómo se sentirían al ser monitoreados mediante un dispositivo de geolocalización para conocer la ruta que siguen durante el recorrido asignado, así como su disposición a capacitarse para comprender y utilizar el nuevo sistema de monitoreo que se instalaría en los autobuses.

La información recolectada permite comprender de una mejor manera la problemática que enfrenta la empresa y analizar cuál sería la mejor opción al momento de diseñar e implementar el nuevo sistema de monitoreo.

#### **4.2.3 Análisis de datos**

En esta sección se detallarán los datos recolectados de los diferentes estudios que se realizaron, entre los cuales se puede mencionar la entrevista realizada al jefe de taller y tránsito, y la encuesta realizada a los operadores de los autobuses.

#### **Tamaño de la muestra**

Para recolectar los datos de manera fiable es necesario calcular un tamaño de muestra estadísticamente aceptable, lo que asegura que los resultados obtenidos sean representativos de la población objetivo.

Para nuestra investigación al tratarse de una población finita y conocida (conductores de autobuses), y de acuerdo con Morillas (2007), quien indica que “independientemente del número de elementos que contenga la población, entre mayor sea el tamaño de la muestra, mayor garantía tendremos en las estimaciones” (p. 16). Por lo tanto, al ser esta población

relativamente pequeña y de fácil acceso se tomó el total de la misma. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los datos recolectados.

#### **4.2.3.1 Resultados de la encuesta.**

La encuesta se aplicó a un total de 15 personas, todos ellos conductores de autobuses de la empresa RODIALL. Este grupo representa el 100% de la población meta, esto garantiza una recolección de datos con un margen de error mínimo. La encuesta aplicada consta de 11 preguntas cuidadosamente diseñadas y orientadas a recolectar información de gran importancia para el desarrollo del proyecto. Cabe destacar que la encuesta fue aplicada de manera impresa, esto permitió acceso a todos los participantes y una ejecución directa en el sitio de trabajo. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en cada una de las preguntas.

En la Figura 9 se muestra la primera pregunta del cuestionario

#### **Figura 9**

##### *Pregunta 1*

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la conducción de autobuses?

- Menos de 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Entre 10 y 15 años
- Entre 15 y 20 años
- Más de 20 años

Fuente: elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

Determinar el nivel de experiencia con que cuentan los conductores. Esta pregunta permite identificar si existe alguna relación entre la experiencia del conductor y el conocimiento que este tiene sobre la lectura y entendimiento del sistema de monitoreo del motor.

- Resultados:

De las 15 personas encuestadas, 3 de ellas cuentan con más de 20 años de experiencia conduciendo autobuses, 6 personas tienen entre 15 y 20 años, 3 tienen entre 10 y 15 años de conducir, 2 poseen entre 5 y 10 años, y únicamente 1 persona cuenta con menos de 5 años de experiencia.

En la Figura 10

Resultados de la pregunta 1 se muestran de manera gráfica estos resultados: el 20% de la población encuestada tiene más de 20 años de experiencia, mientras que el 40% se encuentra en el rango de 15 y 20 años de experiencia. Estos datos indican que la mayoría de los conductores poseen amplia experiencia en la conducción de autobuses, esto indica que deberían estar familiarizados con los sistemas de monitoreo analógicos e incluso podrían identificar algunas fallas leves en los motores.

**Figura 10***Resultados de la pregunta 1*

Fuente: elaboración propia (2025)

Después de analizar los años de experiencia con que cuentan los conductores de autobús de la empresa, en la Figura 11 se muestra la pregunta 2.

**Figura 11***Pregunta 2*

2. ¿Con que frecuencia revisa los indicadores del tablero mientras conduce?

- Siempre
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Rara vez
- Nunca

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

Conocer si los conductores revisan de manera constante los indicadores del motor. Esta pregunta permite evaluar de manera directa si el conductor del autobús revisa de manera continua el estado de las diferentes variables del motor. Esta información es de gran relevancia para identificar el nivel de atención que el operador le brinda a los sistemas de advertencia de la unidad, y así identificar posibles riesgos por descuidos del mismo.

- Resultados:

De los 15 conductores encuestados, solamente 1 de ellos indica que se encargan de realizar el monitoreo siempre, 8 conductores indican que los revisan frecuentemente y 6 indican que lo monitorean de manera ocasional, ninguno de los conductores de autobús indicó que los revisara rara vez o nunca.

En la Figura 10

Resultados de la pregunta 1 se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos: el 7% de la

población encuestada indica que revisa los indicadores siempre, el 53% lo hace de manera frecuente y el 40% los revisa ocasionalmente. Estos datos muestran que la mayoría de los conductores presta atención a los relojes indicadores de forma frecuente u ocasional. No obstante, existe un alto grado de posibilidad de que las respuestas no reflejen la realidad absoluta, ya que el monitoreo constante de los indicadores es parte fundamental de sus labores.

**Figura 12**

*Resultados de la pregunta 2*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 13 se muestra la pregunta 3, cuyo propósito es verificar el conocimiento que tienen los conductores de autobús con respecto a la lectura e interpretación de los indicadores.

### Figura 13

#### Pregunta 3

3. ¿En una escala del 1 al 10, siendo el 1 muy difícil y el 10 muy fácil como le resulta entender los indicadores de temperatura del motor, presión de aceite y generación con los que cuenta el autobús?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muy difícil					Muy fácil				

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

Verificar si los conductores entienden de manera clara los indicadores del motor. Esta pregunta permite conocer el nivel de comprensión que tienen los conductores con respecto a los indicadores de las diferentes condiciones del motor. Mediante estos datos puede identificarse si existe alguna limitación en la interpretación de las alertas que envían los diferentes sensores del motor.

- Resultados:

De los 15 conductores encuestados, solamente 3 de ellos otorgaron una calificación menor a 5, indicando que les resulta difícil o medianamente difícil entender los indicadores actuales del autobús actualmente. Los otros 12 encuestados indican que les resulta fácil o relativamente fácil comprender los indicadores que se encargan de leer las condiciones del motor.

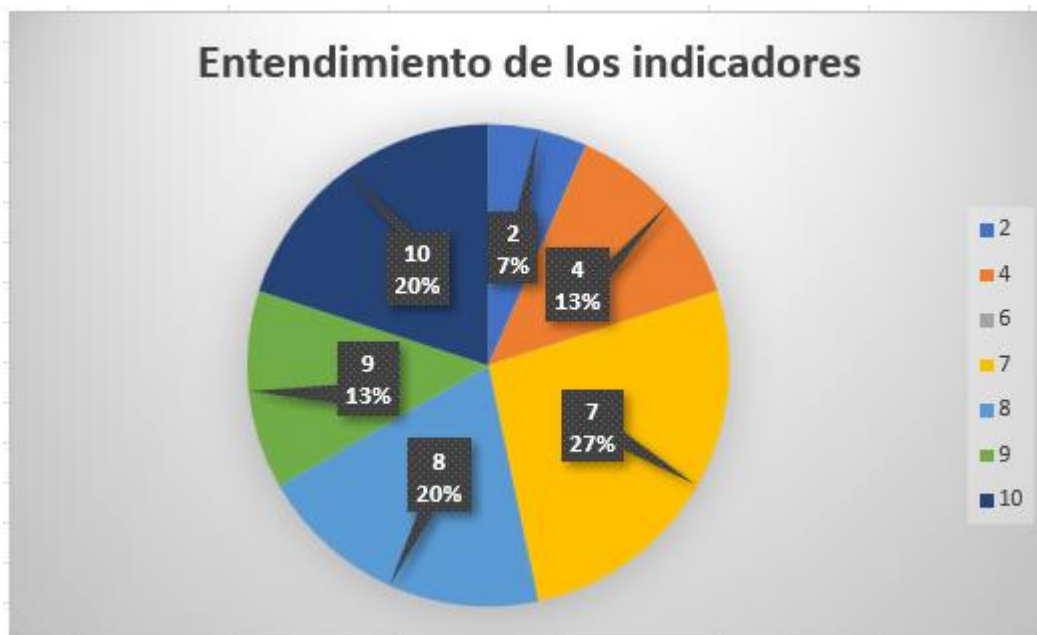
En la Figura 14 se muestran los resultados obtenidos de manera gráfica. Se puede observar que un 20% de los encuestados expresó con una calificación menor a 5 la dificultad que tienen

al interpretar los datos que expone el indicador, mientras que el 80% restante indicó con una nota mayor a 5 que el uso de los indicadores actuales les resulta fácil.

De acuerdo con estos datos la mayoría de los conductores comprende de manera fácil o relativamente fácil los indicadores relacionados con las condiciones críticas del motor.

**Figura 14**

*Resultados de la pregunta 3*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 15 se muestra la pregunta 4, la cual se formuló con el fin de conocer y evaluar la preparación con la que cuentan los conductores al momento de enfrentarse con un daño en los sistemas de monitoreo del autobús.

**Figura 15***Pregunta 4*

4. ¿Se siente capacitado para detectar e informar de forma clara cuando un sistema de monitoreo del motor falla?

- Si
- No

Fuente: Elaboración Propia (2025)

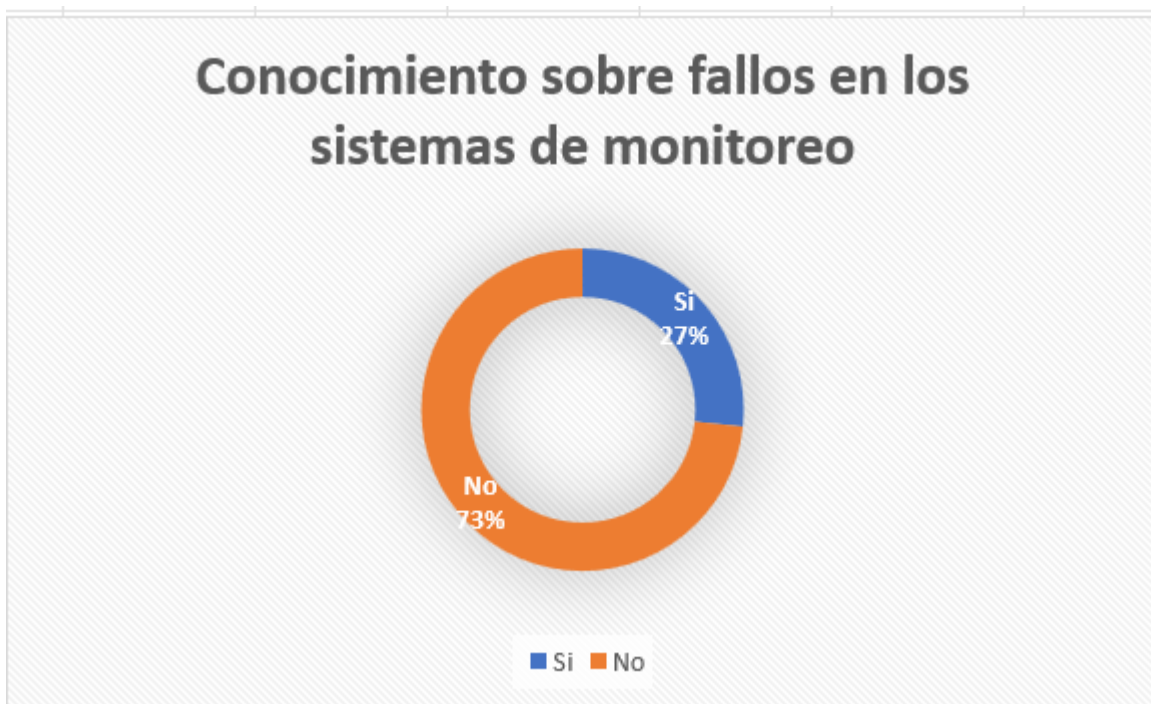
- Objetivo de la pregunta:

Corroborar de manera directa si los conductores poseen las destrezas necesarias para identificar fallas en los sistemas de monitoreo. Esta pregunta permite conocer el conocimiento que poseen los conductores para identificar y comunicar de manera asertiva, cualquier daño que pudiera presentarse en los sistemas que verifican las condiciones de operación del motor.

- Resultados:

Del total de los encuestados 4 expresaron que, si tienen el conocimiento para detectar fallos en los sistemas de monitoreo y alertar de manera eficaz a los encargados, sin embargo 11 conductores indicaron no conocer la manera de identificar estas fallas, esto se debe en muchas ocasiones a la falta de capacitación por parte de la jefatura e incluso algunas veces los encargados no conocen un método para detectar estas fallas.

Por esta razón resulta fundamental capacitar de manera adecuada al personal o en el mejor de los casos instalar un sistema como el propuesto en este proyecto, debido principalmente a que una actuación temprana ante estas fallas influye directamente en la prevención de daños mayores.

**Figura 16***Resultados de la pregunta 4*

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 17 se muestra la pregunta 5, mediante esta pregunta se desea conocer la opinión de los conductores sobre el nuevo sistema de monitoreo y cuáles son sus expectativas sobre este.

**Figura 17***Pregunta 5*

5. ¿En una escala del 1 al 10, siendo 1 menos seguro, 5 neutro y 10 más seguro, como se sentiría operando la unidad si los indicadores fueran más fáciles de entender?



Fuente: Elaboración propia (2025)

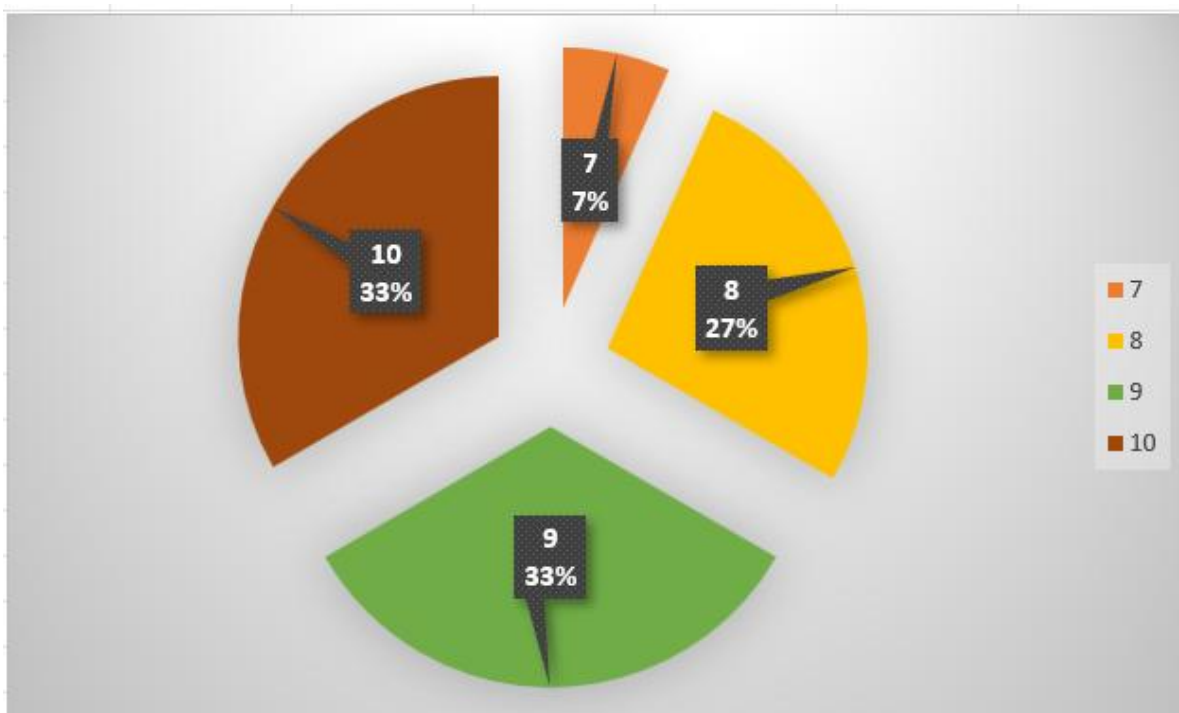
- Objetivo de la pregunta:

Conocer la posición de los conductores de autobús sobre el nuevo sistema de monitoreo que se desea implementar; mediante esta pregunta se desea medir el nivel de confianza que tendría el conductor al operar la unidad, si se instalaran indicadores más claros y comprensibles en el autobús.

- Resultados:

De los 15 conductores encuestados, 1 indicó que se sentiría más seguro al operar la unidad si esta contara con un sistema de monitoreo más entendible, asignando una calificación de 7 puntos, 4 conductores eligieron 8 puntos, 5 asignaron una calificación de 9 puntos y los 5 restantes asignaron 10 puntos. Esta calificación sobre el nuevo sistema de monitoreo, sirve como base para justificar la necesidad de rediseñar la interfaz del sistema de monitoreo de las variables críticas del motor.

En la Figura 18 se muestra la gráfica de los resultados de esta pregunta. Del análisis de la misma se puede concluir que alrededor de un 66% de los conductores asignaron una puntuación de entre 9 y 10 puntos. A partir de este resultado queda claro, que una mejora en el diseño del sistema de monitoreo tendría un impacto positivo considerable en la percepción de seguridad durante la operación de los autobuses.

**Figura 18***Resultados de la pregunta 5*

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 19 se muestra la pregunta 6, mediante la cual se pretende conocer si son frecuentes las averías graves debido al mal funcionamiento de los sistemas de monitoreo.

**Figura 19***Pregunta 6*

6. ¿Ha sufrido alguna avería grave en el motor del autobús, debido a alguna falla en los sistemas de monitoreo?

Si

No

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

Determinar si los conductores han sufrido alguna avería grave en el motor debido a algún fallo en los sistemas de monitoreo; a través de esta pregunta se busca identificar si existe alguna relación entre las fallas graves del motor y el sistema de medición con el cual cuenta la empresa en la actualidad.

Conocer de manera directa las experiencias que pueden haber sufrido los conductores por fallas en los sistemas de medición de los autobuses, permite evaluar si el daño que sufren los motores se genera por deficiencias en el sistema de monitoreo o debido a una interpretación errónea por parte de los conductores; además que ayudaría a sustentar la necesidad de mejorar dichos sistemas.

- Resultados:

De los 15 conductores encuestados, únicamente 2 indicaron que nunca han sufrido una avería grave debido a fallas en los sistemas de monitoreo, mientras que 13 afirmaron haber experimentado uno o varios incidentes graves debido a fallas en estos sistemas. Cabe resaltar que algunos de ellos mencionaron que les ocurrió mientras laboraban en otras empresas.

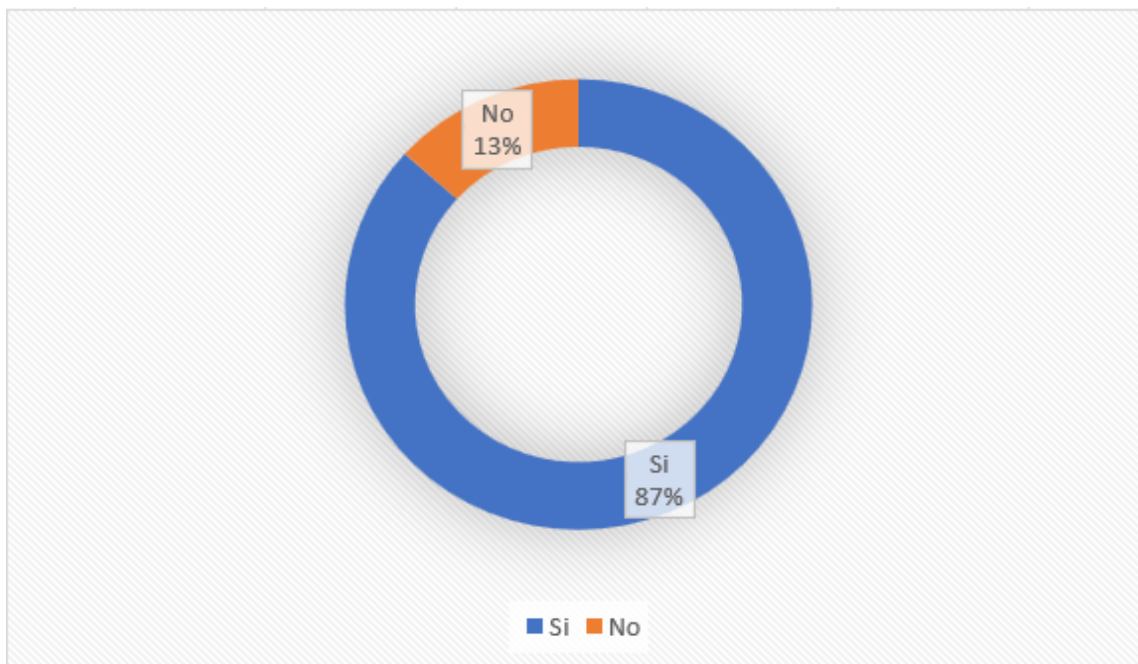
En la

Figura 20 se presenta la gráfica con los resultados de la pregunta 6. Del análisis de la misma se observa que el 87% de los conductores encuestados han sufrido averías graves porque algún indicador dejó de funcionar y no pudieron detectarlo a tiempo, mientras que solo el 13% de estos afirmó nunca haber experimentado una avería grave debido a fallas en los sistemas de monitoreo.

Estos datos evidencian la urgencia de actualizar los sistemas de monitoreo en la empresa, principalmente debido al desgaste que presentan y lo obsoleto que se encuentran estos sistemas, lo cual no permite verificar de manera automática el fallo de los mismos.

**Figura 20**

*Resultados de la pregunta 6*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 21 se presenta la pregunta 7, mediante esta pregunta se desea averiguar si los conductores reportan las fallas de manera regular y con que prontitud lo realizan, ya que esa diferencia de tiempo que existe entre la aparición de la falla y el tiempo de reporte marca una gran diferencia a la hora de realizar la reparación.

**Figura 21***Pregunta 7*

7. ¿Con que frecuencia reporta fallos o anomalías al taller?

- Siempre que ocurren
- Solo cuando son graves
- Casi nunca

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

Conocer con qué frecuencia los conductores reportan las fallas o anomalías de los autobuses al taller, permite evaluar el nivel de comunicación entre los operadores y el personal técnico, además permite medir la experiencia con la que cuenta el conductor al momento de notar algún desperfecto en la unidad.

Estos datos son de gran importancia para el proyecto en desarrollo, debido que en algunas ocasiones el ignorar o minimizar una falla puede derivar en daños considerables a la unidad. En muchos casos estos problemas no solo pueden causar afectación grave en el motor, sino que también genera la necesidad de realizar reparaciones costosas y prolongados tiempos de inactividad del autobús, afectando así la operatividad de la empresa.

- Resultados:

De acuerdo al análisis, 11 de los encuestados indicaron que siempre que existe una falla lo reportan al taller, mientras que únicamente 4 conductores admitieron reportarlas si las consideran graves.

Los datos presentados en la Figura 22 muestran que la mayoría de los conductores reportan los daños tan pronto como son detectados, lo que permite que el daño no se agrave o que el

impacto del mismo sea el mínimo posible. Esta práctica beneficia de manera significativa a la empresa, ya que reduce los costos de reparación y disminuye el tiempo requerido para llevarlas a cabo. No obstante, el pequeño porcentaje (27%), que no reporta el fallo a menos que lo consideren grave; representan un problema para la empresa, principalmente que al no tener conocimiento técnico sobre las averías no logran entender con claridad a que se debe la falla.

**Figura 22**

*Resultados de la pregunta 7*



Fuente: Elaboración propia (2025)

**Figura 23***Pregunta 8*

8. ¿Considera útil que la empresa conozca la ubicación del autobús en tiempo real?

Si

No

Fuente: Elaboración propia

- Objetivo de la pregunta:

Indagar sobre la aceptación que tendrá un sistema de geolocalización en las unidades de transporte de la empresa, permite determinar el nivel de aceptación y la percepción en cuanto a la utilidad que brinda este sistema.

Esta información permite evaluar si la incorporación de dicha herramienta tecnológica será percibida como una mejora positiva, la cual funcionará para la eficiencia operativa y la seguridad de las unidades frente a posibles emergencias o fallas.

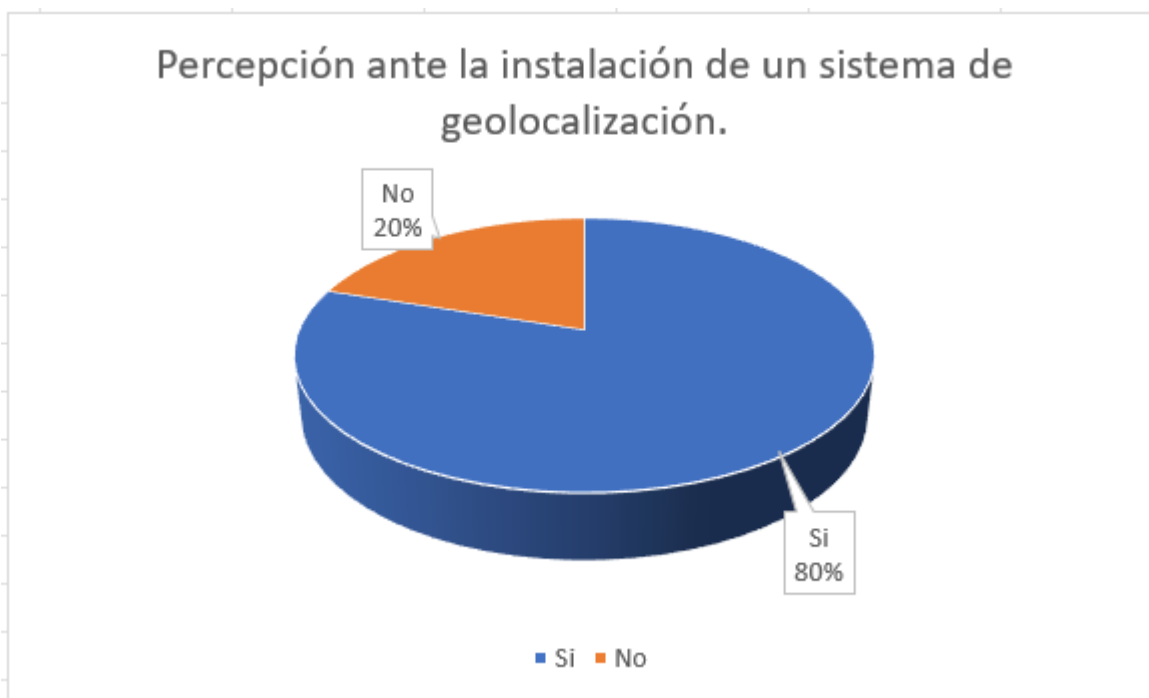
- Resultados:

De acuerdo al análisis, la mayoría de los conductores ven la implementación de un sistema de geolocalización como algo positivo, tanto para ellos, ya que facilita el reporte de averías o situaciones imprevistas, como para la empresa, al permitir una localización rápida y precisa de la unidad. Esta tecnología además de permitir que se le brinde a la unidad una atención oportuna por parte del personal técnico, también ayudará a realizar una mejor planificación de las rutas, mayor seguridad operativa y una supervisión más eficiente del estado de los autobuses en tiempo real.

A partir de la que solo el 20% de los conductores no aprueba la instalación de un sistema de monitoreo. La mayoría de estos alega que en algunas ocasiones se les imposibilita seguir de

manera estricta la ruta designada, por lo que para agilizar el recorrido toman la decisión de desviarse de su ruta original, practica que a menudo no es aprobada por los encargados.

**Figura 24** se observa que solo el 20% de los conductores no aprueba la instalación de un sistema de monitoreo. La mayoría de estos alega que en algunas ocasiones se les imposibilita seguir de manera estricta la ruta designada, por lo que para agilizar el recorrido toman la decisión de desviarse de su ruta original, practica que a menudo no es aprobada por los encargados.

**Figura 24***Resultados de la pregunta 8*

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 25 se presenta la pregunta 9, mediante esta se busca conocer si los conductores han sufrido dificultades o incidentes debido a desviaciones de su ruta asignada.

**Figura 25***Pregunta 9*

9. ¿Ha sufrido algún incidente cuando debió desviarse de su ruta debido a algún acontecimiento en la vía?

- Casi siempre
- Rara vez
- Nunca

Fuente: Elaboración propia (2025)

- Objetivo de la pregunta:

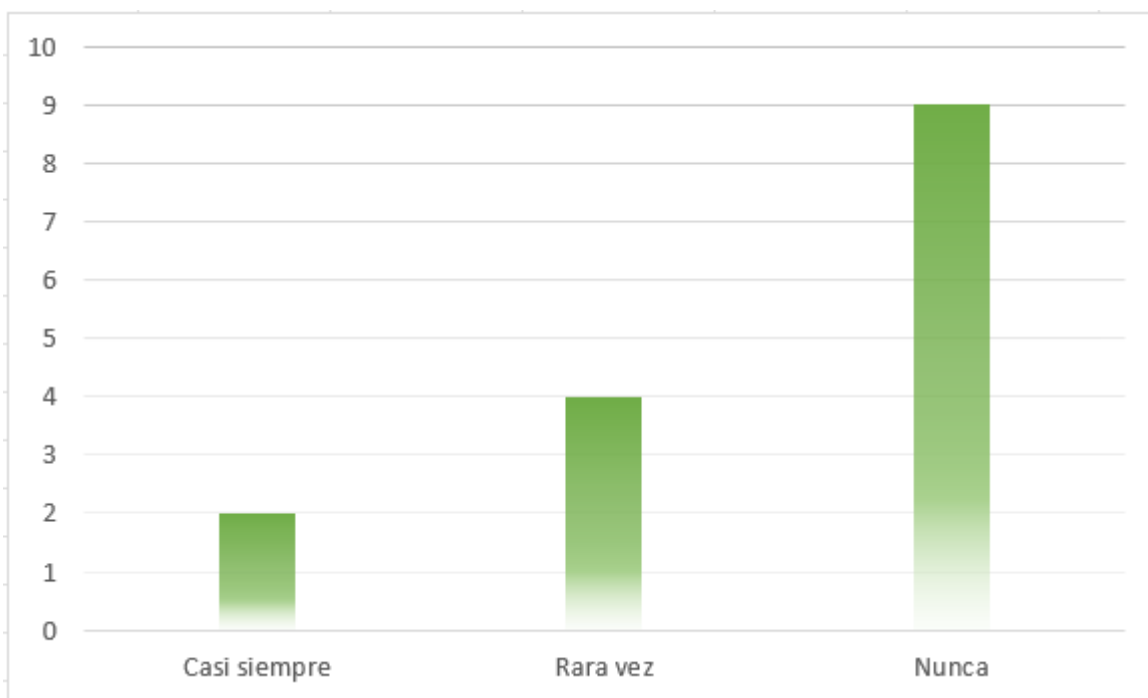
Identificar si los conductores han enfrentado alguna situación de riesgo o inconvenientes al desviarse de la ruta asignada. Esta pregunta tiene como propósito identificar si las desviaciones que realizan los conductores se deben a presas o accidentes en las vías, confusión de la ruta, fallas mecánicas o si son decisiones no autorizadas. Esta información evaluar si las desviaciones de ruta incrementan la probabilidad de accidentes u otros riesgos que puedan comprometer la seguridad de los pasajeros, el conductor o la unidad.

Comprender estos factores resulta fundamental para diseñar un sistema de monitoreo que detecte desviaciones en tiempo real y proporcione soporte inmediato, logrando de esta manera una mejor toma de decisiones, reducción de riesgos y un mejor control ante desvíos no planificados.

- Resultados:

Los datos presentados en la Figura 26 indican que el 60% de los conductores nunca ha sufrido algún incidente grave al desviarse de su ruta habitual, el 27% indicó que rara vez han tenido algún tipo de problema en esas situaciones, mientras que el 13% restante afirma que casi siempre sufre algún acontecimiento negativo cada vez que no ha podido continuar por su ruta habitual.

De acuerdo a estos resultados, aunque la mayoría de los conductores logra adaptarse a rutas alternativas sin mayores complicaciones, aún existe un porcentaje bastante alto el cual experimenta problemas a la hora de circular por una ruta que no es la habitual, esto podría deberse principalmente a la falta de comunicación. Esta situación resalta la importancia de contar con herramientas tecnológicas como los sistemas de geolocalización y monitoreo.

**Figura 26***Resultados de la pregunta 9*

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 27 se muestra la pregunta 10, esta se formuló con el fin de detallar cual es la opinión de los conductores con respecto al nuevo sistema de monitoreo de variables críticas del motor que se desea implementar.

**Figura 27***Pregunta 10*

10. En una escala del 1 al 10, siendo 1 la nota más baja ¿Qué tanto cree que un sistema de monitoreo ayudaría a evitar accidentes o daños en el motor?

1
  2
  3
  4
  5
  6
  7
  8
  9
  10

Fuente: Elaboración propia (2025)

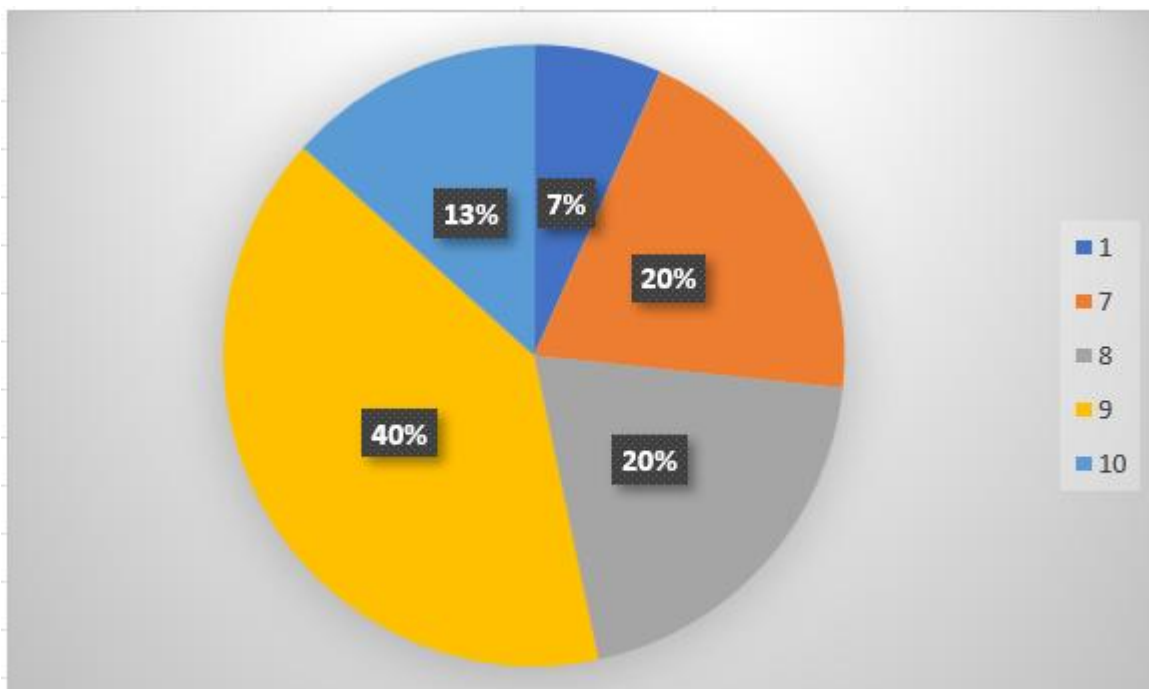
- Objetivo de la pregunta:

Obtener una valoración por parte de los conductores con respecto al impacto que puede brindar un nuevo modelo de monitoreo en la prevención de accidentes o daños causados al motor. Mediante esta pregunta se desea saber si el conductor tiene una buena impresión del sistema que se desea instalar.

- Resultados:

Analizando la Figura 28 puede observarse que el 93% de los conductores otorga una excelente calificación al nuevo sistema, esto evidencia una alta aceptación y los conductores demuestran confianza en su efectividad.

Estos resultados muestran que la mayoría de los conductores de autobús tienen una excelente percepción sobre la implementación del nuevo método de monitoreo y perciben que este ayudará significativamente en la reducción de fallas mecánicas, a la optimización del mantenimiento preventivo y al incremento en la seguridad durante la conducción.

**Figura 28***Resultados de la pregunta 10*

Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 29 se presenta la pregunta 11, la cual se confeccionó con el fin de conocer la disposición de los conductores al momento de impartir una capacitación con respecto al nuevo sistema de monitoreo.

**Figura 29***Pregunta 11*

11. ¿Estaría dispuesto a capacitarse para usar un nuevo sistema de monitoreo en los autobuses?

 Si

 No

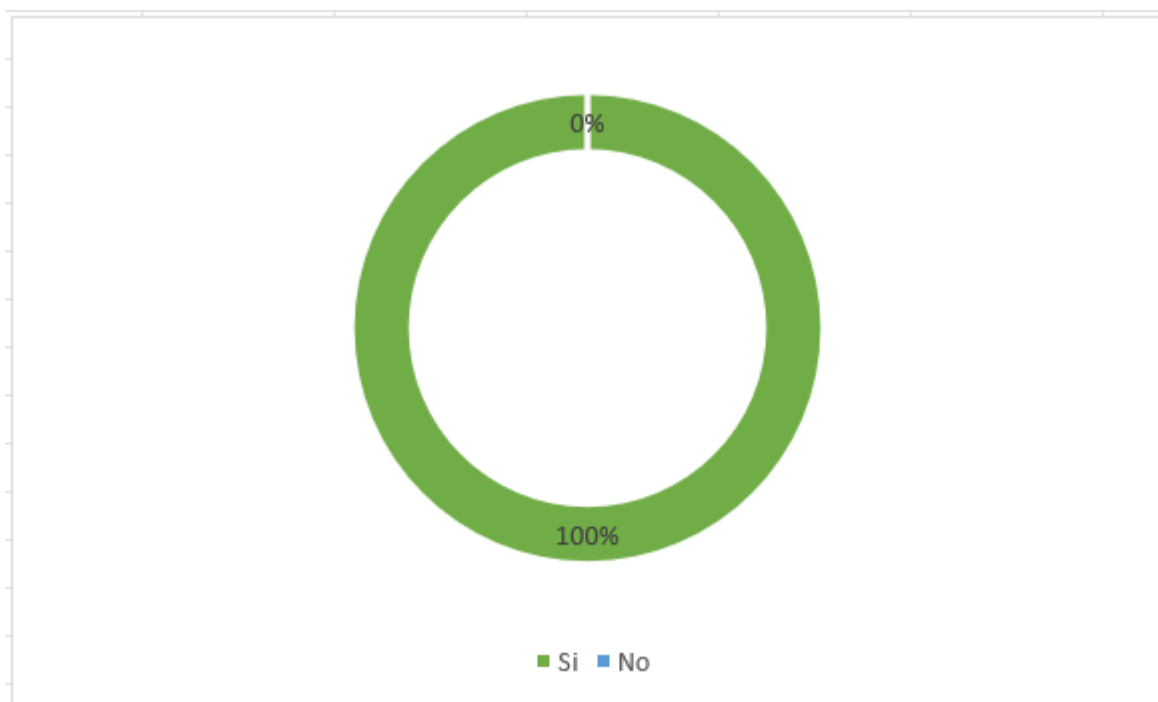
Fuente: Elaboración Propia

- Objetivo de la pregunta:

Determinar el nivel de disposición y participación de los conductores para recibir capacitación sobre el uso del nuevo sistema de monitoreo. A través de esta pregunta se pretende valorar la viabilidad de implementar el sistema y asegurar su uso adecuado. La instalación de un nuevo sistema de monitoreo requiere, además, la capacitación del personal a cargo de operarlo, por lo que es fundamental conocer si los operadores estarían dispuestos a participar en procesos formativos, que les permitan aprovechar de manera adecuada las funcionalidades del sistema y responder de manera eficaz ante cualquier alerta o fallo detectado.

- Resultados:

En la Figura 30 se muestran los resultados obtenidos, donde se observa que el 100% de los conductores encuestados estaría dispuesto a recibir capacitación para utilizar el nuevo sistema de monitoreo en los autobuses. Este resultado es altamente positivo y representativo, ya que refleja una actitud de compromiso por parte de los conductores hacia la adopción de nuevas tecnologías, que contribuirán a mejorar la seguridad, eficiencia y mantenimiento de las unidades.

**Figura 30***Resultados de la pregunta 11*

Fuente: Elaboración propia (2025)

Tras el análisis de datos obtenidos mediante la encuesta, se obtuvo un resultado favorable, en el cual la mayoría de los conductores mostró una actitud positiva respecto a la implementación de un nuevo sistema de monitoreo en los autobuses.

Con el fin de complementar esta información desde otra perspectiva, se presenta a continuación el análisis de la entrevista, el cual proporcionará apreciaciones más profundas y detalladas sobre la experiencia de los conductores, sus necesidades y opiniones con respecto a los sistemas de monitoreo con los que cuenta actualmente la empresa, así como las posibles mejoras para su implementación.

#### **4.2.3.2 Resultados de la entrevista.**

La entrevista realizada al jefe de taller y tránsito, tuvo como objetivo conocer cuáles son las fallas más comunes en los autobuses, así como indagar cual es el comportamiento de los conductores ante una falla. La información obtenida resultó de gran valor para la implementación del proyecto, debido a que aporta datos desde otro punto de vista. A continuación, se presentan los principales temas tratados en la entrevista, así como las conclusiones.

##### **Principales causas de fallas en los autobuses:**

De acuerdo con el jefe de taller, las averías más frecuentes que se presentan están relacionadas a fugas de aire, las cuales afectan el funcionamiento en general del autobús debido que existen muchos subsistemas que dependen del aire comprimido, como es el sistema de frenos, el de embrague y el sistema de apertura y cierre de puertas. Otros aspectos a considerarse como averías son los problemas en el sistema eléctrico del autobús, y en menor medida reciben fallas en el sistema de enfriamiento; estos fallos se relacionan principalmente con pérdidas de líquido refrigerante, bloqueos en el radiador y problemas con el abanico.

Por último, las fallas menos frecuentes están relacionadas al sistema de lubricación que se manifiestan principalmente en fugas de aceite (hidráulico y de motor). A pesar de ser estas fallas las menos frecuentes también son las que presentan un mayor riesgo para la operación del vehículo si no son detectadas y atendidas a tiempo.

##### **Detección y alertas de fallas:**

En relación con la detección de fallas en los autobuses, se indica que a los conductores se les capacita y enseña todo lo referente al sistema de indicadores de la unidad que se le va a asignar, debido principalmente que no todos los autobuses cuentan con el mismo panel o tipo

de indicadores. La formación que se les brinda tiene como objetivo que el conductor pueda interpretar de una manera sencilla el funcionamiento de los diferentes indicadores, permitiéndole actuar con una mayor seguridad y rapidez a la hora de enfrentarse a una avería.

### **Frecuencia y razones de daños graves en las unidades:**

En cuanto a la frecuencia con la cual se presentan daños graves en las unidades, el encargado de taller indica que estas son poco comunes. Sin embargo, la mayoría de veces que estas se presentan, suelen deberse a la omisión o la falta de atención del conductor a las señales de advertencia emitidas por el sistema de monitoreo con el cual cuenta el autobús. Esta práctica normalmente se debe a un exceso de confianza o a una mala interpretación de la información proporcionada por los indicadores. Esta práctica a pesar de presentarse de manera esporádica genera mayores costos de reparación; además de afectar significativamente la operatividad del vehículo y de la empresa en general.

El jefe del taller menciona que la implementación de un sistema de monitoreo moderno, contribuirá de manera significativa a optimizar el control de los mantenimientos preventivos y correctivos. Particularmente, destaca la utilidad de que dicho sistema cuente con la capacidad de generar alertas de manera automática ante posibles fallas o anomalías en los parámetros normales de operación. Asimismo, indica que, si los nuevos indicadores cuentan con una interfaz más clara e intuitiva, los conductores tendrían una mayor facilidad para transmitir las anomalías al encargado, ayudando a reducir el riesgo de daños mayores por omisión o por mala interpretación.

### **Sistema de geolocalización:**

Ante la sugerencia de instalar un sistema de geolocalización, el encargado de taller y tránsito considera que esta herramienta sería de gran utilidad al momento de organizar, asignar y

vigilar el recorrido de los autobuses, ya que de manera muy frecuente los conductores se desvían de su trayecto original por diferentes razones, algunas justificadas, como accidentes de tránsito o reparaciones en la carretera que generan congestionamientos severos. Sin embargo, en otras ocasiones estos desvíos se deben a decisiones personales del conductor, lo cual ha generado inconvenientes operativos. Como ejemplo, menciona que estas acciones generan que el autobús recorra distancias mayores a las previstas y en algunos casos debe circular por vías que no son las adecuadas para este tipo de vehículo, comprometiendo así tanto la seguridad como la eficiencia del servicio.

#### **Regularidad del mantenimiento preventivo:**

Se realizó la consulta sobre el mantenimiento preventivo de los autobuses, siendo la respuesta brindada que, debido al uso de productos de alta calidad, los mantenimientos preventivos los realizan cada 15.000 o 20.000 kilómetros, según lo determine el técnico encargado en función del tipo de motor. Además, destacó que, al momento en que el autobús es llevado al plantel para realizarle el cambio de aceite del motor, también realizan una revisión general del estado del vehículo, esta revisión incluye una inspección del sistema de frenos, enfriamiento, sistema eléctrico y otros componentes del autobús.

#### **Sistema de arranque y baterías:**

Se consultó sobre los problemas relacionados con las baterías y el tiempo promedio en el cual se realiza su reemplazo. Al respecto, el jefe de taller indicó que las fallas de arranque causadas por baterías descargadas son bastante frecuentes. Este problema se presenta principalmente durante las mañanas, ya que es cuando las baterías han permanecido un mayor tiempo en reposo y las bajas temperaturas que se presentan durante las madrugadas contribuyen con su descarga.

Otro aspecto que indicó el encargado de la flota es que, debido al uso de baterías de diferentes marcas, se les hace complicado estimar la vida útil promedio de las mismas. Señala incluso que, entre baterías de la misma marca se presenta variaciones significativas en su durabilidad, por lo que cambiarlas de acuerdo al tiempo de uso representa un desperdicio para la empresa. Por lo tanto, no manejan un tiempo promedio establecido para el cambio de baterías, ya que les resulta extremadamente complicado establecer un tiempo ideal para realizar el reemplazo, debido a esto el cambio de las mismas se realiza prácticamente cuando estas ya empiezan a provocar problemas de arranque en el autobús.

### **Reporte de fallas:**

Con respecto al procedimiento para el reporte de fallas, la respuesta fue que una vez que el conductor del autobús detecta una anomalía en algún sistema del autobús, debe reportarla de manera inmediata a su superior. El cual remitirá dicho reporte al técnico encargado del mantenimiento para que proceda con la revisión correspondiente.

No obstante, de acuerdo al encargado, en la práctica este procedimiento no siempre se realiza con la rapidez esperada, debido a que en ocasiones el conductor realiza el reporte del fallo hasta que finaliza su jornada laboral o hasta que la falla se agrava. Lo cual puede provocar que el problema se agrave, causando de esta manera un tiempo de inactividad mayor de la unidad y una reparación más costosa.

Otro aspecto importante mencionado es que el proceso de reporte actualmente se realiza únicamente de forma verbal o mediante mensajes informales, lo cual impide un seguimiento adecuado y la creación de un historial técnico confiable para cada unidad.

### **4.3 ANÁLISIS DE BRECHAS**

Como se mencionó en el capítulo anterior, el análisis de brecha permite identificar las diferencias que existen entre la situación actual de la empresa y el estado que se desea alcanzar con la implementación del sistema de monitoreo y alertas. En este apartado se analizan las condiciones actuales y se identifican los elementos claves que deben abordarse para reducir esa brecha. A partir de la información recopilada hasta el momento, se procede a aplicar este enfoque metodológico, realizando un análisis de brecha adaptado a este proyecto.

#### **1. Estado actual:**

Actualmente la empresa no posee un sistema automatizado, el cual permita el monitoreo en tiempo real de los parámetros críticos del motor tales como, temperatura del motor, presión de aceite, estado del sistema de generación eléctrica, estado de las baterías ni localización de las unidades. Tampoco cuenta con un programa el cual les permita manejar de manera adecuada el mantenimiento preventivo de las unidades.

La lectura de los indicadores se realiza de forma manual, con alta dependencia del conductor y en la mayoría de los casos los relojes ya se encuentran deteriorados, lo que dificulta su lectura e interpretación, aunado a esto, la verificación del correcto funcionamiento del sistema es nulo, este conjunto de limitaciones puede ocasionar errores u omisiones lo cual conllevaría a daños graves en la unidad.

#### **2. Estado deseado:**

Implementar un sistema automatizado de adquisición de datos, el cual permita monitorear en tiempo real el estado de funcionamiento de los autobuses, incluir un sistema de visualización tanto de manera local como remota y generar alertas de manera automática en caso de existir

algún valor fuera de rango o en caso que algún componente sufra algún daño. Además de registrar el historial de funcionamiento de las unidades, esto con el fin de ayudar a controlar de una manera más eficaz el mantenimiento preventivo.

Este sistema deberá también incorporar un sistema de navegación satelital, el cual ayudará para el control de las rutas, así como conocer la ubicación del vehículo en todo momento.

### **3. Brecha identificada:**

Se identifica una brecha considerable entre el estado actual y el deseado, principalmente en la falta de digitalización, automatización y el registro de los valores tomados de los sensores, así como de la ubicación del autobús. Además, se observa una ausencia de herramientas tecnológicas las cuales faciliten la toma de decisiones preventivas, y se resalta la dependencia de métodos de análisis tradicionales y poco efectivos.

### **4. Causas de la brecha:**

- Ausencia de una interfaz clara y de fácil lectura.
- Falta de sistema automatizado para la lectura de los parámetros del motor.
- No contar con un sistema de geolocalización.
- Sin un estricto control sobre los mantenimientos preventivos.

### **5. Plan de acción:**

- Crear una interfaz de usuario que permita visualizar los datos de manera clara y efectiva.
- Integrar un módulo GNSS para conocer la ubicación geográfica del autobús.
- Utilizar una base de datos y una plataforma de visualización para el monitoreo histórico y en tiempo real.

- Establecer rutinas de mantenimiento programadas de acuerdo a los acumulados históricos de las unidades.

#### **6. Monitoreo y evaluación de los resultados.**

- Se realizará un análisis de los resultados, para medir el progreso obtenido.
- En caso de ser necesario se ajustarán las mediciones o los parámetros de las mismas.

**CAPÍTULO V**  
**DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO**

En este capítulo se describe detalladamente el proceso para el diseño y el desarrollo del sistema electrónico de monitoreo propuesto en capítulos anteriores; con este diseño se espera mejorar la detección temprana de fallas en los autobuses, optimizar las rutinas de mantenimiento preventivo y lograr un mejor control sobre las rutas asignadas, gracias a la implementación del sistema de geolocalización.

Según el análisis de brechas previamente realizado, se lograron definir los requerimientos técnicos y funcionales para el sistema propuesto, así como los componentes electrónicos, herramientas de software y protocolos de comunicación necesarios para su implementación.

## **5.1 ASPECTOS DE DISEÑO**

El diseño del sistema propuesto tiene como objetivo principal mejorar la operatividad y eficiencia de la flota de autobuses. A través de la implementación de este, se espera resolver problemas críticos tales como: fallas graves causadas a los motores debido a la pérdida de lubricación o recalentamiento, así como un mejor control de las rutas por la cual circula la unidad mediante el monitoreo por dispositivo de geolocalización.

Asimismo, el sistema contempla la supervisión de las baterías y que todos los sistemas funcionen de manera adecuada. También se incorporará una función de monitoreo para agilizar el control de los mantenimientos preventivos, alertando al personal encargado sobre anomalías detectadas o revisiones pendientes.

Esto con el fin de reducir los costos operativos, brindar un mejor servicio y garantizar mayor seguridad tanto al usuario como al personal encargado de los autobuses.

La realización de este proyecto tendrá como base el Raspberry Pi 5, el cual cuenta con características avanzadas tales como: excelente capacidad de procesamiento para garantizar

una lectura precisa de los diferentes sensores, manejo fluido del monitor y visualizaciones, así como el envío eficiente de alertas en tiempo real.

Además, su capacidad para manejar grandes archivos, lo que facilita la gestión de bases de datos, para el posterior análisis de la información relevante (Mohammed & Al-Dahoud, 2023).

Para que el sistema tenga la mejor aceptación por parte del personal encargado de su uso, se planea agregar las siguientes características:

- 1. Interfaz intuitiva y de fácil uso:** mediante esta característica se busca reducir la curva de aprendizaje, de manera que se facilite la interpretación de los datos suministrados por el sistema, tanto desde el monitor instalado en el autobús como de forma remota.
- 2. Alertas visuales:** esta característica permite identificar de manera sencilla cualquier fallo que se presente en la unidad, además de alertar mediante mensaje de texto al personal encargado.
- 3. Panel de indicadores claros y codificados por colores:** haciendo más sencillo la identificación de las condiciones actuales del motor, la identificación mediante colores ayuda a tener más seguridad a la hora de operar el vehículo.
- 4. Compatibilidad con dispositivos móviles:** con esto se pretende que las condiciones del autobús puedan ser monitoreadas desde cualquier lugar y con cualquier dispositivo que posea conexión con internet.
- 5. Registros históricos automáticos:** esta funcionalidad permitirá almacenar y supervisar de manera ordenada la información referente a las variables del motor, así como a los recorridos del autobús. Esta información será una herramienta clave, la cual permitirá planificar y ejecutar de manera más precisa los mantenimientos preventivos y correctivos.

A parte de las características mencionadas, el sistema contará con las siguientes funciones:

1. Monitoreo en tiempo de real de parámetros críticos del motor.
  - Voltaje del sistema eléctrico.
  - Temperatura del refrigerante del motor.
  - Presión de aceite.
2. Sistema de geolocalización
  - Seguimiento en tiempo real de rutas.
  - Registro histórico de rutas.
3. Gestión de mantenimiento preventivo
  - Recordatorios automáticos de acuerdo al kilometraje.
4. Alertas visuales a bordo.
  - Código de colores (verde, amarillo, rojo) para cada indicador.
  - Pantalla de advertencia en caso de falla grave.
5. Comunicación y notificaciones
  - Envío de alertas por telegram al personal encargado.
  - Monitoreo remoto desde cualquier dispositivo, a través de grafana.
6. Registro de historial en base de datos
  - Base de datos en la Raspberry para respaldo.

De acuerdo con los requerimientos planteados y tras realizar un análisis detallado de los principales aspectos del diseño, en la Figura 31 se presenta un diagrama general del prototipo que posteriormente se implementará. En este diseño se integran los componentes y las funcionalidades necesarias para cumplir con los objetivos del sistema, garantizando así, la eficiencia, robustez y escalabilidad del sistema.

El sistema a implementar se encuentra dividido en dos partes, la primera parte se compone de una Raspberry Pi Pico, el cual se encarga de recolectar los datos de los sensores y realizar el procesamiento inicial de las señales. Estos datos son enviados mediante el protocolo USB hacia la segunda parte del sistema. La segunda parte se basa en la Raspberry Pi 5, la cual se encarga de ejecutar las funciones de mayor complejidad, tales como el monitoreo del sistema de GPS, la comunicación con el monitor, la integración con las plataformas de comunicación y la ejecución de procesos adicionales de análisis y gestión.

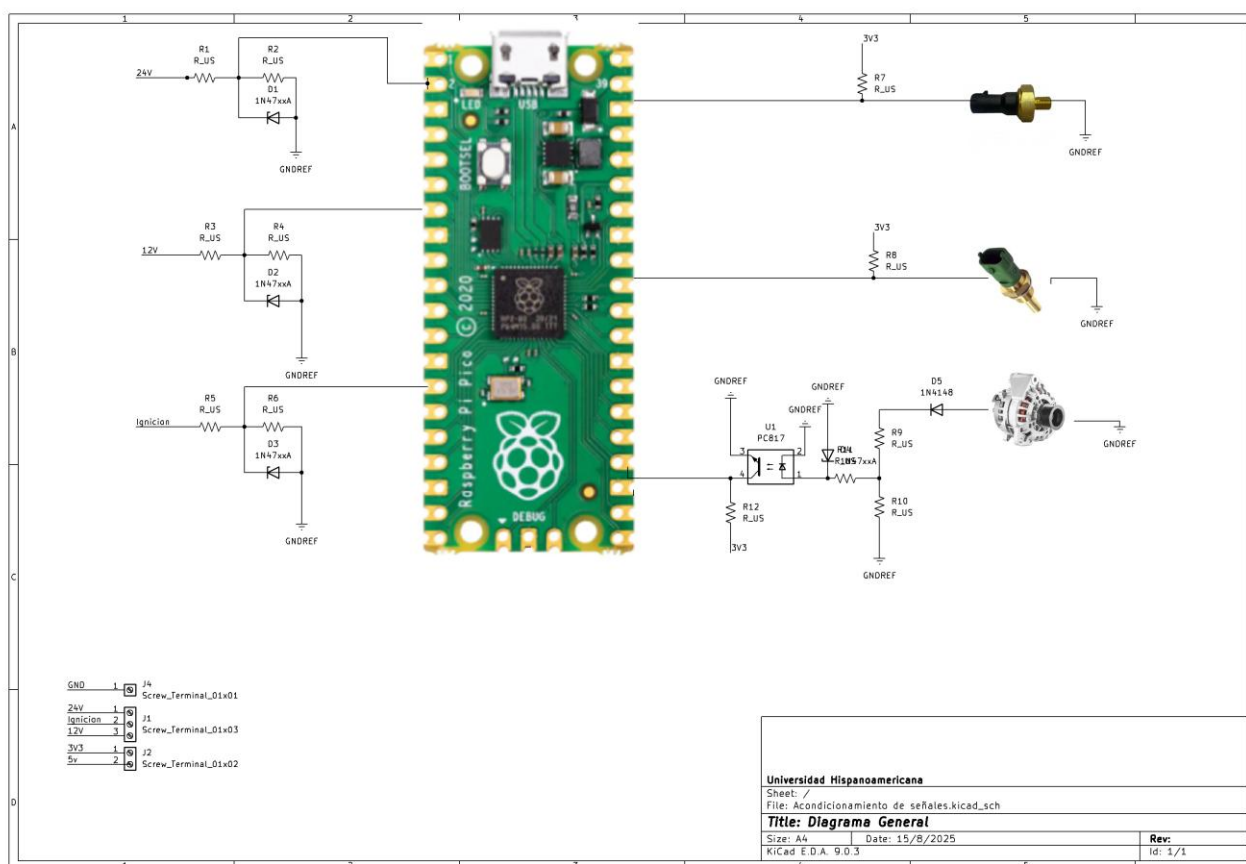
Los beneficios a destacar de esta separación de procesos son los siguientes:

- La Raspberry Pi Pico, al encargarse de la toma y procesamiento de señales en tiempo real, libera a la Raspberry Pi 5 de tareas de bajo nivel, lo que contribuye a una optimización más eficiente de los recursos.
- La Pico consume menos energía en la etapa de muestreo, esto permite una operación más eficiente en cuanto al consumo energético.
- Se consigue una mayor escalabilidad, ya que se puede actualizar la Raspberry 5 para nuevas funciones sin alterar la etapa de adquisición de datos, o se pueden agregar funciones extra al sistema de adquisición de datos sin manipular la Raspberry 5.
- Ante una falla en alguna de las partes, la otra puede seguir funcionando, de esta manera se brinda robustez al sistema y se mejora la confiabilidad del mismo.
- Permite un diseño modular en cada etapa puede ser probada y optimizada de manera independiente, lo cual brinda una excelente facilidad de desarrollo.

- Permite aislar a la Raspberry Pi 5 de la etapa de recolección de datos, donde se manejan voltajes relativamente altos que podrían exponer el dispositivo principal y más costoso a un daño grave.

**Figura 31**

*Diagrama general del sistema de recolección de señales*

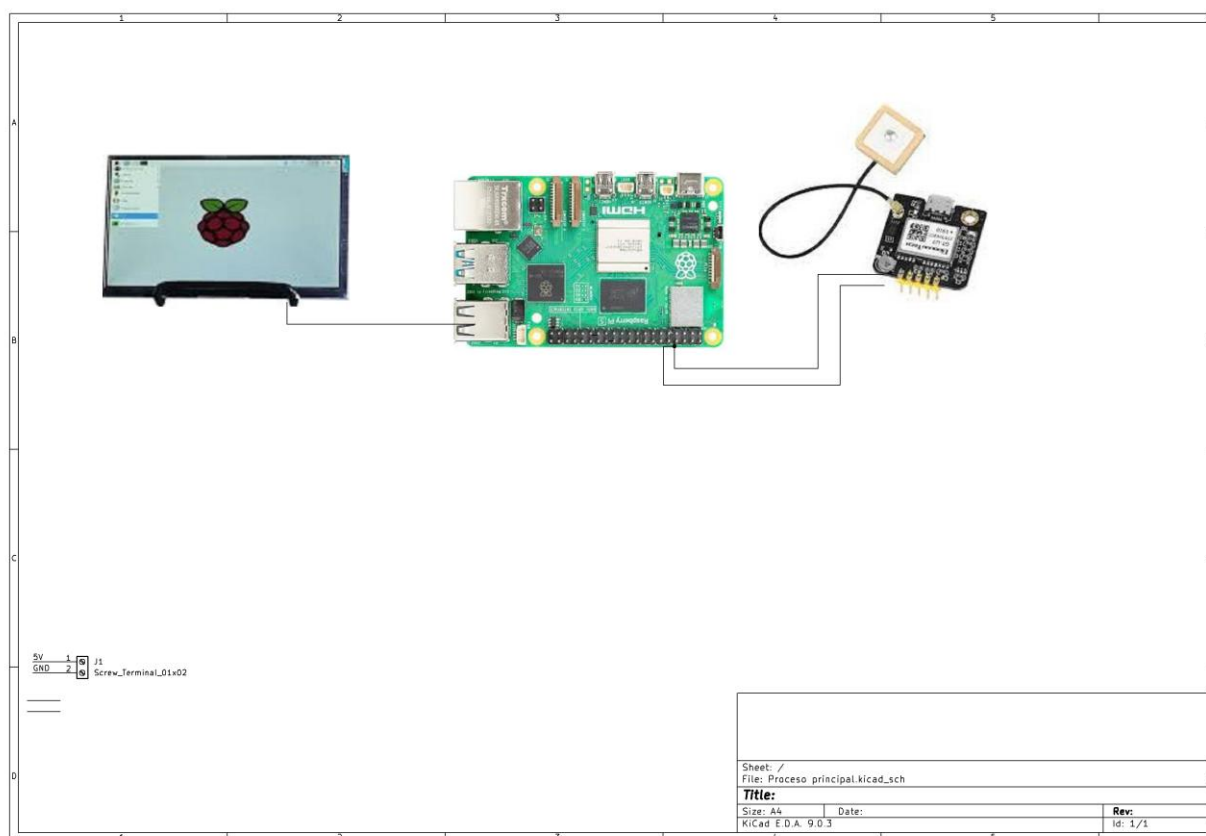


Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 32 se muestra la segunda etapa del proyecto, en esta se contempla la recepción de los valores enviados desde el Raspberry Pi Pico, la recepción de la señal GNSS para conocer la ubicación de la unidad en tiempo real. Asimismo, se incorpora la implementación de una interfaz gráfica la cual permitirá la visualización de la información y alertará ante cualquier error.

**Figura 32**

*Proceso principal del proyecto*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Además, se han contemplado aspectos de optimización en el uso de los recursos y facilidad de mantenimiento, esto permitirá futuras mejoras sin comprometer la estabilidad actual.

En la siguiente etapa se contempla tanto la construcción como las pruebas al prototipo, validando así cada una de sus partes, lo cual garantizará el correcto funcionamiento de acuerdo a las especificaciones establecidas.

## **5.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROTÓTIPO**

En este apartado se lleva a cabo el desarrollo del prototipo propuesto. Para esta función se parte del diseño establecido anteriormente, tomando en cuenta los requerimientos del sistema. En este proceso de construcción se selecciona de manera adecuada los materiales y componentes necesarios, las mejores herramientas y técnicas a utilizar. Esta parte del proyecto constituye un paso fundamental, ya que se pasa del diseño teórico a un sistema tangible, mediante el cual se evaluará y optimizará su funcionamiento realizando diferentes pruebas controladas.

### **5.2.1 Verificación de sensores presentes en el autobús**

Dado que el proyecto contempla el uso de sensores y señales presentes en la unidad, es necesario analizar detalladamente el funcionamiento de las mismas. Este estudio permitirá conocer tanto sus características como su funcionamiento específico, esto con el fin de utilizar dichas señales de manera correcta para lograr el objetivo deseado con la mayor precisión posible. A continuación, se detallan las características más relevantes de estas:

#### **1. Sensor de temperatura de motor**

El sensor de temperatura utilizado en el motor de este autobús es un termistor del tipo NTC. Para conocer las características de este, se le realizaron pruebas fuera de la unidad a fin de conocer los valores de la resistencia del sensor a diferentes temperaturas. En la Figura 33 se puede observar algunos de los valores indicados por el termistor, los cuales dependen de la

temperatura del agua, se destaca el valor de la resistencia a 25° Celsius, debido a que este valor es utilizado por el fabricante como resistencia nominal a la hora de comercializar el sensor.

**Figura 33**

*Lectura de valores del termistor*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Los diferentes valores obtenidos en la prueba se muestran en la Tabla 55, estos valores se utilizarán posteriormente en la ecuación de Steinhart-Hart, la cual es una expresión empírica que se ha determinado como la mejor expresión matemática para la relación entre la temperatura de resistencia de los termistores NTC y los conjuntos de sonda NTC (AMETHERM, 2025). Cabe resaltar que mediciones de temperaturas inferiores a 11° Celsius reportaran un error, debido a que esta medición se tomará para detectar errores en el sistema de enfriamiento. Esto se hace así, ya que es muy difícil que esta temperatura se presente en el valle central.

**Tabla 5**

*Valores de resistencias de acuerdo a temperaturas*

Temperatura en grados Celsius	Temperatura en Kelvin	Resistencia en Ohm
11°	284.15	1500
25°	298.15	761
40°	313.15	390
55°	328.15	211
70°	343.15	123

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de Steinhart-Hart más común es la siguiente:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln R + C [\ln R]^3$$

Donde T es la temperatura en Kelvin, R pertenece a la resistencia en Ohm y A, B y C son coeficientes brindados por el fabricante, sin embargo, ante la ausencia de esa información se deberán calcular a partir de los siguientes pasos.

1. Medir la resistencia del termistor a diferentes temperaturas, de manera uniforme y al menos con una diferencia de 10° Celsius.
2. Usar las siguientes ecuaciones:

$$\frac{1}{T_1} = A + B \ln R_1 + C [\ln R_1]^3$$

$$\frac{1}{T_2} = A + B \ln R_2 + C [\ln R_2]^3$$

$$\frac{1}{T_3} = A + B \ln R_3 + C [\ln R_3]^3$$

$$L_1 = \ln R_1, \quad L_2 = \ln R_2, \quad L_3 = \ln R_3$$

$$Y_1 = \frac{1}{T_1}, \quad Y_2 = \frac{1}{T_2}, \quad Y_3 = \frac{1}{T_3}$$

$$\gamma_2 = \frac{Y_2 - Y_1}{L_2 - L_1}, \quad \gamma_3 = \frac{Y_3 - Y_1}{L_3 - L_1}$$

$$C = \left( \frac{\gamma_3 - \gamma_2}{L_2 - L_1} \right) (L_1 + L_2 + L_3)^{-1}$$

$$B = \gamma_2 - C(L_1^2 + L_1 L_2 + L_2^2)$$

$$A = Y_1 - L_1(B + CL_1^2)$$

Con estas igualdades se consiguen los coeficientes necesarios para aplicar la ecuación.

(AMETHERM, 2025).

Mediante medidas realizadas al termistor y el uso correcto de esta ecuación no se obtuvo en ningún caso un error mayor a 0.7 grados Celsius, lo cual demuestra que esta ecuación tiene una excelente precisión.

## 2. Sensor de presión de aceite.

El sensor de presión de aceite que utiliza este vehículo se muestra en la Figura 344. Este sensor viene enroscado al motor cerca del filtro de aceite, su función es encender o apagar una luz indicadora de presión que se encuentra en el tablero. Su funcionamiento es similar al de un interruptor el cual cambia de estado dependiendo de si se tiene o no, una determinada presión de aceite en el motor.

En este caso la carcasa del bulbo de aceite hace contacto con la parte negativa del motor, cuando la presión de aceite es menor a 0.8 bar, la tierra del motor conecta con la terminal de salida y cierra el circuito que conecta con una lampara que recibe positivo por la otra terminal desde la ignición del vehículo por lo que la lampara se ilumina, una vez que la lubricación supera este valor el circuito se abre y la lampara se apaga. Al ser esta una señal de tipo on/off no requiere ningún proceso para ser leída por el microcontrolador y se aplicará como señal digital.

### **Figura 34**

*Bulbo de presión de aceite*



Fuente: (AustroDiesel, 2025)

### **3. Revoluciones por minuto del motor**

Las revoluciones por minuto (RPM) en este motor son tomadas del alternador, este posee una terminal W, la cual emite una señal senoidal con una tensión RMS alrededor de los 14 Volts y una frecuencia variable dependiendo de las revoluciones del motor, por lo tanto, para utilizar esta señal será necesario seguir algunos pasos, los cuales se describirán a continuación:

1. Recortar la señal alterna, para esto se utilizará un diodo rectificador.
2. Reducir el voltaje a un valor seguro para dispositivos electrónicos.
3. La señal de salida del alternador se usará para la activación del LED de un optoacoplador, mediante una resistencia en serie para limitar la corriente.
4. Cada vez que la señal del alternador alcance el nivel suficiente para encender el LED, se activará el optoacoplador el cual cierra el circuito del lado de la salida.
5. El paso anterior produce un pulso digital compatible con la entrada del microcontrolador.
6. Mediante software leemos la frecuencia de la señal.
7. Finalmente, será necesario conocer la relación que tiene la polea del alternador con respecto a la polea del motor, esto con el fin de realizar una correcta medición de las RPM.

Una vez ejecutados estos pasos, la señal se podrá leer desde el microcontrolador y mediante software se medirá la frecuencia de giro del alternador, con lo cual se indicarán las revoluciones del motor.

### **4. Lectura del voltaje 12/24 Volts**

Para medir correctamente el voltaje de las baterías tanto el circuito de 24 Volts como el de 12 Volts, se utilizará un divisor de tensión para bajar estos voltajes a un valor de tensión seguro;

posteriormente este voltaje se pasará a través de un ADC para convertirla a señal digital la cual se ingresará al microcontrolador para realizar las lecturas respectivas. Adicionalmente se agregará algún dispositivo de seguridad para evitar daños en la parte electrónica en caso que exista alguna falla que provoque que la tensión se eleve.

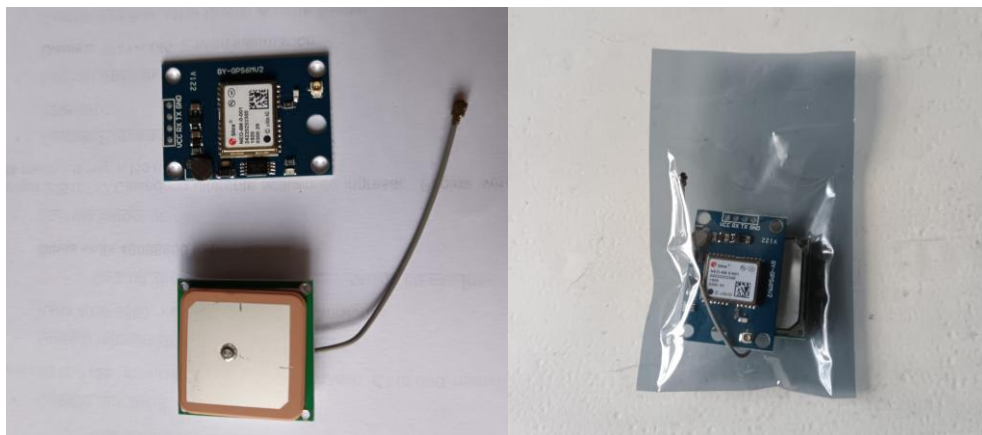
### 5. Dispositivo de geolocalización.

Para la localización satelital del autobús se utilizará el módulo KEAcvise NEO-6m, el cual se puede observar en la Figura 355, entre las principales características de este chip se destacan las siguientes:

- Precisión de posicionamiento de  $\pm 2.5$  metros.
- Consumo de corriente sumamente bajo alrededor de los 45 mA en modo normal de uso.
- Protocolos de comunicación UART, I<sup>2</sup>C y SPI.
- Voltaje de alimentación (3.5 – 5) VDC.
- Conexión únicamente con la constelación GPS.

**Figura 35**

*Dispositivo de geolocalización KEAcvise NEO-6m*



Fuente: Elaboración propia (2025)

A partir de la información recolectada en este apartado, se procederá con el armado y configuración del prototipo, para asegurar que todos los componentes se integren de la manera correcta y verificar que el sistema cumple con los requerimientos establecidos. En esta etapa se llevará a cabo la conexión física de los módulos, además, se realizará la implementación del software necesario para su óptico funcionamiento.

### **5.2.2 Ensamblaje del prototipo**

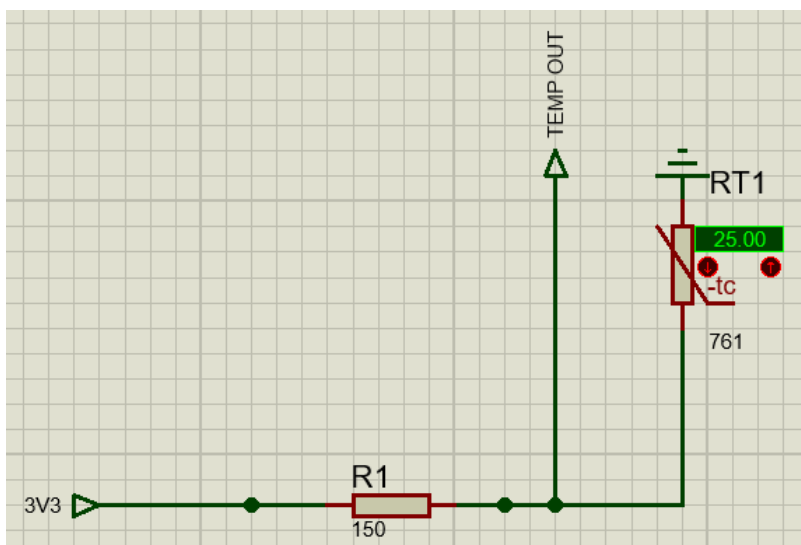
Para el ensamblaje del prototipo se utilizarán diferentes dispositivos con el fin de simular algunas de las señales indicadas en el apartado anterior. Las mismas serán descritas de manera detallada conforme se vayan integrando y montando en el prototipo.

#### **1. Señal de temperatura de motor.**

Para la simulación de esta variable se utilizó el sensor del autobús. En la Figura 366 se muestra el diagrama para el acondicionamiento de la señal recibida desde el termistor. En esta se reciben 3.3 V desde la fuente de entrada y mediante un divisor de tensión se reduce a un máximo de 3 V, voltaje que se alcanzará si la temperatura llegara a 11° C. Si el microcontrolador lee un voltaje mayor a 3 V lo reflejara en la pantalla como error en el sistema, esto puede ocurrir si se daña el sensor o si la línea se abre.

**Figura 36**

Diagrama para conexión de la señal de temperatura del motor



Fuente: Elaboración propia (2025)

Para el cálculo del divisor de tensión se usó la siguiente fórmula:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{IN}$$

Para este caso a una temperatura de 11° C, el termistor marca una resistencia de 1.5 KΩ, el cual sería el valor máximo de  $R_2$ . Como se desea que el valor máximo de  $V_{OUT}$  sea de 3V, se despeja la ecuación quedando de la siguiente manera:

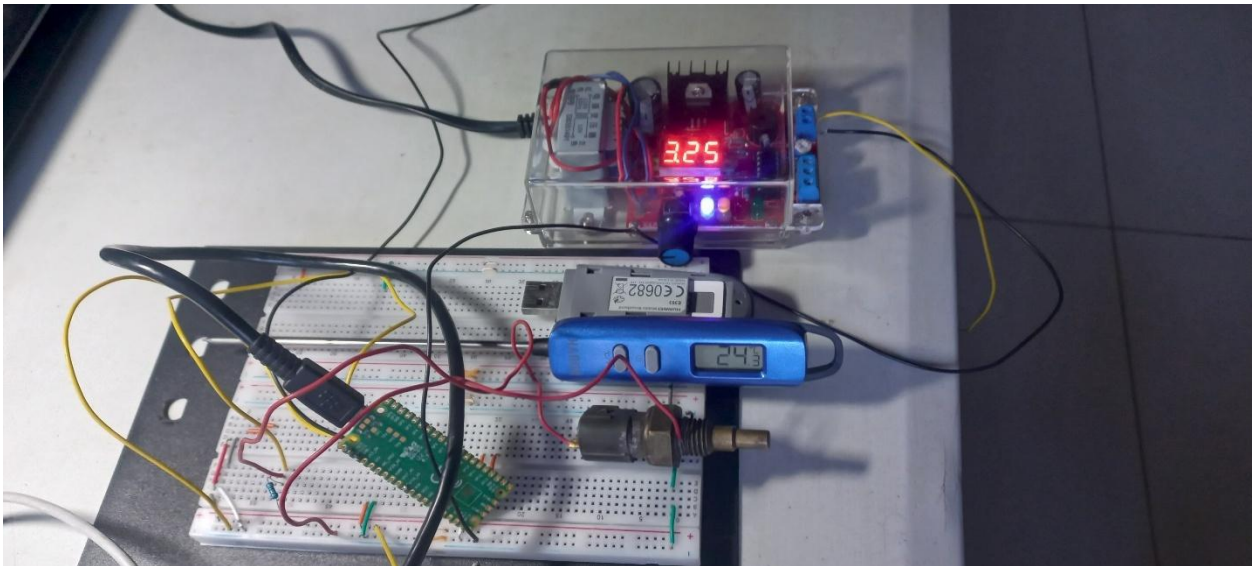
$$R_1 = \frac{R_2(V_{IN} - V_{OUT})}{V_{OUT}} \qquad R_1 = \frac{1500(3.3 - 3)}{3} \qquad R_1 =$$

150 Ω

En la Figura 377 se muestran las pruebas que se le realizaron al sistema, en este caso y por seguridad de los dispositivos electrónicos únicamente se midió temperatura ambiente la cual en el momento de la prueba rondaba los 24° C.

**Figura 37**

*Prototipo sistema de temperatura*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la

Figura 388 se muestran los datos reflejados en el monitor del programa, al comparar la temperatura marcada en el termómetro con estos datos, se tiene que la diferencia máxima no excede 1°, lo cual indica que el sistema funciona de manera correcta.

**Figura 38**

*Datos de temperatura en la consola del programa*

```
Consola ×
Temperatura: 24.70 °C
Temperatura: 24.56 °C
Temperatura: 24.34 °C
Temperatura: 24.45 °C
Temperatura: 24.12 °C
Temperatura: 23.71 °C
Temperatura: 23.89 °C
Temperatura: 24.01 °C
Temperatura: 23.93 °C
Temperatura: 24.04 °C
Temperatura: 24.12 °C
```

Fuente: Elaboración propia (2025)

Además, se midió el sensor a una temperatura de 98°C, la cual se usa como referencia máxima debido a que es una temperatura bastante elevada para el motor en el cual se montará el sistema. A esta temperatura el sensor indicó una resistencia de 50  $\Omega$ . Calculando el divisor de tensión se tiene que:

$$R_T = 150\Omega \text{ Resistencia fija} + 50\Omega \text{ valor minimo de termistor}$$

$$R_T = 200\Omega$$

$$I_T = \frac{3.3}{200} = 16.5 \text{ mA}$$

Para calcular la potencia disipada por las resistencias:

$$P_{R1} = (16.5 * 10^{-3})^2 * 150 = 40.84 \text{ mW}$$

$$P_{R2} = (16.5 * 10^{-3})^2 * 50 = 13.61 \text{ mW}$$

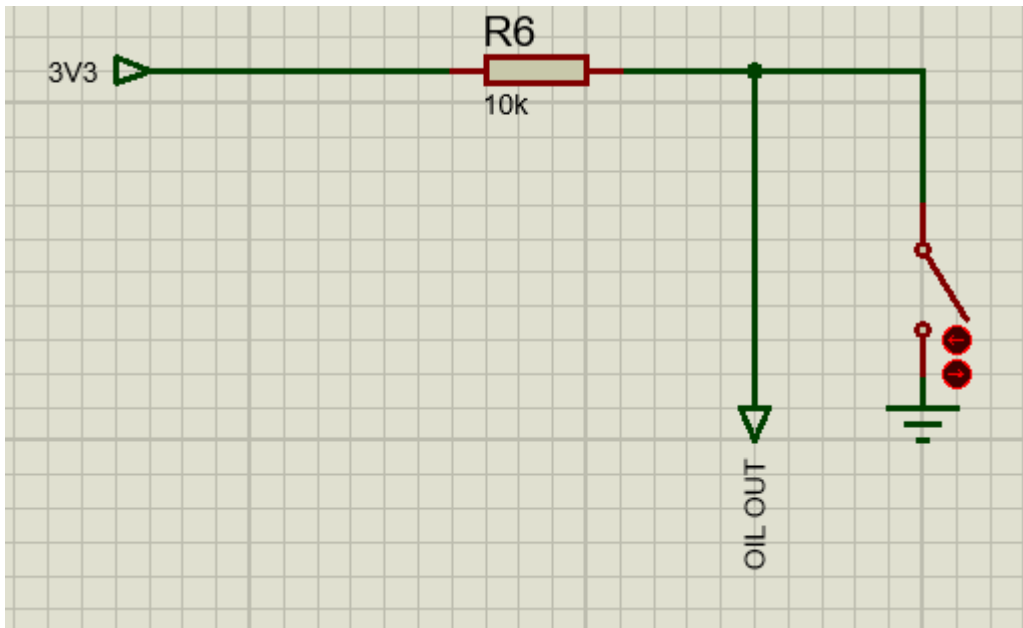
Para  $R_1$  se utiliza una resistencia de 250 mW, por lo tanto, el circuito trabaja de manera correcta aun con valores de temperatura máximos.

## 2. Presión de aceite.

Para replicar el sensor de presión de aceite del motor se utilizará un pulsador, este simula de manera adecuada su comportamiento. En la Figura 399 se muestra el diagrama del circuito para la lectura de la señal, en este se utiliza una resistencia de pull-up de 10 K $\Omega$  la cual se conecta entre el pin de alimentación de 3.3 V y la terminal de entrada del microcontrolador. Así se logra que cuando el pulsador está abierto simulando presión normal de operación la entrada lee un nivel lógico alto, y si el botón se presiona la entrada se conecta a tierra y se registra un nivel lógico bajo, indicando baja presión de aceite.

**Figura 39**

*Diagrama circuito presión de aceite*



Fuente: Elaboración propia (2025)

### 3. Revoluciones del motor

Inicialmente revisamos las principales características del optoacoplador, estas se presentan en la Figura 40 donde se muestra la hoja de datos del mismo.

**Figura 40**

*Hoja de datos PC817*

#### SHARP PC817 Series

##### ■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

	Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	$I_F$	50	mA
	*1 Peak forward current	$I_{FM}$	1	A
	Reverse voltage	$V_R$	6	V
	Power dissipation	$P$	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	$V_{CEO}$	35	V
	Emitter-collector voltage	$V_{ECO}$	6	V
	Collector current	$I_C$	50	mA
	Collector power dissipation	$P_C$	150	mW
	Total power dissipation	$P_{tot}$	200	mW
	*2 Isolation voltage	$V_{iso}$	5 000	$V_{rms}$
	Operating temperature	$T_{opr}$	- 30 to + 100	°C
	Storage temperature	$T_{stg}$	- 55 to + 125	°C
	*3 Soldering temperature	$T_{sol}$	260	°C

\*1 Pulse width  $\leq 100 \mu s$ , Duty ratio : 0.001

\*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

\*3 For 10 seconds

##### ■ Electro-optical Characteristics (Ta= 25°C)

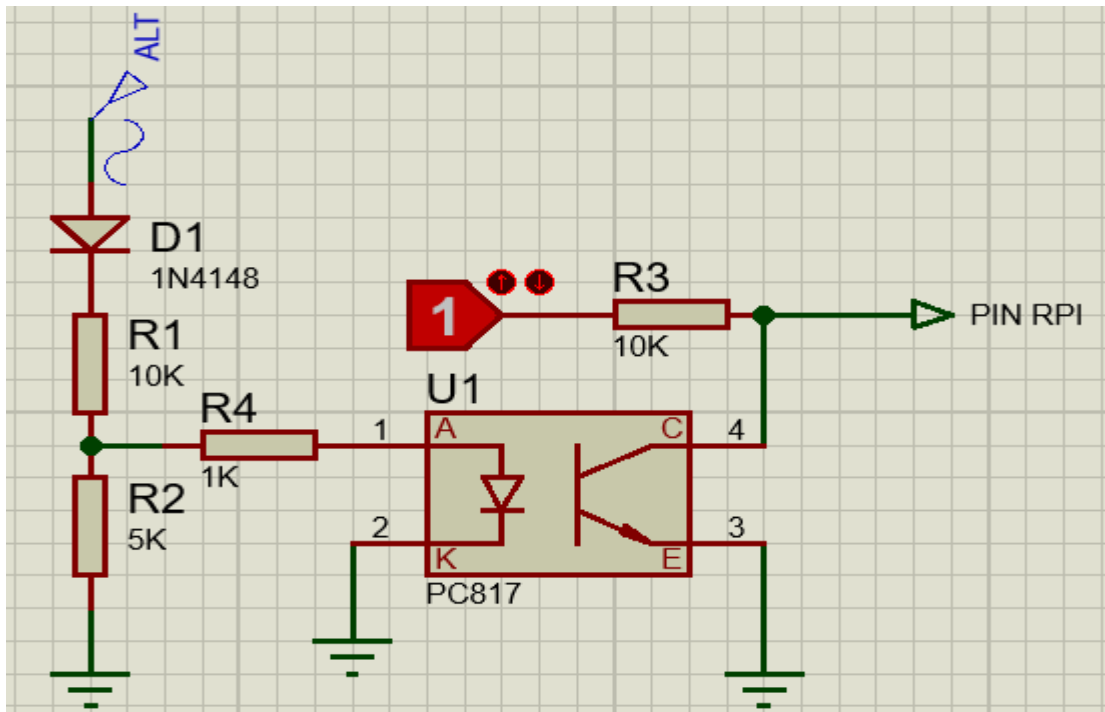
	Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	$V_F$	$I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage	$V_{FM}$	$I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V
	Reverse current	$I_R$	$V_R = 4V$	-	-	10	$\mu A$
	Terminal capacitance	$C_t$	$V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF
Output	Collector dark current	$I_{CEO}$	$V_{CE} = 20V$	-	-	$10^{-7}$	A
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	$R_{ISO}$	DC500V, 40 to 60% RH	$5 \times 10^{10}$	$10^{11}$	-	$\Omega$
	Floating capacitance	$C_f$	$V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	$f_c$	$V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100 \Omega, -3dB$	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	$t_r$	$V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100 \Omega$	-	4	18
Fall time		$t_f$	-		3	18	$\mu s$

Fuente: (SHARP, s.f.)

En la Figura 41 se muestra un diagrama del circuito planteado, inicialmente se recibe la señal del alternador la cual ronda un voltaje de corriente alterna RMS de 14V, esta señal se recorta con un diodo 1N4148, después de recortar la onda su voltaje se disminuye usando un divisor de tensión con  $R1= 10\text{ K}\Omega$  y  $R2= 5\text{ K}\Omega$  lo cual genera un voltaje central de 4.6 Volts. En este punto se conecta el ánodo del optoacoplador el cual se activará cada vez que la señal del alternador este en un voltaje alto. En la salida del optoacoplador se conecta el emisor a tierra y el colector a un pin de la Raspberry, además se coloca una resistencia Pull Up de  $10\text{ K}\Omega$  para mantener la señal siempre con un valor fijo y evitar lecturas erráticas o inestable. Posteriormente, mediante software se medirá la frecuencia de la señal y se calcula las RPM del motor.

**Figura 41**

*Diagrama sistema de RPM de motor*

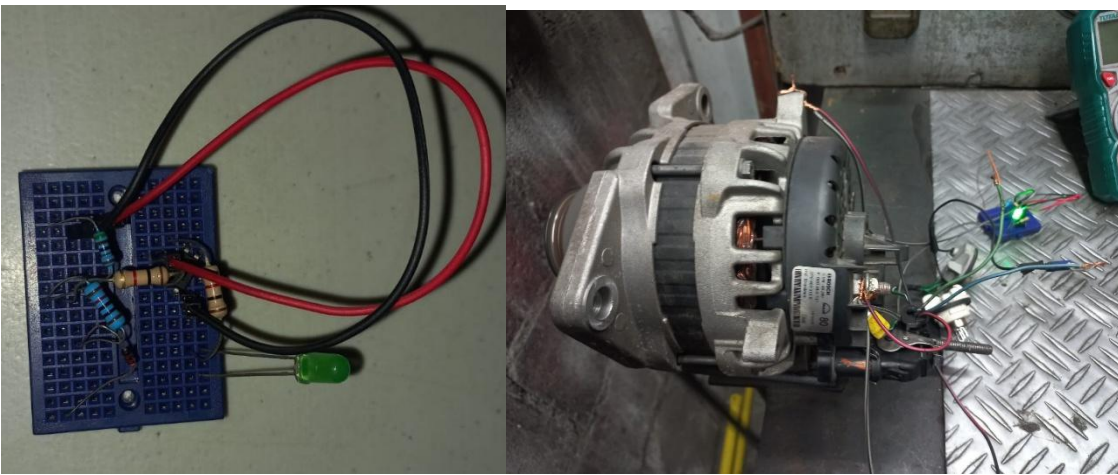


Fuente: Elaboración propia (2025)

A continuación, se muestran algunas de las pruebas que se realizaron para verificar el funcionamiento del sistema. Inicialmente se diseñó el circuito en protoboard como se muestra en Figura 42, en este caso la señal que leerá el microprocesador se sustituyó por un LED. Posteriormente se usó un alternador para la verificación, todas las pruebas tuvieron resultados exitosos.

**Figura 42**

*Circuito para la lectura de RPM*



Fuente: Elaboración propia (2025)

#### **4. Lecturas de voltajes de la batería 12/24 Volts**

Para la lectura del voltaje de las baterías tanto en 24 Volts como en 12 Volts, inicialmente se calculó el divisor de tensión ideal para cada caso:

Para 24 V nominales se calcula previendo una generación máxima de 30 V, debido que valores por encima de este voltaje no son seguros para el autobús y reflejan un error en la regulación:

$V_{IN} = 30 \text{ V}$ , considerando  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  se calcula  $R_2 = 1.2 \text{ K}\Omega$ .

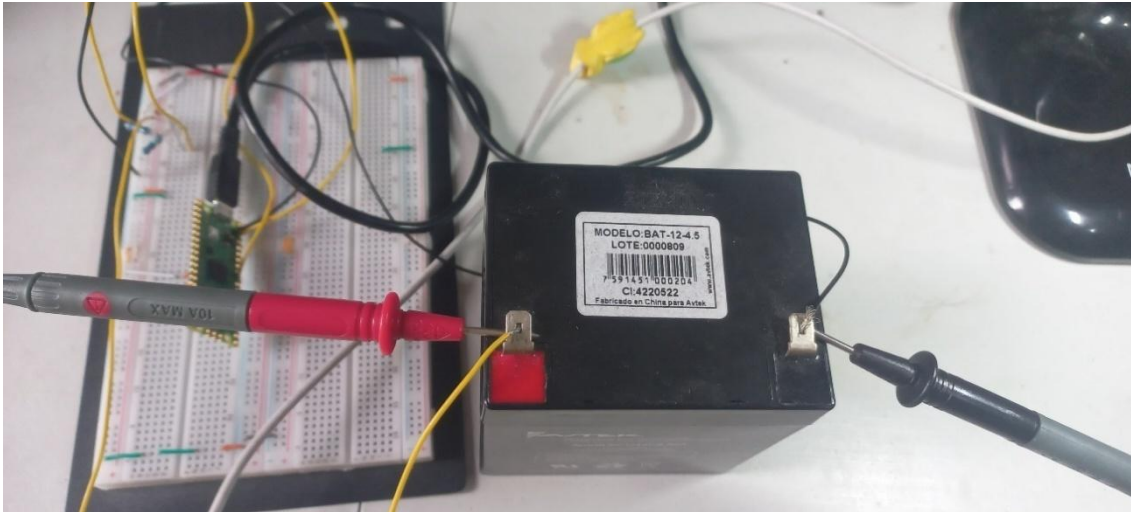
Para 12 V nominales está basado en un voltaje máximo de 15 V, por lo que:

$V_{IN} = 15 \text{ V}$ , manteniendo  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  se calcula  $R_2 = 2.7 \text{ K}\Omega$ .

En la Figura 43 se observa la conexión para realizarle pruebas a una batería, tanto con el microcontrolador como con el multímetro para comparar ambos valores.

### Figura 43

*Pruebas al sistema de 24 V*

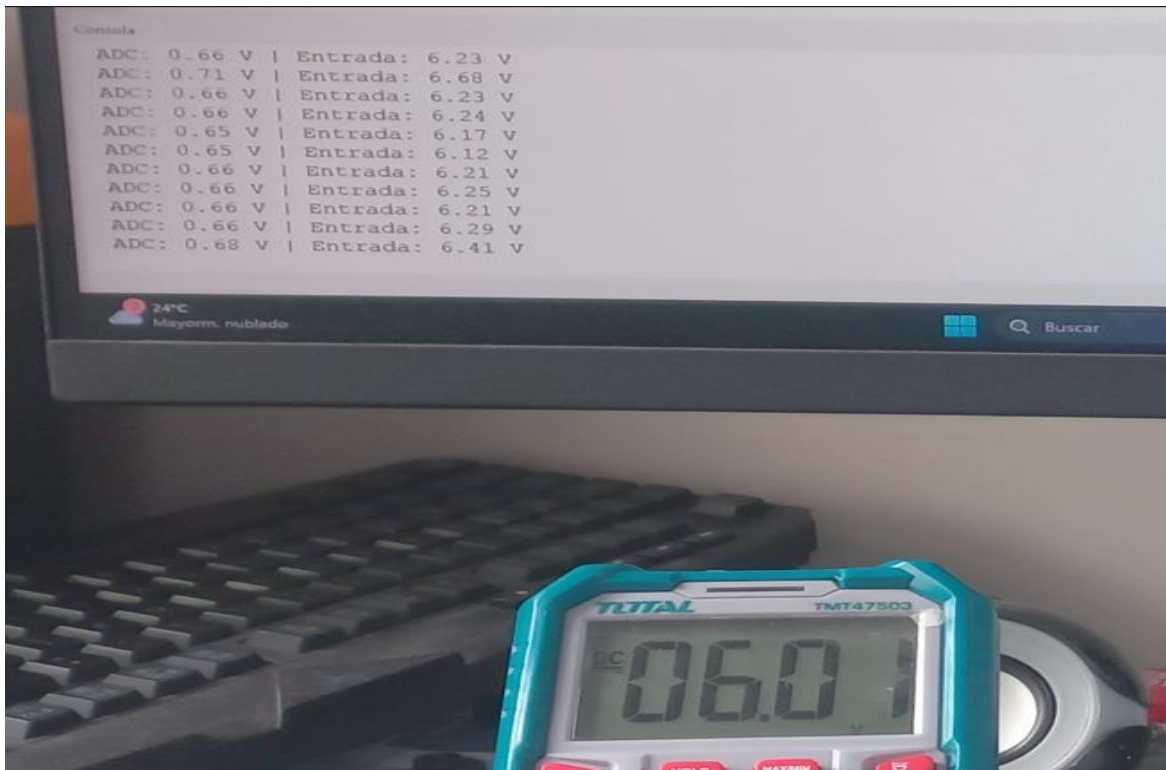


Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 44 se muestra la comparación de dichos valores. Como se observa, la diferencia entre el voltaje medido con el multímetro y la que se obtiene con el microcontrolador es menor a 1 Volt; esta diferencia no compromete la confiabilidad de las lecturas ni el funcionamiento del sistema, por lo tanto, se considera aceptable para este proyecto.

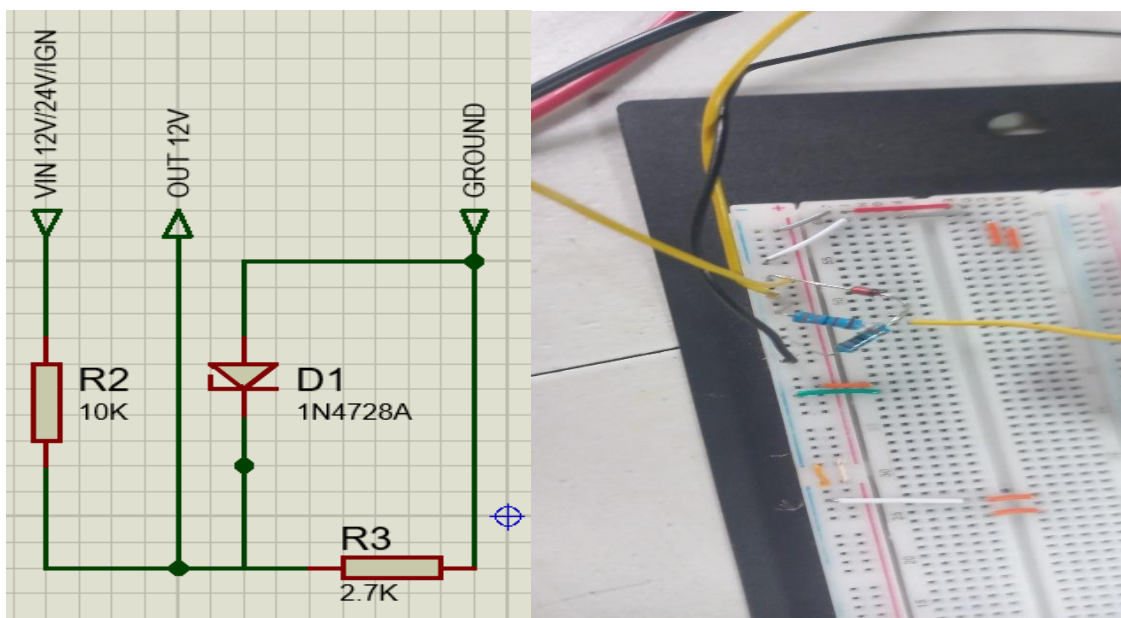
### Figura 44

*Valores de medición de la prueba del sistema de 24 V.*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 45 se muestra un diagrama general para el monitoreo de los 12 V, 24 V y la señal de ignición, esta última indispensable para realizar varios diagnósticos. En todos los casos se añade un diodo Zener, dicho dispositivo funciona como regulador de tensión ante diferentes situaciones en las cuales la señal que llega al microcontrolador sobrepase los 3.3 Volts aceptados por el mismo, lo cual dañaría el dispositivo de manera permanente.

**Figura 45***Circuito de conexión 12/24 V*

Fuente: Elaboración propia

## 5. Dispositivo de geolocalización

Para conocer la ubicación del vehículo se utilizó un dispositivo de geolocalización basado en el módulo NEO 6m. Este incluye una antena de cerámica, la cual fue sustituida por una antena activa para mejor recepción. Un voltaje de funcionamiento de 3 a 5 V, y las señales que salen del GPS son de 3.3 Volts, por lo que puede conectarse directamente a la Raspberry. En la Figura 46 se muestra la adaptación del dispositivo al sistema, como se puede observar, la conexión del mismo se realiza de manera sencilla, requiriendo únicamente la conexión de cuatro cables, los cuales son:

VCC: el cual se conecta a 5 V de la Raspberry.

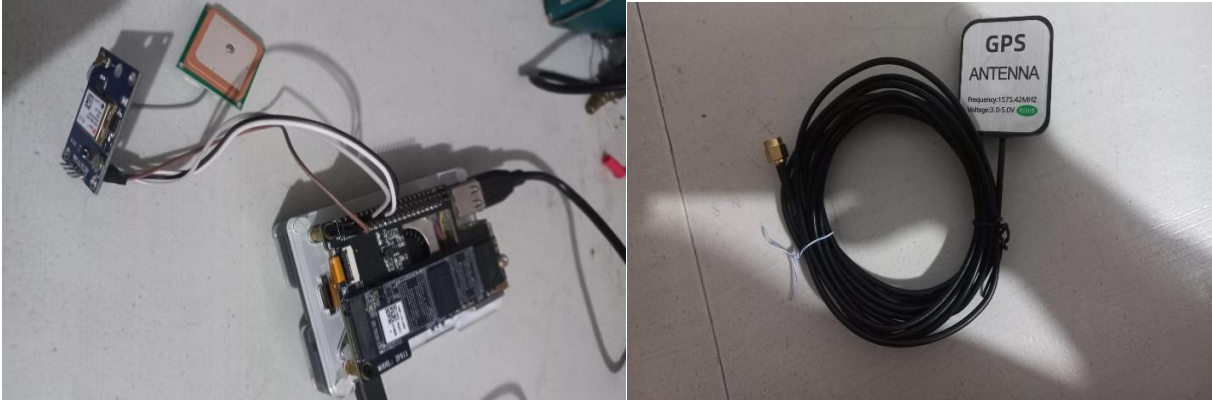
GND: que se conecta a la tierra de la Raspberry.

RX: este pin se conecta al pin TX de la Raspberry.

TX: se conecta al pin RX de la Raspberry y mediante estos pines se establece la comunicación UART.

**Figura 46**

*Modulo para geolocalización*

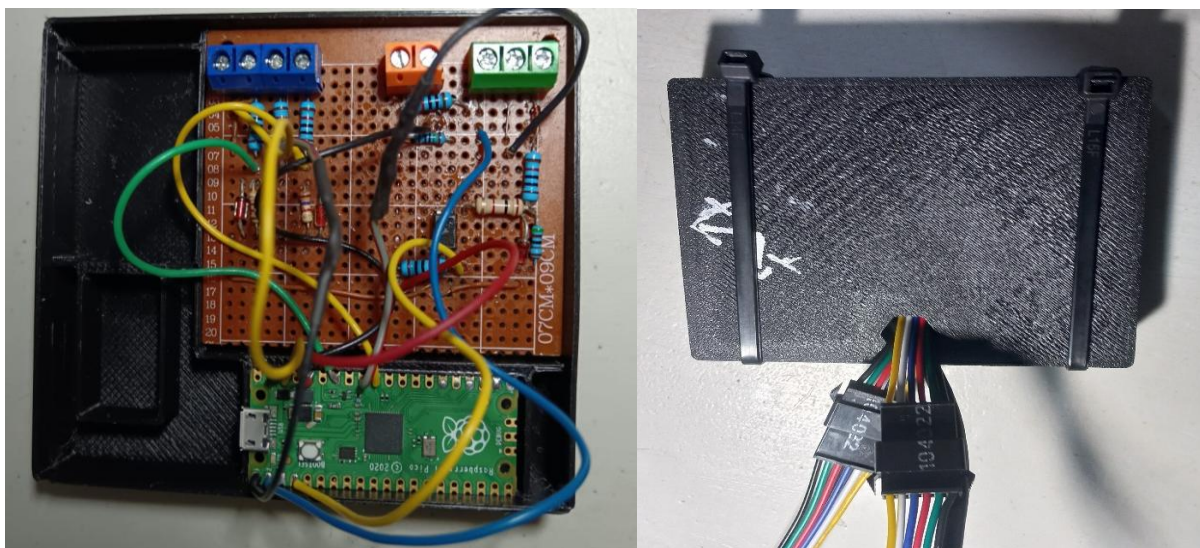


Fuente: Elaboración propia (2025)

## **6. Etapa de recolección de datos del motor.**

Los componentes necesarios para la etapa de recolección de datos se muestran en la Figura 47, los mismos fueron montados en una caja fabricada mediante impresión 3D. Cabe resaltar que en esta etapa se realiza la captura y se procesan las señales provenientes de los sensores, también la regulación de los voltajes suministrados por el autobús, esto con el fin de convertirlos a voltajes seguros para el microcontrolador.

Asimismo, es aquí donde se incorporan los elementos de protección, como los diodos Zener, cuya función es proteger al microcontrolador ante posibles fallas o sobrevoltajes. Todas estas señales ya acondicionadas son recibidas y procesadas por un Raspberry Pi Pico, el cual se encarga de transmitir esta información mediante protocolo USB al Raspberry pi 5.

**Figura 47***Modulo receptor de señales*

Fuente: Elaboración Propia (2025)

La programación del Raspberry Pi Pico se realizó en lenguaje Micro Python, de acuerdo con Tollervey (2018), “Micro Python es una versión adaptada de Python 3, diseñada específicamente para microcontroladores y sistemas embebidos. Su desarrollo significa un logro técnico significativo al permitir que un lenguaje de programación tan expresivo y accesible funcione en entornos con recursos limitados. Esta herramienta facilita el acceso al desarrollo embebido, democratizando el uso de Python en aplicaciones de hardware” (p. 6). Para la implementación del código se utilizó el IDE Thonny, “este entorno de desarrollo integrado es gratuito para Python, y diseñado especialmente para principiantes. Cuenta con un depurador integrado que ayuda a detectar errores problemáticos y permite la evaluación paso a paso de expresiones, entre otras funciones realmente interesantes” (Hardson , 2025) . En la Figura 48 IDE Thonnyse muestra un ejemplo del mismo.

Figura 48

IDE Thonny

```

1 import machine
2 import time
3 import math
4
5 # Datos del circuito de temperatura
6 R_REF = 150
7 V_REF = 3.3
8
9 # Coeficientes Steinhart-Hart
10 A= 1.8181e-3
11 B= 2.3832e-4
12 C= 1.1749e-7
13
14 def leer_ignicion():
15     pin = machine.Pin(0, machine.Pin.IN)
16     return pin.value()
17
18 def leer_12v():
19     adc=machine.ADC(0)
20     valor= adc.read_u16()
21     v_adc = valor*3.3/65535
22     v_in = v_adc*(12700/2180)
23     return round(v_in, 2)
24
25 def leer_24v():
26     adc= machine.ADC(2)
27     valor= adc.read_u16()
28     v_adc = valor*3.3/65535
29     v_in = v_adc*(11200/1200)
30     return round(v_in, 2)
31
32 def leer_presion():
33     pin= machine.Pin(1, machine.Pin.IN)
34     return pin.value()

```

Fuente: Elaboración propia (2025)

En síntesis, el diseño y montaje del prototipo permitió integrar de manera física y funcional los componentes que conforman el sistema, con esto se garantiza el correcto ensamblaje de los elementos de adquisición, procesamiento y comunicación dentro de una arquitectura modular. La división de tareas entre la Raspberry Pi Pico y la Raspberry pi 5 asegura que el proyecto diseñado funcione de manera eficiente, segura y escalable, con la capacidad de responder a los requerimientos planteados en las fases iniciales del proyecto.

### 5.3 IMPLEMENTACIÓN

Con el prototipo ensamblado y tras haber realizado diversas pruebas, se da paso a la siguiente etapa del desarrollo; la implementación. En esta fase se llevará a cabo la programación final de los módulos, la integración del hardware con el software y la revisión del sistema en condiciones reales de operación.

Mediante estas pruebas finales se evaluará el desempeño del sistema y se verificará el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Este capítulo tiene como objetivo describir de manera detallada los procedimientos realizados para llevar a cabo la implementación, resaltando las estrategias empleadas, los problemas hallados, así como las soluciones aplicadas. En la Figura 49 puede observarse la unidad en la cual se implementará el sistema; este corresponde a un autobús de marca china (Zhongtong), al cual le adaptaron un motor Mercedes-Benz debido que el original se dañó.

**Figura 49**

*Autobús en el cual se montará el proyecto*



Fuente: Elaboración propia (2025)

### **5.3.1 Implementación de la etapa de recolección de datos**

Para iniciar con esta instalación se selecciona un lugar donde se pueda colocar de manera segura el dispositivo, en la visita que se realiza para posteriormente realizar la instalación, se logra visualizar que el panel original del autobús presenta una falla el cual puede observarse

en la Figura 50. En esta puede verse que el motor se encuentra apagado, esto se puede verificar al observar el reloj de revoluciones que se encuentra en cero, sin embargo la presión de aceite indica que existe presión y la luz se encuentra apagada.

### Figura 50

*Panel original del autobús.*



Fuente: elaboración propia (2025).

Una vez inspeccionada la posición ideal para el dispositivo encargado de recopilar los datos, se procede a su instalación y a la correspondiente conexión con las diferentes señales que se van a medir. Como se observa en la Figura 51, todos los componentes han sido colocados dentro de una caja que, por su tamaño, facilita la instalación. Además, ha sido ubicada en un lugar de fácil acceso para su posterior manipulación y para la conexión de las señales necesarias, las cuales se describen a continuación.

## Figura 51

*Colocación del dispositivo recolector de datos.*



Fuente: elaboración propia (2025).

### 5.3.1.1 Monitoreo de la temperatura del motor

Para el monitoreo de la temperatura del motor, se emplea la señal proveniente del sensor NTC, la cual corresponde a una resistencia que varía de manera inversamente proporcional a la temperatura. Esta señal se utiliza como R2 en un divisor de tensión, para R1 se coloca una resistencia fija de  $150\Omega$ , la alimentación del divisor de tensión se toma del propio microcontrolador y tiene un valor de 3.3V, la salida ( $V_{OUT}$ ) se conecta al convertidor analógico-digital de la Raspberry Pi Pico (ADC 1). Para conocer la temperatura en todo instante necesitamos conocer el valor de R2, por lo tanto, mediante la ecuación del divisor de tensión se obtiene que:

$$V_{OUT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * V_{IN}$$

Como ya conocemos  $V_{OUT}$ ,  $V_{IN}$ , y  $R_1$  procedemos a despejar  $R_2$  de la ecuación quedando de la siguiente manera:

$$R_2 = \frac{V_{OUT} * R_1}{V_{IN} - V_{OUT}}$$

Esta ecuación obtenida del divisor de tensión se utiliza para determinar el valor instantáneo de  $R_2$ , el cual corresponde al sensor NTC. Una vez se calcula este valor, se empleará la ecuación de Steinhart-Hart con el fin de calcular de manera precisa la temperatura del motor. En la Figura 52

Código para el cálculo de la temperatura del motor se muestra parte del código empleado para el cálculo de la temperatura del motor, en la misma se emplea una línea para el manejo de errores.

### Figura 52

*Código para el cálculo de la temperatura del motor*

```
r_ntc = (R_REF*v_adc)/(V_REF - v_adc) if 0 < v_adc < V_REF else float("inf")
ln_r = math.log(r_ntc)
t_kelvin = 1 / (A + B * ln_r + C*(ln_r **3))
t_celsius = t_kelvin - 273.15
```

Fuente: Elaboración propia (2025)

Finalmente, esta lectura se promedia cada 5 valores para un mejor manejo de los errores que ocurren en las mediciones y posteriormente se envía ese promedio al Raspberry Pi 5.

#### 5.3.1.2 Medición de la presión de aceite

Para medir la presión de aceite se emplea la señal proveniente del bulbo de aceite, esta señal se puede utilizar como una señal digital, la cual se mantiene en bajo cuando la presión de aceite es inferior a 0.8 bar y queda flotando cuando la presión de aceite es superior a ese valor, para evitar lecturas erróneas cuando la presión de aceite sea mayor a 0.8 bar se utiliza una

resistencia de PULL-UP conectada a los 3.3 Volts de la Pico. Esta señal se lee a través del GPIO 1 en el microcontrolador.

### 5.3.1.3 Medición de las RPM del motor

Para el cálculo de las revoluciones por minuto (RPM) del motor se toma la señal que proviene de la terminal W del alternador. Esta señal es una onda senoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de giro del motor, la cual se conecta a través de un diodo rectificador y un divisor de tensión cuyo proceso fue explicado con anterioridad, la señal que resulta de este proceso se conecta al GPIO 2 del Raspberry Pi Pico para posteriormente realizar el cálculo de las revoluciones del motor. En la Figura 53

Código para lectura RPM3, se muestra el código utilizado para realizar dicha medición. En el mismo se utiliza el número de polos del rotor del alternador, debido que el número de polos influye directamente entre la frecuencia y la velocidad de giro; posteriormente se calculó la frecuencia la cual esta expresada en Hertz o sea que su periodo se calcula en segundos, por lo que en el código se multiplica por 60 para convertirlos a minutos y se divide entre el número de polos debido a que cada vuelta la onda cambia 6 veces debido al número de polos que este posee.

#### Figura 53

*Código para lectura RPM*

```
def leer_RPM():
    pares_polos = 6
    f = frecuencia()
    rpm = (f * 60) / pares_polos
    return round(rpm)
```

Fuente: Elaboración propia (2025)

#### **5.3.1.4 Medición de la generación (24V)**

Para la medición de la generación se toma la línea que entra al llavín de arranque la cual mantiene una tensión de 24 Volts constantes, en el inicio de esta conexión se coloca un fusible de protección de 3 Amperes para proteger en caso de un cortocircuito. Esta señal se lleva hasta la entrada de un divisor de tensión conformado por resistencia de  $10\text{ K}\Omega$  para  $R_1$  y  $1.2\text{ K}\Omega$  para  $R_2$ , posteriormente se conecta al conversor analógico-digital de la Raspberry Pico (ADC 2).

En este pin se lee el voltaje presente en el divisor de tensión y mediante código se adapta para que se envíe el valor real de la tensión presente en las baterías.

#### **5.3.1.5 Medición del voltaje individual de las baterías**

Para realizar la medición de las baterías por separado es necesario sacar una línea desde el punto intermedio, es decir el puente donde se realiza la conexión en serie, este voltaje representa el valor de la tensión de una de las baterías con respecto a tierra. Al igual que en el caso anterior se coloca un fusible de protección de 3 Amperes, y se conecta esta terminal a un divisor de tensión con resistencias de  $10\text{ K}\Omega$  para  $R_1$  y  $2.7\text{ K}\Omega$  para  $R_2$  esto con el fin de reducir el voltaje a valores seguros para el microcontrolador.

Este valor lo mide el ADC 0 de la Raspberry Pico y entrega un valor digital proporcional a  $V_{OUT}$ , para poder ver en el monitor el valor real de la tensión en la batería basta con multiplicar este valor por el cociente de división inverso.

Tanto en esta etapa como en la anterior se agregó un diodo Zener de protección, el cual en caso de un sobrevoltaje no permite que llegue al microcontrolador más de 3.3 V.

### 5.3.1.6 implementación de una interfaz gráfica

Para una mejor interpretación de los datos se implementó una interfaz gráfica, en la cual el usuario final podrá observar en tiempo real los datos. La implementación de esta se realizó con la ayuda de Tkinter el cual es un programa que viene ya instalado por defecto en el software de la Raspberry pi 5. En la interfaz se generaron cuadros en los cuales se muestran los valores de temperatura del motor, presión de aceite, RPM, velocidad del vehículo, voltaje de las baterías y un acumulado de la distancia recorrida.

En la

Para el control de los mantenimientos se configuró una casilla la cual al llegar a determinado kilometraje envía una alerta por telegram y por monitor, luego de realizar el mantenimiento recomendado se pulsa sobre esta casilla y mediante contraseña el kilometraje se resetea a cero.

#### Figura 54

Interfaz gráficas muestra una imagen de la misma, además se configuraron diferentes funciones para indicar errores, por ejemplo, si la temperatura se marca por encima de los 98° C, se exhibe un error y el texto cambia a rojo, si la temperatura marca por debajo de 11° C indica el mismo error el texto también cambia a color rojo, en ambos casos se mantiene la lectura de la temperatura.

Para el control de los mantenimientos se configuró una casilla la cual al llegar a determinado kilometraje envía una alerta por telegram y por monitor, luego de realizar el mantenimiento recomendado se pulsa sobre esta casilla y mediante contraseña el kilometraje se resetea a cero.

#### Figura 54

Interfaz gráfica

Temp: ---	Presion: ---
RPM: ---	Velocidad: ---
Volt 24v: ---	Volt 12v: ---
Distancia: 1.97 km	Mantenimiento: 0.02Km

Fuente: Elaboración propia (2025)

Otro error que se contempla es, si las RPM están en cero y la presión de aceite está presente se indica “Error de Presión”, no debería haber presión de aceite si el motor esta apagado, si las revoluciones están por encima de las 100 RPM y no se tiene presión de aceite se indica el mismo error, en ambos casos el texto aparece en rojo.

Además, si el motor este encendido y el voltaje es menor a 26 Volts se marca un error en el cuadro de 24V, la generación con el motor encendido debe ser mayor a 27 Volts. Si existe una diferencia de 2 Volts entre ambas baterías se marca un error en el cuadro de 12V, aunque lo recomendable es que no existan diferencias mayores a 0.3 V en la práctica resulta muy difícil mantener mediciones tan exactas, por lo tanto, se usó un valor mayor. En la parte de la velocidad no se configuraron errores ni alertas.

### 5.3.1.7 Implementación de una base de datos

Para mantener un control adecuado sobre la información recolectada por los sensores, se seleccionó la base de datos InfluxDB. Esta selección se basó principalmente debido a que InfluxDB está diseñada específicamente para la gestión de datos de series temporales, lo que la hace idónea para este proyecto, dado que se requiere registrar variables que cambian de forma continua con el tiempo. En la Figura 55 se muestra una parte de los datos recolectados, los cuales corresponden al momento de captura de la información, las RPM, el voltaje del autobús, la presión de aceite, el estado de ignición, la temperatura del motor, el voltaje medido de una de las baterías y la temperatura del Raspberry Pi Pico.

**Figura 55**

*Base de datos InfluxDB*

1761018942094227252	0	23.77	0	0	50.95	13.1	26.19
1761018944336947474	0	23.77	0	0	50.96	13.13	26.17
1761018946583444669	0	23.77	0	0	51	13.15	26.13
1761018948828659102	0	24.24	0	0	51.25	13.08	26.17
1761018951076321877	0	23.77	0	0	51.29	13.12	26.17
1761018953322135544	0	24.24	0	0	50.93	13.12	26.16
1761018955566278061	0	24.24	0	0	51.02	13.25	26.22
1761018957911970345	0	24.24	0	0	50.96	13.13	26.14
1761018960163827482	0	23.77	0	0	51.19	13.09	26.23
1761018962406582322	0	24.24	0	0	50.88	13.09	26.12
1761018964659618304	0	24.24	0	0	51.16	13.13	26.16
1761018966901640178	0	24.24	0	0	51.17	13.13	26.32
1761018969146742187	0	24.24	0	0	51.1	13.05	26.18
1761018971392620795	0	24.24	0	0	51.1	13.11	26.19
1761018973638736065	0	24.7	0	0	51.14	13.12	26.18
1761018975889688871	0	24.7	0	0	50.74	13.12	26.15
1761018978135907343	0	24.24	0	0	50.95	13.1	26.16
1761018980382851754	0	24.24	0	0	50.86	13.11	26.15
1761018982628642778	0	24.24	0	0	51.14	13.1	26.23
1761018984880429418	0	23.77	0	0	51	13.1	26.15
1761018987123036744	0	24.24	0	0	51.05	13.14	26.22
1761018989367416513	0	24.24	0	0	51.13	13.12	26.11
1761018991655529783	0	24.24	0	0	51.16	13.01	26.1
1761018993915277835	0	24.24	0	0	50.8	13.12	26.16
1761018996155970185	0	23.77	0	0	50.98	13.1	26.17
1761018998398231763	0	24.24	0	0	51.03	13.06	26.25
1761019000647544328	0	24.24	0	0	51.32	13.1	26.29
1761019002890551488	0	23.3	0	0	51.36	13.13	26.31

Fuente: Elaboración propia (2025)

Esta implementación se realizó en la Raspberry Pi 5, la cual actúa como servidor de base de datos. Cada dato que se recolecta mediante los sensores se almacena junto con una marca de tiempo, esto permite clasificar y organizar los datos de acuerdo con su origen, logrando así una estructura eficiente la cual facilita la consulta y análisis de la información.

La elección de esta base de datos se basó en la capacidad con la cual esta cuenta, para optimizar la lectura y escritura de grandes volúmenes de datos en tiempo real. Además, llama la atención su compatibilidad con plataformas de visualización, como Grafana, lo cual facilita la creación de paneles que permitan representar la información de manera dinámica e intuitiva.

### **5.3.1.8 Implementación de Grafana**

Para una mejor visualización de los principales parámetros del autobús, se realiza una conexión del sistema con grafana. Mediante esta plataforma el encargado de la flota puede conectarse directamente con la base de datos InfluxDB, en la cual se guardan los valores obtenidos de los sensores en tiempo real. Para realizar dicha implementación se realizaron los siguientes pasos:

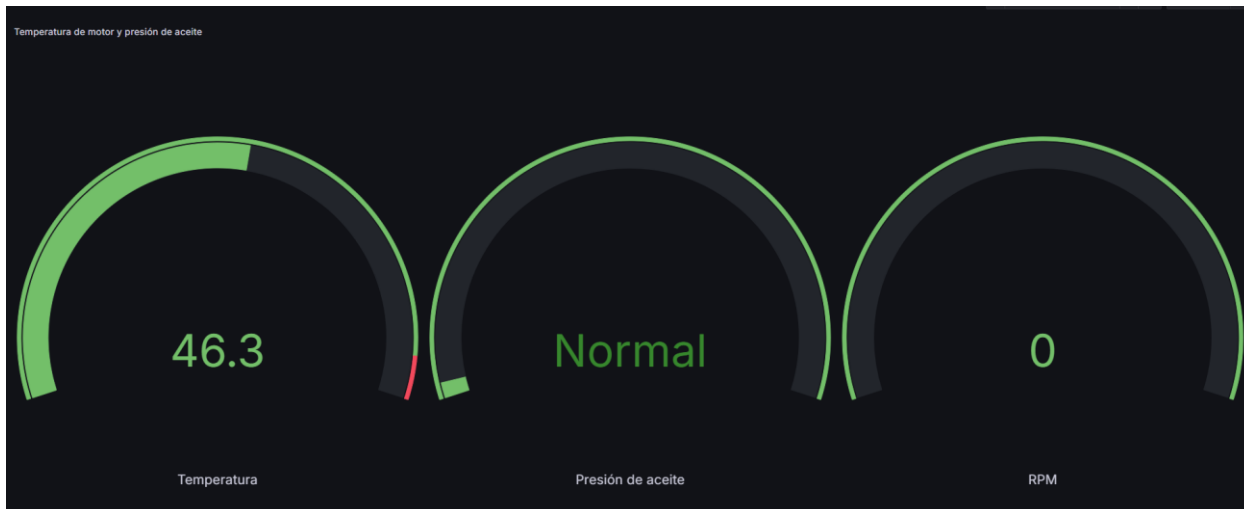
1. Para el acceso a los datos se configuró InfluxDB como fuente de datos en grafana, para esto se definió la dirección del servidor, el puerto y la base de datos nombrada telemetría.
2. Se diseñaron paneles de visualización personalizados para cada variable crítica del motor, utilizando gráficos de gauges, los cuales permiten identificar fácilmente condiciones normales y valores fuera de rango. Además, se usó un mapa para conocer el recorrido del autobús este con la propiedad que al poner el mouse sobre la marca se indican las coordenadas y la velocidad en ese momento.

3. Se incorporaron filtros para visualizar los datos en diferentes rangos de tiempo (últimos minutos, horas, días o semanas), esto facilita el análisis histórico de las mediciones.
4. La interfaz de grafana se puede acceder desde cualquier dispositivo con conexión a internet y un navegador web, esta función permite la supervisión de manera remota del sistema.

Mediante esta implementación, grafana se convierte en una herramienta esencial para la visualización en tiempo real, la toma de decisiones rápidas y el seguimiento histórico de las condiciones operativas del motor.

*Figura 56*

*Panel de Grafana*



Fuente: Elaboración propia (2025)

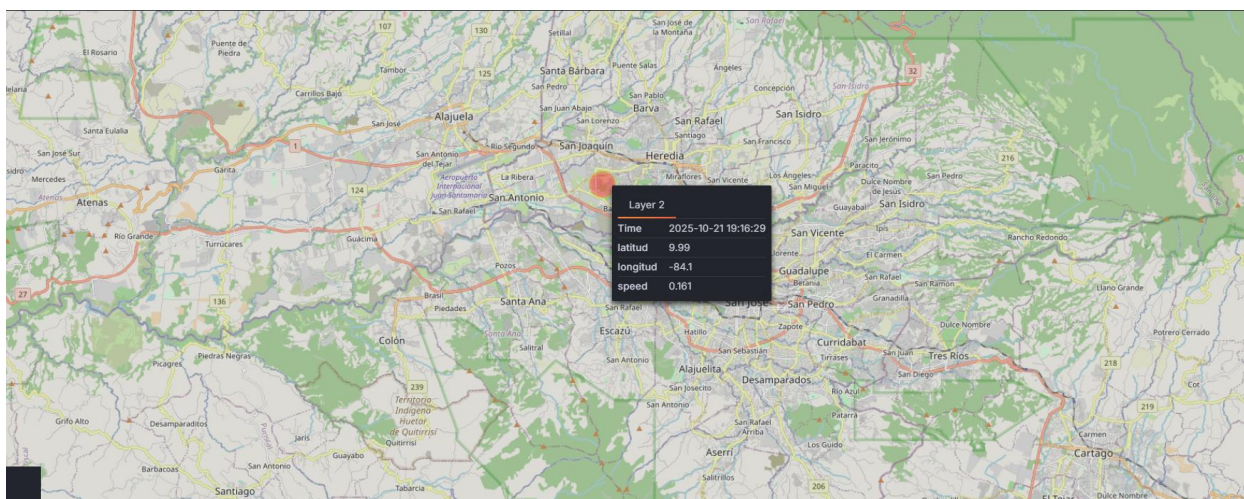
Otra de las funciones en la cual se hace uso de la plataforma grafana es para el seguimiento y obtención de datos del GPS, mediante el uso del panel Geomap. A través de este módulo se puede conocer de manera precisa la ubicación del autobús en tiempo real, así como la

velocidad a la cual se está desplazando. En la Figura 57 se muestra una captura la cual corresponde a la posición y velocidad del autobús en un determinado momento, en esta puede observarse que el autobús se encontraba detenido al momento de la toma.

El panel Geomap recibe los datos de la base de datos de InfluxDB, los cuales son procesados y actualizados de manera continua por la Raspberry Pi 5. Gracias a esta integración, es posible visualizar en el mapa el recorrido del autobús, realizar un seguimiento histórico de los trayectos realizados y analizar el comportamiento y la forma de conducción.

**Figura 57**

*Ubicación y velocidad del vehículo*



Fuente: Elaboración propia (2025)

### 5.3.1.9 Implementación de VPN

Para el acceso seguro a todas las funciones del sistema de manera remota se configura el uso de una Red Privada Virtual (VPN), en este caso se utiliza Tailscale. Esta implementación permite que cualquier usuario autorizado pueda tener acceso a los datos de manera segura. La elección de esta herramienta se debe inicialmente a que el modem utilizado no permite la apertura de puertos, lo cual imposibilita el uso de otros proveedores de VPN.

No obstante, de acuerdo con Hritcan, Graur, Balan, & Timofte, (2025), Tailscale protege los datos en redes Wi-Fi públicas, simplifica la conexión entre dispositivos y elimina la barrera de acceso a archivos entre entornos personales y profesionales. Al aprovechar el protocolo de cifrado WireGuard, tailscale crea una red privada con cifrado de extremo a extremo, lo cual garantiza conexiones remotas seguras sin configuraciones complejas (Hritcan, Graur, Balan, & Timofte, 2025).

#### **5.3.1.10 Conexión con la plataforma Telegram**

Para brindar una mayor robustez al sistema se realiza una conexión con la plataforma de mensajería Telegram, con el objetivo de permitir la comunicación remota entre la persona encargada y el sistema. A través de esta plataforma, el sistema puede enviar notificaciones de manera automática sobre el estado de las condiciones operativas del motor, alertas ante condiciones anómalas y registros de actividad en tiempo real. Además, la persona a cargo puede enviar comandos desde la aplicación de Telegram para realizar consultas u obtener información específica.

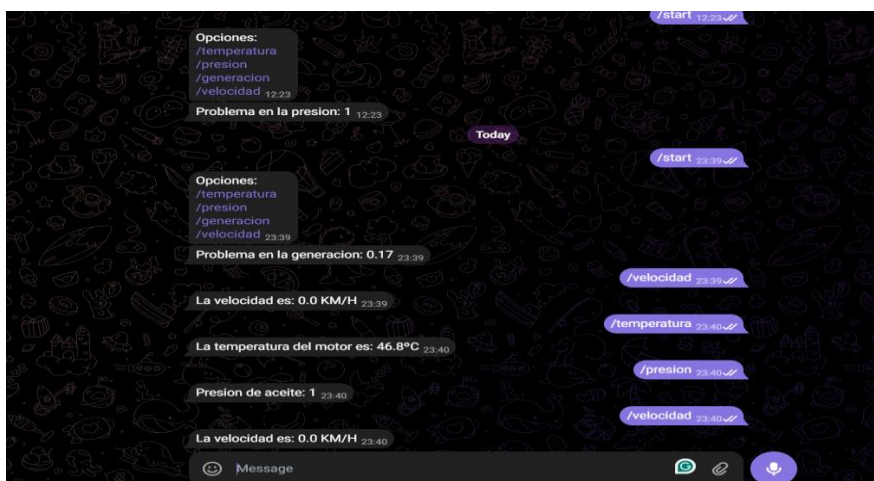
Esta integración se realizó mediante un bot programado para mantener una integración con la API de Telegram, lo cual garantiza una comunicación segura y eficiente.

En la

Figura 588, se muestra el menú que se creó; en este se agregaron algunos de los valores más relevantes en cuanto al estado del motor, así como la velocidad del vehículo. Cabe destacar que en caso que la persona encargada lo desee, estos valores se pueden cambiar o agregar más funciones si es necesario.

***Figura 58***

### Plataforma de mensajería Telegram



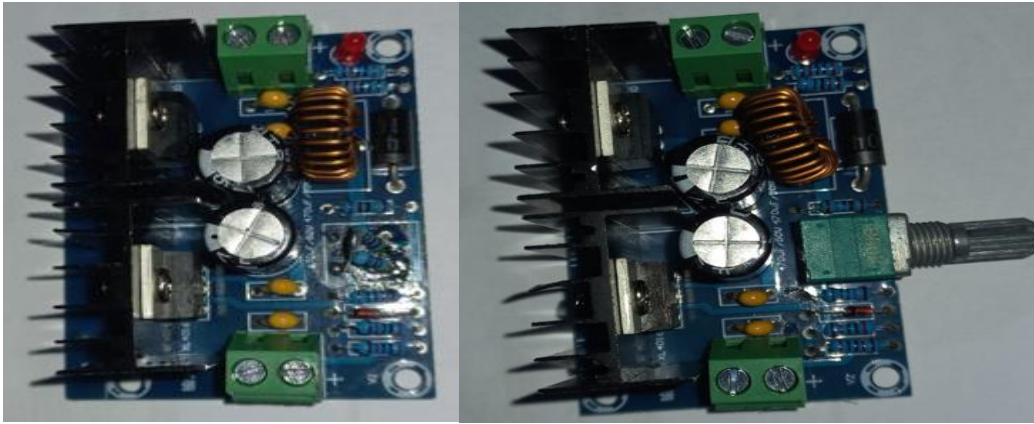
Fuente: Elaboración propia (2025)

#### 5.3.1.11 conexión del dispositivo

Para realizar la conexión de los diferentes dispositivos, se utilizaron convertidores Step-Down propiamente el modelo XH-M401, el cual cuenta con un regulador XL4016E, este se puede alimentar con una tensión desde 4 V hasta 40 V y entrega una tensión desde 1.25 V hasta 36 V. Maneja una corriente máxima de 8 A, y trabaja mediante modulación por ancho de pulso (PWM).

Aunque es capaz de entregar una corriente máxima de hasta 8 A, a partir de 5 A se recomienda usar ventilación forzada. Tiene protección contra cortocircuitos, protección contra polaridad inversa de entrada y protección contra temperatura alta (Yorobotics, 2024).

En la Figura 599, se muestra la fuente que se utilizó para convertir el voltaje de 24 V a 5 V, se destaca que, aunque inicialmente la fuente era regulable se le sustituyó el potenciómetro por una resistencia fija, para evitar posibles cambios de voltajes accidentales los cuales podrían dañar el equipo.

**Figura 59***Fuente reguladora*

Fuente: Elaboración propia (2025)

El montaje final se muestra en la Figura 6060, dentro de una caja estanca se incorporaron dos fuentes reguladoras una para alimentar el Raspberry Pi y el otro para alimentar la pantalla.

Además, se incorpora el módulo GPS con su respectiva extensión para conectar una antena externa activa.

Para prevenir problemas de calentamiento se incorporó un ventilador, este ayudará a mantener los componentes trabajando a una temperatura adecuada. Principalmente que al ser la caja de un tamaño pequeño el calor tiene poco espacio para disiparse y las fuentes al hacer un esfuerzo considerable (bajar de 28 V a 5 V) ayudan a aumentar la temperatura dentro de la caja. La función del ventilador es extraer el aire el aire caliente del interior de la caja y mediante perforaciones estratégicas, permitir la entrada de aire fresco que circule a través de los componentes.

Esto permitirá aumentar la fiabilidad del sistema y aumentar la vida útil de los componentes, y al ser este un componente de bajo precio no aumenta de manera drástica el costo total del proyecto.

**Figura 60**

*Caja estanca para el montaje final*



Fuente: Elaboración propia (2025)

No obstante, durante las pruebas de funcionamiento se presentaron inconvenientes con las fuentes reguladoras, por lo que fue necesario reemplazarlas por un inversor de tensión, el cual permitió obtener una alimentación más estable y confiable para el sistema. Se utilizó un inversor de 12 V DC a 110 V AC instalado en el autobús, con una potencia de 450 W, para alimentar tanto el Raspberry Pi con su adaptador original como el monitor, tal y como se muestra en la Figura 61.

**Figura 61**

*Inversor de corriente instalado en el autobús*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Para la instalación final, igual que en la etapa de recolección de datos, se busca un lugar ideal para instalar el dispositivo en el cual no existan riesgos como humedad excesiva, y que cuente con un buen soporte y fácil acceso a los dispositivos que se conectan. Como puede observarse en la Figura 6262, este se logró instalar cerca de los controles del aire acondicionado lo cual permite un fácil acceso para las conexiones necesarias sin presentar riesgo de desprendimiento.

**Figura 62**

*Colocación del dispositivo principal.*



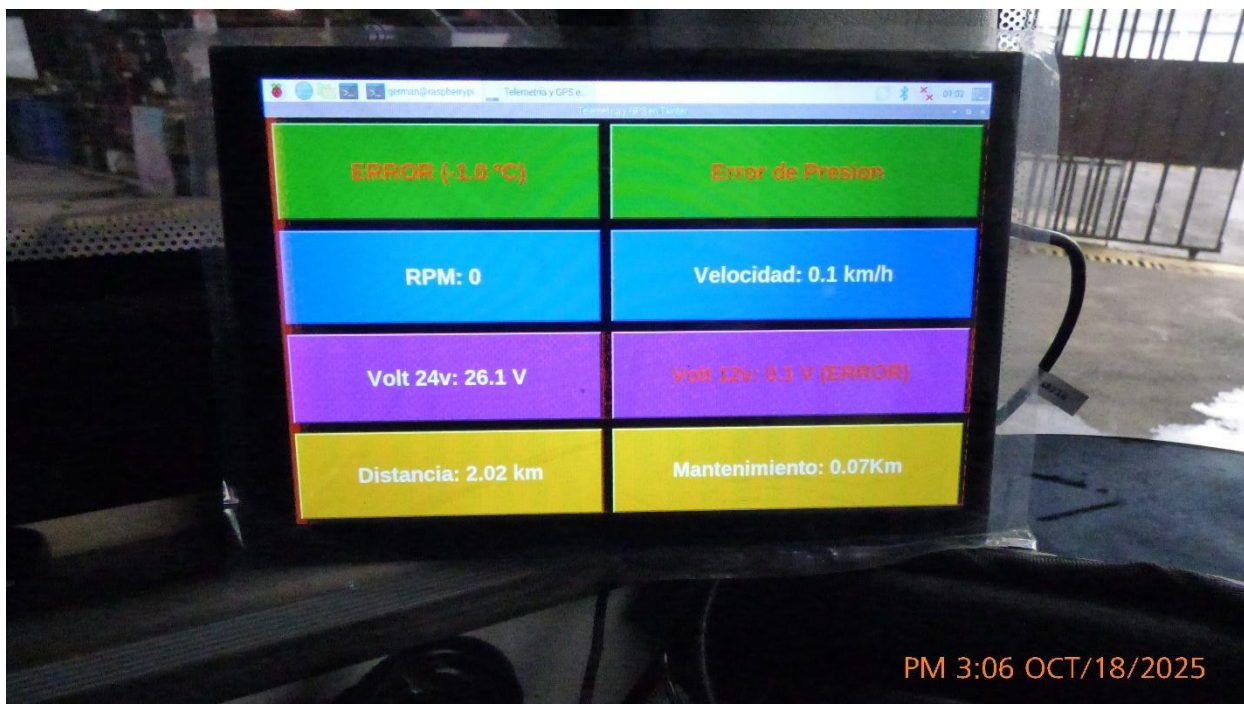
Fuente: Elaboración propia (2025)

#### **5.3.1.12 Pruebas realizadas.**

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema se realizaron diferentes pruebas, las cuales, por seguridad, se llevaron a cabo en su mayoría con el motor apagado. En la Figura 6363 se muestran las pruebas realizadas, en las que se provocaron de forma intencional fallos en el sistema de 12 voltios, en el sistema de temperatura y en el sistema de presión de aceite con el objetivo de verificar que las fallas sean detectadas correctamente. En este caso el cable de temperatura se dejó desconectado, este tipo de error ocurriría si se abre la línea o el sensor se daña. En cuanto a la presión de aceite el daño fue similar, por lo que al desconectar el cable el sensor indicaría que hay presión de aceite y de según las RPM se evidencia que el motor se encuentra apagado, por lo que no debería existir presión de aceite. En consecuencia, el error detectado es válido.

**Figura 63**

*Prueba del sistema con errores provocados.*

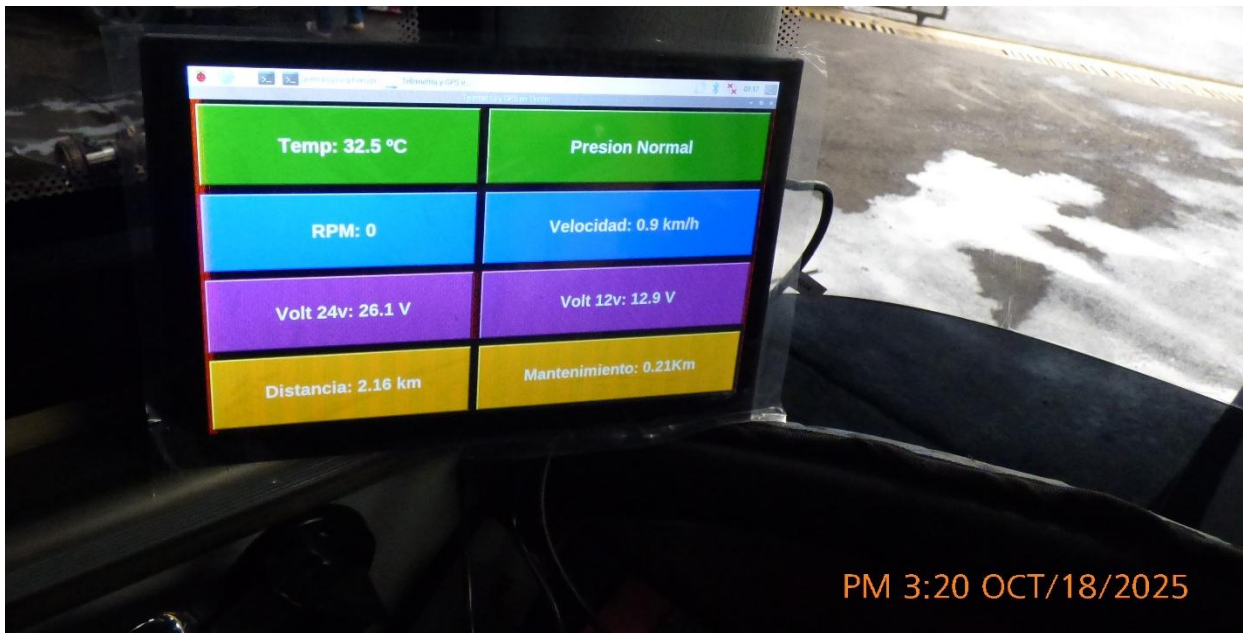


Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 6464, se observa el sistema ya funcionando de manera normal aun con el autobús apagado, tal como se puede verificar en el área de las RPM, en este caso ya se realizaron todas las conexiones de manera adecuada.

**Figura 64**

*Prueba del sistema con funcionamiento normal.*

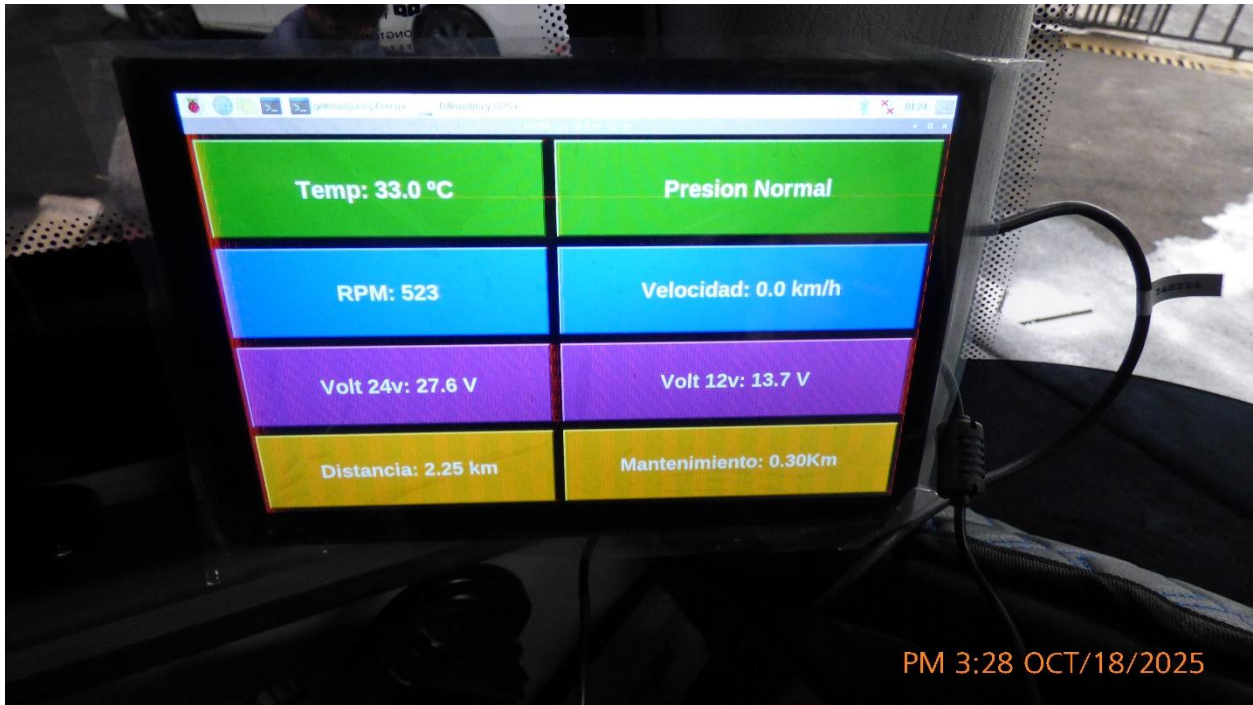


Fuente: Elaboración propia (2025)

Finalmente, se le realizaron pruebas al sistema con el motor en funcionamiento, estas se pueden observar en la Figura 655, en la cual se puede notar que todos los marcadores presentan una condición de funcionamiento normal. También se puede constatar que el motor está en marcha tanto a través de las revoluciones el cual marca alrededor de 520 RPM, además vemos que la carga de las baterías esta alrededor de 28 V, lo cual indica que el autobús está generando.

**Figura 65**

*Prueba del sistema con el motor en funcionamiento*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En la Figura 666, se muestra la ubicación final del monitor, este se logró ubicar en un lugar seguro donde no se interrumpa la labor del conductor y lejos de condiciones ambientales que le puedan ocasionar algún daño o deterioro. Además, su posición permite una adecuada visualización de los datos mostrados sin distraer al operador del autobús, manteniendo siempre la ergonomía y la seguridad del sistema.

**Figura 66**

*Posición del monitor*

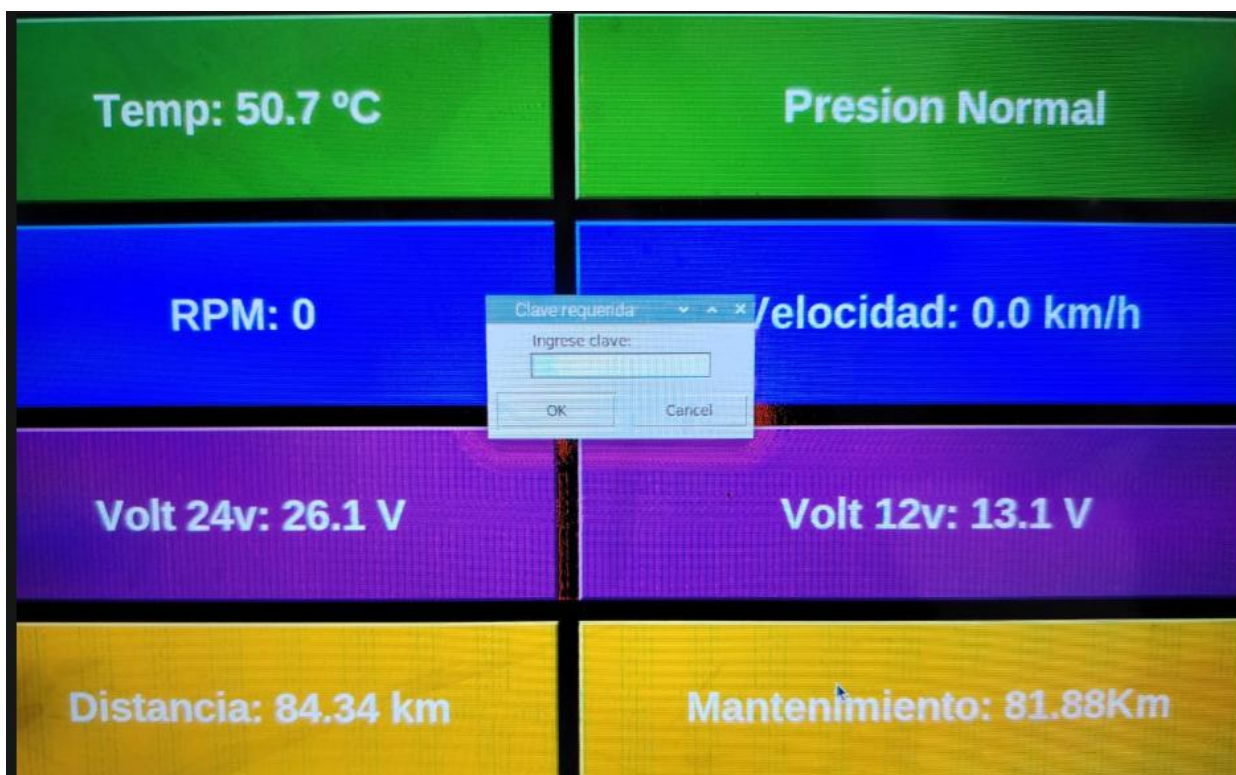


Fuente: Elaboración propia (2025)

Otra prueba que se realiza es el reseteo del marcador de mantenimiento, como se mencionó en un apartado anterior este almacena un valor el cual al llegar a una determinada distancia envía una advertencia para realizar el mantenimiento requerido, posteriormente se devuelve a cero mediante el uso de una clave. En la Figura 677, se muestra el procedimiento realizado. Para operar esta función se recomienda el uso de un dispositivo de entrada de datos externo, por ejemplo, un ratón ya que realizarlo desde la pantalla táctil es un poco complicado.

**Figura 67**

*Reseteo del contador de mantenimiento*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Una vez se introduce la clave correcta el sistema reinicia el contador a cero, esta función se introduce para ayudar a recordar los mantenimientos preventivos del autobús lo cual ayudará a evitar desgastes prematuros en los diferentes componentes del autobús debido a la falta de supervisión programada. En la Figura 688, se puede observar el resultado después de haber ingresado la clave, en esta se puede observar que el contador se reinició correctamente.

**Figura 68**

*Reseteo del sistema de mantenimiento*



Fuente: Elaboración propia (2025)

## 5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos es una etapa fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que a través de este se determinan los recursos económicos necesarios para su implementación, puesta en marcha y posible escalamiento. Mediante este proceso se logra identificar los componentes, materiales y servicios requeridos, además de los costos asociados a su adquisición, montaje y operación.

A través de este análisis se pretende proporcionar una visión clara y realista de la inversión económica requerida, lo cual facilita la evaluación de la viabilidad del proyecto.

En este capítulo se realiza un desglose detallado de los costos totales del proyecto, el cual incluye tanto la parte del hardware como los demás materiales y herramientas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

En la Tabla 6

Desglose de se presentan los costos relacionados a la compra de los materiales necesarios para la ejecución de este proyecto. En esta primera sección del capítulo se ejecutará un análisis a detalle de todos los componentes indispensables para el correcto funcionamiento del sistema.

**Tabla 6**

Desglose de costos

Ítem	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Precio total
1	Raspberry Pi 5/ 8Gb	₡ 70.000,00	1	₡ 70.000,00
2	Raspberry Pi Pico	₡ 7.300,00	1	₡ 7.300,00
3	Pantalla 10 pulgadas	₡ 43.000,00	1	₡ 43.000,00
3	Resistencias varios valores	₡ 50,00	10	₡ 500,00
4	Diodos Zener	₡ 150,00	4	₡ 600,00
5	Conector 6 líneas	₡ 1.500,00	2	₡ 3.000,00
6	GPS NEO 6m	₡ 4.500,00	1	₡ 4.500,00
7	Caja en 3D	₡ 6.000,00	1	₡ 6.000,00
8	Gasas plásticas	₡ 48,00	20	₡ 960,00
9	Cable # 12 automotriz	₡ 390,00	25 metros	₡ 9750,00
10	Conector 2 terminales	₡ 150,00	1	₡ 150,00
11	Conector 3 terminales	₡ 220,00	1	₡ 220,00
12	Conector 4 terminales	₡ 320,00	1	₡ 320,00

13	Fuente reguladora	€ 5.000,00	2	€ 10.000,00
13	Optoacoplador	€ 600,00	1	€ 600,00
14	Caja estanca	€ 7.500,00	1	€ 7.500,00
15	Ventilador	€ 3.500,00	1	€ 3.500,00
15	Sensor de temperatura	Se uso el del motor	1	€ 0,00
16	Sensor de presión de aceite	Se uso el del motor	1	€ 0,00
17	Sensor de revoluciones	Se uso el del motor	1	€ 0,00
Total				€ 167.900,00

Fuente: Elaboración propia (2025)

#### 5.4.1 Costos de implementación

Luego de analizar los costos de ensamblaje del prototipo, se procede a estudiar los costos de implementación. En esta etapa se detallarán los costos de mano de obra necesarios para la correcta instalación y operación del sistema de telemetría. Para el cálculo de dichos costos se utiliza como referencia la información publicada en la página oficial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, específicamente los salarios mínimos actualizados por el (Consejo Nacional de Salarios, MTSS, 2025).

En la Tabla 7

Detalle de costos de mano de obra<sup>7</sup>, se detallan las principales actividades realizadas, las cuales se organizan con su respectivo costo. Estos valores reflejan de manera objetiva la contribución del capital humano en cada una de las fases de desarrollo, implementación y puesta en marcha del proyecto.

**Tabla 7***Detalle de costos de mano de obra*

Profesión	Trabajo realizado	Costo / hora	Horas laboradas	Costo total
Programador	Desarrollo del programa	₡ 3.192,68	36 horas	₡ 114.936,48
Electromecánico	Cableado y conexión del sistema	₡ 2.564,43	8 horas	₡ 20.515,40
Ingeniero Electrónico	Desarrollo del dispositivo	₡ 3.192,68	12 horas	₡ 38.312,16
Total				₡ 173.764,04

Fuente: Elaboración propia (2025)

En conclusión, el análisis de costo efectuado permite conocer de manera clara los recursos materiales y talento humano requerido para la implementación del sistema. A partir de este estudio se obtiene una visión integral del valor total del proyecto y de su viabilidad referente a los objetivos planteados.

## 5.5 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

En este apartado se detallan temas importantes sobre las condiciones de funcionamiento, los cuales se hacen necesarios para garantizar el correcto desempeño del sistema. Estas condiciones incluyen los parámetros eléctricos, ambientales y de seguridad los cuales influyen de manera directa en la operación del dispositivo.

### 5.5.1 Condiciones eléctricas

El dispositivo funciona internamente con 3.3 Volts, sin embargo, para las conexiones externas se utilizan diferentes niveles de tensión todos ellos en corriente continua, las conexiones son las siguientes:

Cable rojo: Ignición, 24 Volts.

Cable verde: 24 Volts.

Cable negro: Negativo, se puede conectar al chasis.

Cable azul: 12 Volts.

Cable violeta: Terminal “W” del alternador, tensión entre 14 y 18 Volts.

Cable amarillo: Sensor de aceite, el cual deberá estar conectado a negativo.

Cable blanco: Sensor de temperatura del motor, conectado a negativo.

Las terminales que se conectan a tensiones relativamente altas cuentan con protección contra sobrevoltajes.

### **5.5.2 Condiciones de conectividad a internet**

Para el correcto funcionamiento del sistema se requiere que este mantenga una conexión estable a la red. La plataforma requiere el acceso constante a internet para poder transmitir los datos generados en tiempo real, así como la interacción con las aplicaciones vinculadas.

Por lo tanto, se recomienda mantener un suficiente ancho de banda y baja latencia, los cuales minimicen el riesgo de pérdidas de comunicación y a la vez garantice la continuidad operativa del sistema.

### **5.5.3 Condiciones del ambiente**

Al igual que cualquier dispositivo electrónico es conveniente mantener el sistema en una zona adecuada para favorecer el correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. La ubicación del dispositivo debe ser en una zona seca, con buena ventilación y libre de polvo, humedad o cualquier agente corrosivo que pueda comprometer los componentes internos del sistema.

Además, se recomienda evitar la exposición directa a fuentes de calor, lugares con vibración excesiva o exponerlo a la radiación solar de manera prolongada.

#### **5.5.4 Condiciones para la instalación de la pantalla**

La pantalla deberá colocarse en un lugar firme, lejos de la humedad y no exponerse durante tiempo prolongado a la luz solar directa.

Se recomienda seguir estas condiciones de funcionamiento para que el sistema opere de manera eficaz, permita el acceso de manera remota sin complicaciones y cumpla de manera fiable y eficiente con el objetivo planteado.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este último capítulo se presentan las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del proyecto de telemetría desarrollado para la empresa RODIAL R.S.S.A. En el que se destacan los principales aportes y los resultados alcanzados. Además, se incluyen recomendaciones dirigidas a optimizar el funcionamiento del sistema, mejorar su diseño en futuras aplicaciones y servir de base para proyectos posteriores.

## 6.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto, se determinan una serie de conclusiones que se enlistan a continuación:

- a) Mediante el análisis de las limitantes en el área de supervisión de las diferentes variables críticas de un motor, se identificaron aquellas que representan un mayor riesgo de daño para la maquinaria o de peligro para la seguridad del personal y de los pasajeros.
- b) El análisis a profundidad, complementado con la aplicación de encuestas y entrevistas, permitió identificar las principales necesidades del personal, tanto operadores como encargados, los cuales requieren información actualizada de las condiciones operativas de los vehículos.
- c) La investigación y revisión de proyectos similares, facilitó la selección de la mejor tecnología para cumplir con las necesidades de la empresa, asegurando un uso eficiente de los recursos económicos.
- d) La implementación de una interfaz gráfica brinda mayor comodidad y seguridad al momento de interpretar los datos provenientes del motor. Además, la inclusión de

alertas visuales ante fallas graves, brinda una mayor protección durante la operación del vehículo.

- e) La integración de un sistema de geolocalización, la recepción de alertas automáticas, y el acceso a los datos en tiempo real desde cualquier ubicación aumenta la seguridad del personal encargado de la flota.
- f) La implementación de la base de datos representa una gran herramienta para la empresa, ya que permite consultar el historial de funcionamiento de la unidad, consultar las fallas más comunes y generar reportes precisos.
- g) La incorporación de Grafana resultó fundamental para analizar los datos provenientes del motor, dado que su interfaz intuitiva facilita la interpretación y visualización de la información, logrando un monitoreo claro y eficiente de los datos suministrados por los sensores.
- h) El análisis de costo evidenció que el proyecto resulta mayormente beneficioso, ya que la inversión en su implementación es mínima comparada con los costos que implicaría la reparación de los daños causados a falta de un sistema de monitoreo. El uso de tecnología actualizada fortalece la eficiencia y la prevención de daños.
- i) En conclusión, la implementación del sistema ha alcanzado el objetivo para el cual fue desarrollado, brindar una mayor seguridad durante la operación de la maquinaria, reducir gastos operativos mediante la identificación de errores de una forma más clara y proporcionar alertas automáticas al personal del departamento de operaciones.

Finalmente, se presentó un inconveniente relacionado con un sensor de temperatura del motor, dado que, aunque el motor original del autobús había sido eliminado, se conservó el sensor de temperatura, el cual no era del tipo NTC, y ahora funciona con una señal de 5 V. Para resolver

este problema se diseñó un divisor de tensión que redujo el voltaje a 3.3 V, compatible con el Raspberry. Posteriormente, se adaptó el código para calcular la temperatura de una forma diferente.

## 6.2 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las recomendaciones a seguir para garantizar el correcto funcionamiento del sistema:

- a) Se recomienda realizar supervisiones periódicas del sistema, en las cuales se contemple la revisión de las conexiones físicas, asegurando el correcto estado del cableado y una sujeción firme de las terminales, a fin de garantizar la estabilidad y confiabilidad del sistema.
- b) Es recomendable mantener una conexión a internet estable y con un ancho de banda suficiente para la transmisión de datos en tiempo real, e incorporar mecanismos de redundancia los cuales permitan mantener el sistema operando de manera continua y con todas sus funciones.
- c) Para prolongar la vida útil de los componentes electrónicos del sistema, se recomienda mantener el ambiente en condiciones de baja humedad y buena ventilación, evitando la corrosión y asegurando una temperatura de operación adecuada.
- d) Se recomienda asegurar la protección de los datos, estableciendo protocolos de seguridad, como cifrado y autenticación, con el fin de evitar accesos no autorizados a la plataforma de telemetría y a la información generada.
- e) Respecto al sistema de geoposicionamiento, este mostro cierta sensibilidad al establecer conexión estable con los satélites. Por esta razón, se recomienda la instalación de una antena externa para una mejor recepción de la señal, o de ser posible realizar el reemplazo total del componente por uno con mayor capacidad de recepción.
- f) Es recomendable brindar capacitación al personal a cargo sobre el uso del sistema y la interpretación de las alertas generadas, esto permitirá aprovechar al máximo las

funcionalidades del sistema y aplicar los cuidados necesarios para su operación segura y eficiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corporación Estatal de Actividades Espaciales. (2025). *Centro de Información y Análisis del Sistema GLONASS*. Obtenido de Corporación Estatal de Actividades Espaciales: [https://glonass-iac.ru/spa/about\\_glonass/](https://glonass-iac.ru/spa/about_glonass/)
- Academia, L. (2025). *Telemetría*. Obtenido de Academia Lab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/telemetria/>
- Albuquerque, M. (2023). *Univesidad Politécnica Salesiana. Sede Guayaquil*. Obtenido de Automatización del sistema primario de tratamiento de agua aplicando telemetría y lazo de control cerrado: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24962/1/UPS-GT004365.pdf>
- Almonte, A., & Gautreaux, F. (mayo de 2022). Plan de implementación de sistemas GPS y sensores capacitivos de. Santo Domingo, Santo Domingo, Republica Dominicana.
- Álvarez , J., & Callejón , I. (2005). *Motores alternativos de combustión interna*. Barcelona: Edicions UPC.
- BARDAHL. (18 de Septiembre de 2019). Obtenido de Sistema de enfriamiento de los motores a diésel: <https://www.bardahl.com.mx/sistema-de-enfriamiento-de-los-motores-a-diesel/>
- Beltrán , G. (2016). *Geolocalización online*. Barcelona: UOC.
- Creswell, J. (2007). *Diseño de Investigación Enfoques cualitativo, cuantitativo y con métodos mixtos*. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc.

- Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González, C., Cendón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las tecnologías IoT dentro de la industria conectada 4.0*. Madrid: PWC.
- Defas, R., & Guzmán, A. (30 de Noviembre de 2017). *Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial Modbus RTU y Modbus TCP/IP*. Obtenido de Implementación de un sistema de monitoreo y control de actuadores eléctricos AUMA utilizando protocolos de comunicación industrial Modbus RTU y Modbus TCP/IP: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1592/1527>
- Diaz, J. (12 de Septiembre de 2014). *TELEMETRÍA 1: HISTORIA Y FUNCIONAMIENTO*. Obtenido de Angeles en la cabeza: [/angelesenlacabeza.blogspot.com/2014/09/telemetria-1-historia-y-funcionamiento.htm](http://angelesenlacabeza.blogspot.com/2014/09/telemetria-1-historia-y-funcionamiento.htm)
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. (2017). *Fundamentals of Business Process Management*. Berlin: Springer.
- European GNSS Service Centre. (2025). *European Union Agency for the Space Programme*. Obtenido de EUSPA: <https://www.gsc-europa.eu/galileo/what-is-galileo>
- Gil, S., Xicotécatl, G., Muñoz, M., & González, S. (2018). *Revista NTHE*. Obtenido de Implementación de un: [https://www.researchgate.net/profile/Martin-Munoz-Mandujano/publication/350670670\\_Implementacion\\_de\\_un\\_modelo\\_de\\_datos\\_para\\_el\\_almacenamiento\\_de\\_informacion\\_climatologica\\_en\\_el\\_estado\\_de\\_Queretaro/links/606cad084585159de5010e13/Implementacion-de-un-modelo](https://www.researchgate.net/profile/Martin-Munoz-Mandujano/publication/350670670_Implementacion_de_un_modelo_de_datos_para_el_almacenamiento_de_informacion_climatologica_en_el_estado_de_Queretaro/links/606cad084585159de5010e13/Implementacion-de-un-modelo)
- Gobierno de Estados Unidos. (2025). *The Global Positioning System*. Obtenido de GPS.GOV: <https://www.gps.gov/systems/gps/>

- Gobierno de la Republica China. (2025). *Oficina de Navegación por Satélite China*. Obtenido de portal oficial del Sistema de Navegación por Satélite BeiDou (BDS) de China.:  
<http://www.beidou.gov.cn/>
- González , D. (2015). *Motores térmicos y sus sistemas auxiliares*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Hayes, A. (29 de Agosto de 2024). *Strategic Gap Analysis: Definition, How It Works, and Example*. Obtenido de Investopedia: <https://www.investopedia.com/terms/s/strategic-gap-analysis.asp>
- Hernández , R., Fernández , C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: MC Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández , C., & Baptista , M. (2014). *Metodología de la investigación Sexta Edición*. Mexico: McGraw Hill Education.
- Laverde , J., & Laverde, G. (21 de Abril de 2021). *Scielo*. Obtenido de Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000100031&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78902021000100031&script=sci_arttext)
- Lorenzo, D. (2023). *Diseño de un caracterizador de medios isotermos basado en ESP32 y DS18B20 en el entorno de programación de Arduino*. Obtenido de INNOTEC:  
<https://www.redalyc.org/journal/6061/606174657013/606174657013.pdf>
- Lugo, O., Villavicencio, G., & Díaz, S. (2014). *Scielo*. Obtenido de Paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792014000100077&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792014000100077&script=sci_arttext)

- Luna, M., Becerra, S., Serrano, N., & Lobo, R. (Abril de 2020). *Scielo*. Obtenido de Implementación de tecnologías libres y sensores remotos para un biobanco: el desafío de producir a bajo costo: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000200149&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642020000200149&script=sci_arttext&tlng=en)
- Maloy Smith, G. (4 de Diciembre de 2024). *La Historia de la telemetría aeroespacial*. Obtenido de Dewesoft: <https://dewesoft.com/es/blog/historia-de-la-telemetria-aeroespacial>
- Marqués, M. (2011). *Bases de datos*. Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I.
- mettatec. (21 de Enero de 2025). *Historia y Evolución de los Sistemas GNSS*. Obtenido de mettatec: <https://mettatec.com/es/historia-y-evolucion-de-los-sistemas-gnss/>
- Mogrovejo, D. (2019). *MONITOREO DE VARIABLES INDUSTRIALES BASADAS EN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN LoRa*. Obtenido de MONITOREO DE VARIABLES INDUSTRIALES BASADAS EN PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN LoRa: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2191/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-083.pdf>
- Morillas, A. (2007). *Muestreo en poblaciones finitas*. Obtenido de Muestreo en poblaciones finitas: [https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=formula+poblacion+finita&oq=#d=gs\\_cit&t=1752809834569&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AR7XsutIp9SgJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D2%26hl%3Des](https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=formula+poblacion+finita&oq=#d=gs_cit&t=1752809834569&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AR7XsutIp9SgJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D2%26hl%3Des)

- Muñoz , C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. México: Pearson Educación.
- Nettikadan, D., & Raj, S. (10 de 2018). *Smart Community Monitoring System using ThingSpeak IoT Platform*. Obtenido de Smart Community Monitoring System using ThingSpeak IoT Platform:  
[https://scholar.google.co.in/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=qeYvkLoAAAAJ&citation\\_for\\_view=qeYvkLoAAAAJ:u5HHmVD\\_uO8C](https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=qeYvkLoAAAAJ&citation_for_view=qeYvkLoAAAAJ:u5HHmVD_uO8C)
- Pallás, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: marcombo Boixareu Editores.
- Parra, A. (2024). *Cuáles son los tipos de variables en una investigación*. Obtenido de QuestionPro: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-variables-en-una-investigacion/>
- Pérez, F. (2000). *SISTEMAS DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE*. Madrid: E.T.S.I. Telecomunicación.
- Pigna, A. (28 de Septiembre de 2023). *Kavak*. Obtenido de ¿Qué daños ocurren cuando un auto se sobrecalienta?: <https://www.kavak.com/mx/blog/danos-cuando-un-auto-se-sobrecalienta>
- Rodríguez, A., Rodríguez, D., & Díaz , E. (Septiembre de 2016). *Scielo*. Obtenido de Selección de Base de Datos No SQL para almacenamiento de Históricos en Sistemas de Supervisión: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2227-18992016000300012](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992016000300012)

- Sánchez, D. (05 de Enero de 2022). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación*. Obtenido de UAEH:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/7928/8457>
- Sitrack. (08 de Julio de 2022). *¿Qué es y para qué sirve la telemetría por GPS?* Obtenido de Sitrack.com: <https://blog.sitrack.com/que-es-y-para-que-sirve-la-telemetria-por-gps#:~:text=Historia%20de%20la%20telemetr%C3%ADa,gracias%20a%20los%20datos%20recopilados>.
- Soca Cabrera, J. (2022). *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE SISTEMAS DE LUBRICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA*. Chapingo.
- Stewart, L. (2024). *Variables en la Investigación Tipos, Definición y Ejemplos*. Obtenido de ATLAS.ti: <https://atlasti.com/es/research-hub/variables-investigacion>
- Taller de rectificación JJK Manley S.A. (2025). *Proforma de rectificación*. San José.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: Pearson Educación.
- Torres, M., & Paz, K. (01 de Septiembre de 2019). *METODOS DE RECOLECCION DE DATOS PARA UNA INVESTIGACIÓN*. Obtenido de Facultad de ingeniería- Universidad Rafael Landívar:  
[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38856523/art\\_metodos\\_de\\_recoleccion\\_de\\_datos-libre.pdf?1442953631=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOS\\_DE\\_RECOLECCION\\_DE\\_DATOS\\_PARA\\_UNA.pdf&Expires=1751424870&Signature=c8iSOFJJU9WYqD758y7rnmvkqVW](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38856523/art_metodos_de_recoleccion_de_datos-libre.pdf?1442953631=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMETODOS_DE_RECOLECCION_DE_DATOS_PARA_UNA.pdf&Expires=1751424870&Signature=c8iSOFJJU9WYqD758y7rnmvkqVW)
- Turrión, R. (Julio de 2022). *Diseño e implementación de un sistema de telemetría controlado por dispositivos embebidos*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE CANTABRIA:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/25295/441887.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Uvidia, L., & Estrada, N. (2015). Diseño e implementación de un sistema electrónico prototipo georeferenciado para monitoreo y control de puertas de buses en paradas específicas de la ciudad de Riobamba. Riobamba, Riobamba, Ecuador.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### **Encuesta para conductores- Sistema de monitoreo de variables críticas del motor.**

La presente encuesta tiene por objetivo reunir información sobre el estado actual de los sistemas de monitoreo de las condiciones del motor, y conocer sus necesidades respecto a la detección temprana de fallas. Las respuestas serán utilizadas exclusivamente para fines de investigación y para el desarrollo de un sistema automatizado de detección de fallas.

1. ¿Cuántos años de experiencia tiene en la conducción de autobuses?

- Menos de 5 años
- Entre 5 y 10 años
- Entre 10 y 15 años
- Entre 15 y 20 años
- Más de 20 años

2. ¿Con que frecuencia revisa los indicadores del tablero mientras conduce?

- Siempre
- Frecuentemente
- Ocasionalmente
- Rara vez
- Nunca

3. ¿En una escala del 1 al 10, siendo el 1 muy difícil y el 10 muy fácil como le resulta entender los indicadores de temperatura del motor, presión de aceite y generación con los que cuenta el autobús?

1     2     3     4     5     6     7     8     9     10

fácil

Muy difícil

Muy

4. ¿Se siente capacitado para detectar e informar de forma clara cuando un sistema de monitoreo del motor falla?

Si

No

5. ¿En una escala del 1 al 10, siendo 1 menos seguro, 5 neutro y 10 más seguro, como se sentiría operando la unidad si los indicadores fueran más fáciles de entender?

1     2     3     4     5     6     7     8     9     10

Menos seguro

Neutro

Más seguro

6. ¿Ha sufrido alguna avería grave en el motor del autobús, debido a alguna falla en los sistemas de monitoreo?

Si

No

7. ¿Con que frecuencia reporta fallos o anomalías al taller?

Siempre que ocurren

Solo cuando son graves

Casi nunca

8. ¿Considera útil que la empresa conozca la ubicación del autobús en tiempo real?

Si

No

9. ¿Ha sufrido algún incidente cuando debió desviarse de su ruta debido a algún acontecimiento en la vía?

Casi siempre

Rara vez

Nunca

10. En una escala del 1 al 10, siendo 1 la nota más baja ¿Qué tanto cree que un sistema de monitoreo ayudaría a evitar accidentes o daños en el motor?

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11. ¿Estaría dispuesto a capacitarse para usar un nuevo sistema de monitoreo en los autobuses?

Si

No

**ANEXO 2****Entrevista al jefe de taller y transito**

1. ¿Cuáles son las principales causas de fallas que se presentan en los autobuses?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. ¿Cree que los conductores detectan cuando un indicador del tablero señala una falla y lo alertan con rapidez?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
3. ¿Con que frecuencia se presentan daños graves debido a que el conductor no detecto a tiempo la falla?  
  
 Muy a menudo                       Rara vez                       Casi nunca
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. ¿Considera usted que estas averías graves se presentan por el mal funcionamiento de los sistemas de detección o por omisión de los conductores?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. ¿Considera que la instalación de un sistema que registre y gestione los datos del motor podría mejorar la planificación del mantenimiento?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
6. ¿Con que frecuencia los conductores se desvían de las rutas asignadas durante sus recorridos?  
  
 7. Muy a menudo                       Rara vez                      Casi  nunca

8. ¿Considera que un sistema de monitoreo mediante GPS ayudara a organizar las rutas y mejorar el control de la operación?
9. ¿Con que regularidad se realizan los mantenimientos preventivos de los autobuses?
10. ¿Con que frecuencia ocurren fallos en el arranque de los autobuses debido a problemas con las baterías?
- Muy a menudo                       Rara vez                       Casi nunca
11. ¿En promedio cada cuanto tiempo se reemplazan las baterías de los autobuses?
12. ¿Existe algún procedimiento para reportar y registrar las fallas que se presentan en los autobuses?

## ANEXO 3

### Manual de usuario

Para el correcto funcionamiento e interpretación de los datos y mensajes, se deben seguir las siguientes instrucciones:

El sistema cuenta con dos conectores vistos desde el dispositivo de monitoreo de los datos, en la Figura 69 se muestra el conector A.

#### Figura 69

*Conector A*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En este conector se deben realizar las siguientes conexiones:

Cable amarillo: Entrada de la señal de presión de aceite.

Cable blanco: Entrada de la señal de temperatura.

Cable azul: Entrada de la señal de RPM.

Cable rojo: No se utiliza.

Cable verde: No se utiliza.

Cable negro: No se utiliza.

En la Figura 70 se muestra el conector B.

*Figura 70*

*Conector B*



Fuente: Elaboración propia (2025)

En este conector se deben realizar las siguientes conexiones:

Cable amarillo: Salida de 5 V, provenientes del Raspberry Pi Pico.

Cable blanco: Salida de 3.3 V, provenientes del Raspberry Pi Pico.

Cable azul: Entrada de la señal de 12 V.

Cable rojo: Entrada de la ignición, señal digital.

Cable verde: Entrada de la señal de 24 V .

Cable negro: Salida de negativo, proveniente del Raspberry Pi Pico.

Estas conexiones se deben de respetar para que el sistema funcione de manera correcta, en caso de ser necesario conectar algún otro dispositivo se deben compartir los negativos.

### Información desplegada en el monitor local.

El sistema cuenta con una interfaz gráfica la cual se muestra en la Figura 71, y a continuación se detalla su funcionamiento.

**Figura 71**

*Interfaz gráfica del sistema.*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Los cuadros despliegan la siguiente información y alertan sobre los errores:

Temp: Muestra la temperatura actual del motor, en caso de que la temperatura sea mayor a 95° C o menor a 11° C. El cuadro muestra el texto error y la temperatura actual, el color del texto cambia a rojo.

Presión: Muestra la condición actual de la presión de aceite, debe mostrar siempre la leyenda “Presión Normal” indicando una condición idónea del sistema. En caso de que indique “Error de Presión” se deberá revisar primero que la presión de aceite sea la correcta, si la presión está bien se deberá revisar las conexiones.

RPM: Indica las revoluciones por minuto del motor, no maneja errores.

Velocidad: Indica la velocidad del autobús, no maneja errores.

Volt24v: Indica la carga de las baterías, si la carga de las baterías es menor a 22 V con el autobús apagado indica “Error” se deberá verificar el estado de las baterías. Si la lectura es menor a 26 V o mayor a 30 V con el motor encendido muestra “Error” se debe verificar el estado de la generación, en ambos casos el texto cambia a rojo.

Volt12v: Indica el estado de carga de una de las baterías y mediante una operación matemática se conoce el estado de ambas baterías. Si la diferencia entre las dos baterías es mayor a 2 V indica error el texto cambia a rojo, se debe verificar el estado de las baterías y rotar si es necesario.

Distancia: muestra un acumulado de la distancia recorrida, no se puede modificar.

Mantenimiento: Muestra un acumulado de la distancia recorrida desde el ultimo mantenimiento. Para resetearlo se debe pulsar sobre la casilla, aparecerá un cuadro donde se debe introducir la contraseña “1234” por defecto, se pulsa aceptar y aparecerá un cuadro de dialogo, con la lectura “reseteo del mantenimiento ok” y el indicador se resetea a cero.

### **Conexión con Telegram**

El sistema tiene conexión con telegram, para inicializar la conexión una vez el sistema haya cargado se debe enviar el comando “/start” esta orden enviara el chatID necesario para que el sistema funcione. Mediante Telegram se recibirán notificaciones de manera automática en caso de error de presión de aceite, temperatura del motor y generación del motor.

Además, mediante comandos se puede solicitar los siguientes datos:

1. Temperatura del motor.
2. Presión de aceite.

3. Voltaje de las baterías.
4. Velocidad del autobús.

### **Conexión mediante VPN.**

Mediante VPN podemos ingresar al sistema desde cualquier dispositivo con conexión a internet, para esto primero se debe instalar en el dispositivo el software de Tailscale e iniciar el programa, posteriormente se pueden realizar las siguientes acciones:

“IP del Raspberry:3000” da acceso a grafana en el cual se puede ver las gráficas de presión de aceite, temperatura del motor y revoluciones del motor. En otro panel adicional se muestra un mapa en el cual al colocar el puntero se muestra la ubicación expresada en latitud y longitud, también se muestra la velocidad actual del autobús.

“IP del Raspberry:8086” da acceso a la base de datos.

**ANEXO 4**

Programa del sistema de recolección de datos (Raspberry Pi Pico)

```
import machine
```

```
import time
```

```
import math
```

```
i2c = machine.I2C (0, sda=machine.Pin(4), scl=machine.Pin(5))
```

```
ADS1115_ADDRESS = 0x48
```

```
# Datos del circuito de temperatura
```

```
R_REF = 150
```

```
V_REF = 3.3
```

```
# Coeficientes Steinhart-Hart
```

```
A= 1.8181e-3
```

```
B= 2.3032e-4
```

```
C= 1.1749e-7
```

```
def leer_ignicion():
```

```
    pin = machine.Pin(0, machine.Pin.IN)
```

```
    return pin.value()
```

```
def leer_12v():
```

```
adc=machine.ADC(0)
valor= adc.read_u16()
v_adc = valor*3.3/65535
v_in = v_adc*(12700/2150)
return round (v_in, 2)
```

```
def leer_24v():
```

```
    adc= machine.ADC(2)
    valor= adc.read_u16()
    v_adc = valor*3.3/65535
    v_in = v_adc*(11200/1000)
    return round (v_in, 2)
```

```
def leer_presion():
```

```
    pin= machine.Pin(1, machine.Pin.IN)
    return pin.value()
```

```
def leer_temp(n=5):
```

```
    suma = 0
    validas = 0
    for _ in range(n):
        adc_temp= machine.ADC(1)
```

```

ntc = adc_temp.read_u16()

v_adc = ntc*V_REF/65535

if v_adc >= V_REF:

    return "-1"

r_ntc = (R_REF*v_adc)/(V_REF - v_adc) if 0 < v_adc < V_REF else float("inf")

ln_r = math.log(r_ntc)

t_kelvin = 1 / (A + B * ln_r + C*(ln_r **3))

t_celsius = t_kelvin - 273.15

suma += t_celsius

validas += 1

time.sleep(0.05)

if validas == 0:

    return "ERROR"

return round (suma / validas, 2)

def frecuencia(tiempo_medido=1.0):

    pin_opto = machine.Pin(2, machine.Pin.IN, machine.Pin.PULL_UP)

    contador = 0

    t_inicio = time.ticks_ms()

```

```
t_final = t_inicio + int(tiempo_medido * 1000)

estado_anterior = pin_opto.value()

while time.ticks_ms() < t_final:

    estado_actual = pin_opto.value()

    if estado_anterior == 1 and estado_actual == 0:

        contador += 1

        estado_anterior = estado_actual

frecuencia = contador / tiempo_medido

return frecuencia

def leer_RPM():

    pares_polos = 6

    relacion = 3

    f = frecuencia()

    rpm = (f * 60) / pares_polos / relacion

    return round(rpm)

def temp_pico():

    adc_temp = machine.ADC(4)

    valor = adc_temp.read_u16()
```

```
v = valor * 3.3 / 65535  
temp = 27 - (v - 0.706) / 0.001721  
return round(temp, 2)
```

```
def main():
```

```
    while True:
```

```
        ign = leer_ignicion()
```

```
        volt_12 = leer_12v()
```

```
        volt_24 = leer_24v()
```

```
        presion = leer_presion()
```

```
        temp = leer_temp()
```

```
        rpm = leer_RPM()
```

```
        pico = temp_pico()
```

```
        print(f" {ign}, {volt_12}, {volt_24}, {presion}, {temp}, {rpm}, {pico} ")
```

```
        time.sleep(1)
```

```
main()
```

## Anexo 5

Código principal del sistema (Raspberry Pi 5)

```
import tkinter as tk

import serial

import pynmea2

from influxdb import InfluxDBClient

from collections import deque

import time

import math

import telepot

import telepot.loop

import threading

from datetime import datetime

from tkinter import simpledialog, messagebox

# ----- Configuracion GPS -----

gps_serial = serial.Serial("/dev/serial0", baudrate=9600, timeout=1)

# ----- Configuracion puerto serial telemetria -----

puerto = "/dev/ttyACM0"

baudrate = 115200

ser = serial.Serial(puerto, baudrate, timeout=1)
```

```
# ----- Configuracion InfluxDB -----  
  
client = InfluxDBClient(host='localhost', port=8086)  
  
db_name = 'telemetry'  
  
client.switch_database(db_name)  
  
  
cliente = InfluxDBClient(host="localhost", port=8086, database="telemetry")  
  
  
# ----- Configuracion historial GPS -----  
  
HISTORIAL_MAX = 100  
  
historial = deque(maxlen=HISTORIAL_MAX)  
  
  
#-----Configuracion Telegram-----  
  
tokenTelegram= "6811284497:AAHcjMMEWPpj66onndw7rZi-loJGrIF7Va4"  
  
conexionTelegram = telepot.Bot(tokenTelegram)  
  
# ----- Variables globales GPS -----  
  
distance_total = 0  
  
last_lat, last_lon = None, None  
  
gps_speed = 0 # Variable para velocidad GPS  
  
temp = 0.0  
  
presion = 0  
  
volt_24 = 0.0  
  
ultimo_ID = None
```

```

ultima_alerta=0

Frecuencia_alerta=120

mantenimiento = 0.0

frecuencia_mantenimiento = 20000

# ----- Funcion para recuperar distancia acumulada -----

def recuperar_distancia_acumulada():

    global distance_total

    try:

        query = 'SELECT last("distancia_total") FROM "gps"'

        result = client.query(query)

        points = list(result.get_points())

        if points:

            distance_total = float(points[0]['last'])

            print(f"Distancia recuperada: {distance_total:.2f} km")

        else:

            distance_total = 0

            print("No hay datos previos, iniciando distancia en 0")

    except Exception as e:

        print(f"Error recuperando distancia: {e}")

        distance_total = 0

def recuperar_mantenimiento_acumulado():

```

global mantenimiento

try:

```
query = 'SELECT last("mantenimiento") FROM "gps"'
```

```
result = client.query(query)
```

```
points = list(result.get_points())
```

if points:

```
    mantenimiento = float(points[0]['last'])
```

```
    print(f"Mantenimiento recuperado: {mantenimiento:.2f} km")
```

else:

```
    mantenimiento = 0
```

```
    print("No hay datos previos de mantenimiento, iniciando en 0")
```

except Exception as e:

```
    print(f"Error recuperando mantenimiento: {e}")
```

```
    mantenimiento = 0
```

# ----- Funcion para insertar GPS en InfluxDB -----

```
def insertar_influx(lat, lon, speed, distance_total, mantenimiento):
```

```
    distance_total_db= round(distance_total,2)
```

```
    mantenimiento_db= round(mantenimiento,2)
```

```
    json_body = [
```

```
        {
```

```
            "measurement": "gps",
```

```
            "fields": {
```

```
                "latitud": float(lat),
```

```

        "longitud": float(lon),
        "speed": float(speed),
        "distancia_total": float(distance_total_db),
        "mantenimiento": float(mantenimiento_db)
    }
}
]
client.write_points(json_body)

# ----- Funcion para calcular distancia -----
def haversine(lat1, lon1, lat2, lon2):
    R = 6371 # radio tierra km
    phi1 = math.radians(lat1)
    phi2 = math.radians(lat2)
    delta_phi = math.radians(lat2 - lat1)
    delta_lambda = math.radians(lon2 - lon1)
    a = math.sin(delta_phi/2)**2 +
math.cos(phi1)*math.cos(phi2)*math.sin(delta_lambda/2)**2
    c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1-a))
    return R * c

# ----- Funcion para procesar GPS -----

```

```
def procesar_gps():  
    global distance_total, last_lat, last_lon, gps_speed, mantenimiento  
  
    if gps_serial.in_waiting > 0:  
        try:  
            linea = gps_serial.readline().decode('utf-8', errors='ignore')  
  
            if linea.startswith("$GPRMC"):  
                try:  
                    msg = pynmea2.parse(linea)  
  
                    if msg.status == 'A': # fix valido  
                        lat, lon = msg.latitude, msg.longitude  
  
                        gps_speed = float(msg.spd_over_grnd) * 1.852 # nudos a km/h  
  
                        # calcular distancia acumulada  
  
                        if last_lat is not None and last_lon is not None:  
                            delta = haversine(last_lat, last_lon, lat, lon)  
  
                            distance_total += delta  
  
                            mantenimiento += delta  
  
                            last_lat, last_lon = lat, lon  
  
                        # guardar en historial local  
  
                        historial.append({  
                            "latitud": lat,  
                            "longitud": lon,
```

```

    "speed": gps_speed,
    "distance_total": distance_total,
    "mantenimiento": mantenimiento
})

# insertar en InfluxDB

insertar_influx(lat, lon, gps_speed, distance_total,mantenimiento)

# Actualizar GUI con datos GPS (solo distancia)

lbl_gps_dist.config(text=f"Distancia: {distance_total:.2f} km")

lbl_mantenimiento.config(text=f"Mantenimiento: {mantenimiento:.2f} Km")

# alerta de mantenimiento

if mantenimiento >= frecuencia_mantenimiento:

    lbl_mantenimiento.config(fg="red")

    try:

        if ultimo_ID is not None:

            conexionTelegram.sendMessage(

                ultimo_ID,

                f"Atencion: mantenimiento requerido ({mantenimiento:.1f} km)"

            )

    except Exception as e:

        print("Error enviando alerta:", e)

```



```
        }  
    }  
]  
  
cliente.write_points(punto)  
  
print("Datos guardados en InfluxDB")  
  
except Exception as e:  
  
    print("Error guardando en InfluxDB:", e)  
  
def procesar_datos(linea):  
  
    global temp, presion, volt_24  
  
    try:  
  
        valores = linea.strip().split(",")  
  
        if len(valores) != 7:  
  
            return None  
  
        ign = float(valores[0])  
  
        volt_12 = float(valores[1])  
  
        volt_24 = float(valores[2])  
  
        presion = int(valores[3])  
  
        temp = float(valores[4])  
  
        rpm = float(valores[5])  
  
        picotemp = float(valores[6])  
  
        return ign, volt_12, volt_24, presion, temp, rpm, picotemp  
  
    except:
```

```
return None
```

```
def crear_frame(parent, texto, fila, columna, w, h, color):
```

```
    frame = tk.Frame(parent, bg=color, width=w, height=h, relief="raised", bd=3)
```

```
    frame.grid(row=fila, column=columna, padx=10, pady=10, sticky="nsew")
```

```
    frame.grid_propagate(False)
```

```
    label = tk.Label(frame, text=texto, bg=color, fg="white", font=("Arial", 30, "bold"),
anchor="center")
```

```
    label.pack(expand=True, fill="both")
```

```
    return label
```

```
def crear_frame_gps(parent, texto, fila, columna, w, h, color):
```

```
    frame = tk.Frame(parent, bg=color, width=w, height=h, relief="raised", bd=3)
```

```
    frame.grid(row=fila, column=columna, padx=5, pady=5, sticky="nsew")
```

```
    frame.grid_propagate(False)
```

```
    label = tk.Label(frame, text=texto, bg=color, fg="black", font=("Arial", 16, "bold"),
anchor="center")
```

```
    label.pack(expand=True, fill="both")
```

```
    return label
```

```
def actualizar_datos():
```

```
    global ultima_alerta
```

```
    # Procesar datos de telemetria
```

```
    if ser.in_waiting > 0:
```

```

linea = ser.readline().decode("utf-8", errors="ignore")

datos = procesar_datos(linea)

if datos:

    ign, volt_12, volt_24, presion, temp, rpm, picotemp = datos

    # Crear diccionario para base de datos

    datos_para_db = {

        "ignicion": ign,

        "volt_12": volt_12,

        "volt_24": volt_24,

        "presion": presion,

        "temp": temp,

        "rpm": rpm,

        "picotemp": picotemp

    }

    # Guardar en base de datos

    base_datos(datos_para_db)

    # Voltajes

    VT = volt_24 - volt_12

    ahora=time.time()

    if abs(VT - volt_12) >= 2:

        lbl_volt12.config(text=f"Volt 12v: {volt_12:.1f} V (ERROR)", fg="red")

        if ahora - ultima_alerta >= Frecuencia_alerta:

            try:

```

```

        conexionTelegram.sendMessage(ultimo_ID, f"Se deben rotar las baterias:
{volt_12:.1f}")

        ultima_alerta = ahora

    except Exception as e:

        print("Error enviando alerta a Telegram:", e)

else:

    lbl_volt12.config(text=f"Volt 12v: {volt_12:.1f} V", fg="white")

if (rpm > 400 and volt_24 < 26) or (rpm == 0 and volt_24 < 22):

    lbl_volt24.config(text=f"Volt 24v: {volt_24:.1f} V (ERROR)", fg="red")

    if ahora - ultima_alerta >= Frecuencia_alerta:

        try:

            conexionTelegram.sendMessage(ultimo_ID, f"Problema en la generacion:
{volt_24}")

            ultima_alerta = ahora

        except Exception as e:

            print("Error enviando alerta a Telegram:", e)

else:

    lbl_volt24.config(text=f"Volt 24v: {volt_24:.1f} V", fg="white")

# Presion (solo cambia el texto de color)

if (rpm == 0 and presion == 0) or (rpm > 100 and presion == 1):

    presion_texto = "Presion Normal"

```

```

    presion_color = "white"

else:

    presion_texto = "Error de Presion"

    presion_color = "red"

    if ahora - ultima_alerta >= Frecuencia_alerta:

        try:

            conexionTelegram.sendMessage(ultimo_ID, f"Problema en la presion:
{presion}")

            ultima_alerta = ahora

        except Exception as e:

            print("Error enviando alerta a Telegram:", e)

lbl_presion.config(text=presion_texto, fg=presion_color)

# Temperatura (texto rojo si esta fuera de rango)

if temp < 11 or temp > 95:

    lbl_temp.config(text=f"ERROR ( {temp:.1f} Â°C)", fg="red")

    if ahora - ultima_alerta >= Frecuencia_alerta:

        try:

            conexionTelegram.sendMessage(ultimo_ID, f"Temperatura de motor fuera de
rango: {temp:.1f} Â°C")

            ultima_alerta = ahora

        except Exception as e:

            print("Error enviando alerta a Telegram:", e)

```

```

else:

    lbl_temp.config(text=f"Temp: {temp:.1f} Â°C", fg="white")

# RPM y Velocidad GPS

lbl_rpm.config(text=f"RPM: {int(rpm)}")

lbl_velocidad.config(text=f"Velocidad: {gps_speed:.1f} km/h")

# Procesar datos GPS

procesar_gps()

# Llamar nuevamente despues de 100ms

root.after(100, actualizar_datos)

def fconexionTelegram(parametro):

    global ultimo_ID

    ChatID = parametro["chat"]["id"]

    ultimo_ID = ChatID

    Comando = parametro["text"]

    if Comando == "/start":

        conexionTelegram.sendMessage(ChatID,

"Opciones:\n/temperatura\n/presion\n/generacion\n/velocidad")

        elif Comando == "/temperatura":

```

```

        conexionTelegram.sendMessage(ChatID, f"La temperatura del motor es:
{temp:.1f}Â°C")

elif Comando == "/presion":

    conexionTelegram.sendMessage(ChatID, f"Presion de aceite: {presion}")

elif Comando == "/generacion":

    conexionTelegram.sendMessage(ChatID, f"Voltaje: {volt_24:.1f} V")

elif Comando == "/velocidad":

    conexionTelegram.sendMessage(ChatID, f"La velocidad es: {gps_speed:.1f} KM/H")

else:

    conexionTelegram.sendMessage(ChatID, "Comando no reconocido")

telepot.loop.MessageLoop(conexionTelegram, fconexionTelegram).run_as_thread()

print("Bot Telegram corriendo...")

def resetear_mantenimiento(event=None):

    global mantenimiento

    clave = simpledialog.askstring("Clave requerida", "Ingrese clave:", show="*")

    if clave == "1234":

        mantenimiento = 0.0

```

```

    lbl_mantenimiento.config(text=f"Mantenimiento: {mantenimiento:.2f} km")
    messagebox.showinfo("Reset", "Contador de mantenimiento reiniciado")

else:
    messagebox.showerror("Error", "Clave incorrecta")

# ----- GUI -----

root = tk.Tk()

root.title("Telemetria y GPS en Tkinter")

root.geometry("1000x700")

root.config(bg="black")

# Frames de telemetria (2 columnas x 3 filas)

lbl_temp = crear_frame(root, "Temp: ---", 0, 0, 400, 150, "green")

lbl_presion = crear_frame(root, "Presion: ---", 0, 1, 400, 150, "green")

lbl_rpm = crear_frame(root, "RPM: ---", 1, 0, 400, 150, "blue")

lbl_velocidad = crear_frame(root, "Velocidad: ---", 1, 1, 400, 150, "blue")

lbl_volt24 = crear_frame(root, "Volt 24v: ---", 2, 0, 400, 150, "purple")

lbl_volt12 = crear_frame(root, "Volt 12v: ---", 2, 1, 400, 150, "purple")

# Frame GPS distancia (1 columna centrada)

lbl_gps_dist = crear_frame(root, "Distancia: ---", 3, 0, 820, 100, "orange")

lbl_mantenimiento = crear_frame(root, "Mantenimiento: ---", 3, 1, 400, 100, "orange")

```

```
lbl_mantenimiento.bind("<Button-1>", resetear_mantenimiento)

lbl_gps_dist.master.grid(column=0, row=3, columnspan=1, sticky="nsew")

# Configurar la grilla para expandir bien
for i in range(4):
    root.grid_rowconfigure(i, weight=1)
for j in range(2):
    root.grid_columnconfigure(j, weight=1)

print("Iniciando sistema de telemetria y GPS...")

# Recuperar distancia acumulada al iniciar
recuperar_distancia_acumulada()
recuperar_mantenimiento_acumulado()

try:
    # Iniciar actualizacion
    root.after(100, actualizar_datos)
    root.mainloop()
except KeyboardInterrupt:
    print("Programa detenido.")
```

finally:

```
gps_serial.close()
```

```
ser.close()
```



### CARTA DEL TUTOR

San José, 22 de octubre del 2025

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Germañ Barboza González, cédula de identidad número 602920615, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas para la reducción de daños en unidades de transporte de personas de la empresa RODIALL R.S.S.A, durante el segundo cuatrimestre del 2025"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

**Tabla 1** Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	20
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	30
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ignacio Alvarado Chacón  
Cédula de identidad: 1114440253



### CARTA DEL LECTOR

San José, 21 de abril, del 2026

Señores  
Departamento de Registro  
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **German Barboza González**, cédula de identidad número **6-0292-0615**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y ENVÍO DE ALERTAS PARA LA REDUCCIÓN DE DAÑOS EN UNIDADES DE TRANSPORTE DE PERSONAS DE LA EMPRESA RODIAL R.S.S.A, DURANTE EL SEGUNDO CUATRIMESTRE DEL 2025"**, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

DANIEL HUMBERTO VALVERDE RAMIREZ (FIRMA)  
Firmado digitalmente por  
DANIEL HUMBERTO  
VALVERDE RAMIREZ (FIRMA)  
Fecha: 2026.04.21 17:00:50  
-06'00'

Ing. Daniel Valverde Ramírez  
Cédula de identidad: 3-03490012  
Carné colegio profesional: IEL-10109

## DECLARACIÓN JURADA

Yo **German Barboza González**, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número **6-0292-0615** egresado de la carrera de **Ingeniería Electrónica** de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de **Bachillerato** juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

**Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas para la reducción de daños en unidades de transporte de personas de la empresa RODIALL R.S.S.A, durante el segundo cuatrimestre del 2025** es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982, incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de **San José**, a los **05** días del mes de **noviembre** del año **dos mil veinticinco**.

 \_\_\_\_\_

Firma del estudiante

Cédula: 6-0292-0615

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA  
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)  
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA  
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 11 de mayo de 2026

Señores:

Universidad Hispanoamericana  
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) German Barboza González con número de identificación 802920615 autor (a) del trabajo de graduación titulado **Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y envío de alertas para la reducción de daños en unidades de transporte de personas de la empresa RODIALL R.S.S.A, durante el segundo cuatrimestre del 2025.** presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Bachiller en Ingeniería electrónica; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

  
Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)  
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y  
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

**Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional**

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.

b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana

c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.