



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA GESTIONAR Y CONTROLAR
INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LOS CONDUCTORES
DEL TRANSPORTE INTERPROVINCIAL MEDIANTE
IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

CRISTIAN RONALDO JUCA RODRIGUEZ

DANIELA ALEXANDRA TARCO CHAFLA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PARA GESTIONAR Y CONTROLAR
INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LOS CONDUCTORES
DEL TRANSPORTE INTERPROVINCIAL MEDIANTE
IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: CRISTIAN RONALDO JUCA RODRIGUEZ Y DANIELA

ALEXANDRA TARCO CHAFLA

DIRECTOR: Ing. PAUL PATRICIO ROMERO RIERA PhD.

Riobamba – Ecuador

2023

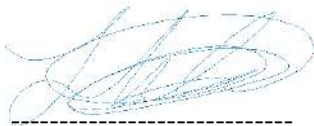
© 2022, Cristian Ronaldo Juca Rodríguez, Daniela Alexandra Tarco Chafra

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, **Cristian Ronaldo Juca Rodríguez y Daniela Alexandra Tarco Chafra**, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de marzo de 2023



Cristian Ronaldo Juca Rodríguez
060547229-9



Daniela Alexandra Tarco Chafra
060494259-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Dispositivo Tecnológico; **DISEÑO DE UN SISTEMA PARA GESTIONAR Y CONTROLAR INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LOS CONDUCTORES DEL TRANSPORTE INTERPROVINCIAL MEDIANTE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA**; realizado por los señores **CRISTIAN RONALDO JUCA RODRÍGUEZ Y DANIELA ALEXANDRA TARCO CHAFLA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Jorge Luis Hernández Ambato
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



2023-03-13

Ing. Paul Patricio Romero Riera PhD.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-03-13

Ing. Ramiro Fernando Isa Jara PhD.
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



2023-03-13

DEDICATORIA

El trabajo realizado lo dedico a las personas que me apoyaron a lo largo de mi carrera, a pesar de la distancia, siempre estuvieron de una u otra manera a mi lado, mi familia.

Cristian

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a mis padres, Jaime y Mariana, por ser quienes me han guiado y apoyado. A mis hermanos Doménica y Juan Diego que me brindaron su aliento y soporte en los días malos; finalmente, a una personita a la que siempre tengo presente y sé que me cuida desde el cielo, Juan Elías.

Daniela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a las personas que estuvieron día a día apoyándome de una u otra manera, docentes como tutor, asesor y profesor que me guiaron en este trabajo, amigos que me apoyaron de varias maneras, a la familia de corazón que llegue tener y me apoyaron de muchas maneras, a mi mascota que día a día estuvo acompañándonos hasta el último día de trabajo, aun en la hora más alta de la noche o madrugada, a mi compañera de tesis que estuvo hombro a hombro desde el momento en que iniciamos, apoyándonos y siendo el soporte del otro de manera incondicional aun en los momentos más difíciles que personalmente tuve y ser una persona fuerte, firme en sus valores, noble y luchadora ante los problemas y dificultades que se puedan presentar.

Cristian

Agradezco a mis padres por enseñarme afrontar las dificultades sin morir en el intento, sus palabras de aliento me ayudaron a seguir adelante a pesar de las circunstancias siendo mi familia mi motor y motivación para cumplir mis sueños. A los amigos y personas cercanas que me brindaron su apoyo incondicional durante mi vida estudiantil. De manera especial a los ingenieros Paul Romero y Ramiro Isa, Director y Asesor del trabajo de titulación por toda la ayuda brindada durante la realización de este proyecto. Por último, agradezco a mi compañero por su paciencia y dedicación brindada; además de ser un gran persona, excelente amigo y hermano sus enseñanzas las llevare para siempre conmigo.

Daniela

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1.	DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1.	Planteamiento del problema	3
1.2.	Justificación.....	3
1.3.	Objetivos.....	7

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.	Transporte terrestre.....	8
2.1.1.	<i>Transporte de pasajeros</i>	8
2.1.2.	<i>Transporte de carga</i>	9
2.2.	Normativas de la jornada laboral para el transporte.....	10
2.3.	Siniestros viales.....	11
2.3.1.	<i>Causas en torno a los siniestros viales</i>	13
2.4.	Realidad del sector y sistemas desarrollados	16
2.4.1.	<i>Sistemas desarrollados a nivel Regional</i>	18
2.5.	Dispositivos de control.....	22

2.5.1.	<i>Tarjetas de desarrollo</i>	22
2.5.2.	<i>Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo</i>	24
2.6.	Sistema de identificación inalámbrica	25
2.6.1.	<i>Tecnologías de radiofrecuencia</i>	26
2.6.2.	<i>Análisis comparativo de los sistemas de radiofrecuencia</i>	27
2.7.	Sistema de posicionamiento	28
2.7.1.	<i>Tipos de sistemas de posicionamiento</i>	29
2.7.2.	<i>Análisis comparativo de los sistemas de posicionamiento</i>	30
2.8.	Sistema de alimentación	31
2.8.1.	<i>Baterías</i>	31
2.8.2.	<i>Análisis comparativo de baterías</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	33
3.1.	Identificación de parámetros y requerimientos mínimos del sistema	33
3.1.1.	<i>Concepción de la arquitectura del sistema</i>	36
3.2.	Concepción del diseño del sistema	37
3.2.1.	<i>Bloques del sistema</i>	37
3.2.1.1	<i>Bloque de identificación</i>	38
3.2.1.2	<i>Bloque de lectura de datos</i>	39
3.2.1.3	<i>Bloque de visualización</i>	40
3.2.1.4	<i>Bloques de comunicación</i>	40
3.3.	Descripción y selección de los componentes <i>hardware</i>.	41
3.3.1.	<i>Componentes principales</i>	41
3.3.1.1	<i>Arduino Nano</i>	41
3.3.1.2	<i>Arduino Pro Mini</i>	42
3.3.1.3	<i>Modulo GSM y GPS</i>	43
3.3.1.4	<i>Módulo lector RFID</i>	45

3.3.1.5	<i>Interfaz de visualización HMI</i>	45
3.3.1.6	<i>Tarjeta Micro SD ADATA</i>	47
3.3.1.7	<i>Modulo lector de tarjeta SD</i>	47
3.3.1.8	<i>Buzzer</i>	48
3.3.1.9	<i>Baterías de alimentación</i>	49
3.3.1.10	<i>Sistema de alimentación</i>	51
3.3.1.11	<i>Módulo de protección y regulación de carga</i>	51
3.4.	Esquema de conexiones	52
3.4.1.	<i>Conexiones de la botonera y el bloque de alarmas</i>	55
3.4.2.	<i>Conexiones del bloque de lectura e identificación RFID</i>	56
3.4.3.	<i>Conexiones del bloque de visualización y de comunicación</i>	57
3.5.	Diseño de software de desarrollo para el prototipo	58
3.5.1.	<i>Arduino IDE</i>	58
3.5.1.1.	<i>Librerías para el uso del módulo RFID</i>	58
3.5.1.2.	<i>Librerías para el uso del módulo de Lector SD</i>	58
3.5.1.3.	<i>Librerías para el uso del módulo GPS/GSM</i>	58
3.5.1.4.	<i>Librería para el uso del HMI Nextion</i>	59
3.5.1.5.	<i>Librería para el ahorro de energía</i>	59
3.5.2.	Nextion Editor	60
3.6.	Etapas de funcionamiento y diagrama de flujo	61
3.7.	Diseños del prototipo	63
3.7.1.	<i>Placa PCB para los componentes</i>	64
3.7.2.	<i>Estructura del prototipo</i>	67
3.8.	Ensamble del prototipo	69

CAPÍTULO IV

4.	VALIDACIÓN DE PROTOTIPO	70
4.1.	Consideraciones generales	70

4.2.	Validación de sensores.....	72
4.2.1.	<i>Validación sensor de posicionamiento GPS</i>	72
4.2.2.	<i>Validación sensor de identificación RFID RC522</i>	74
4.2.3.	<i>Validación de comunicación GSM (SIM808).....</i>	76
4.3.	Estabilidad de sensores	80
4.3.1.	<i>Estabilidad sensor de posicionamiento GPS.....</i>	80
4.3.2.	<i>Estabilidad sensor de identificación RFID RC522</i>	81
4.3.3.	<i>Estabilidad del módulo (SIM808) de comunicación GSM.....</i>	82
4.4.	Análisis estadístico de las muestras.....	83
4.4.1.	<i>Muestras tomadas para la validación de sensores</i>	85
4.4.1.1	<i>Velocidad obtenida por el módulo GPS</i>	85
4.4.1.2	<i>Tiempo de conexión del módulo de comunicación (Llamadas).....</i>	87
4.4.1.3	<i>Tiempo de conexión del módulo de comunicación (Mensajes)</i>	88
4.4.1.4	<i>Identificación del tag por radiofrecuencia (RFID).....</i>	90
4.5.	Comunicación y mensajes de alerta	91
4.6.	Consumo de energía	96
4.7.	Tiempo de carga y descarga de las baterías	97
4.8.	Funcionamiento general.....	98
4.9.	Evaluación económica	102

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
-----------	---	------------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Siniestros viales segun causa probable	3
Tabla 2-1. Clasificación de vehículos de transporte de carga según la Norma Técnica Ecuatoriana.	10
Tabla 3-2. Descripción de sistemas desarrollados a nivel regional.....	18
Tabla 4-2. Detalle de las funciones de la aplicación y ordenador.....	19
Tabla 5-2. Especificaciones de los sistemas y servicios ofertados.....	20
Tabla 6-2. Descripción de las funciones de la aplicación y ordenador.....	21
Tabla 7-2. Aplicaciones de las tarjetas de desarrollo estudiadas	22
Tabla 8-2. Características de un Raspberry Pi (Microprocesador) y Arduino (Microcontrolador)	24
Tabla 9-2. Comparativa de las características más sobresalientes en las tecnologías de identificación inalámbrica.....	26
Tabla 10-2. Parámetros y alcances de las frecuencias de operación	28
Tabla 11-2. Comparación entre los tipos de posicionamiento	30
Tabla 12-2. Características de las baterías recargables	32
Tabla 1-3. Tiempo de conducción y descanso reglamentario	33
Tabla 2-3. Configuración de opciones de descanso en el <i>dip switch</i>	34
Tabla 3-3. Descripción de las páginas del HMI.....	34
Tabla 4-3. Detalle de los mensajes SMS que podrá recibir el propietario del vehículo.....	36
Tabla 5-3. Descripción de los bloques	36
Tabla 6-3. Especificaciones técnicas de la placa Arduino Nano.....	42
Tabla 7-3. Especificaciones técnicas de la tarjeta Arduino Mini.....	43
Tabla 8-3. Especificaciones técnicas de SHIELD GSM/GPS SIM808.....	44
Tabla 9-3. Especificaciones técnicas del módulo RFID.....	45
Tabla 10-3. Especificaciones técnicas HMI Nextion NX3224TD28	46
Tabla 11-3. Especificaciones técnicas Micro SD ADATA.....	47
Tabla 12-3. Especificaciones del módulo lector	48
Tabla 13-3. Especificaciones del <i>Buzzer</i>	49
Tabla 14-3. Consumo total de corriente ideal de los componentes del sistema	49
Tabla 15-3. Especificaciones principales de la batería de litio.....	50
Tabla 16-3. Especificaciones relevantes del módulo regulador para Arduino	51

Tabla 17-3. Especificaciones técnicas del módulo de protección.	52
Tabla 18-3. Especificaciones de las conexiones para Arduino Nano.....	53
Tabla 19-3. Especificaciones de las conexiones para Arduino pro Mini.	54
Tabla 20-3. Dimensiones de la estructura del prototipo.....	68
Tabla 1-4. Análisis del error absoluto y relativo del sensor GPS.....	72
Tabla 2-4. Consideraciones para la lectura del <i>tag</i> RFID	74
Tabla 3-4. Análisis del error absoluto y relativo del lector RFID.	75
Tabla 4-4. Relación de tiempo de conexión de llamadas para bandas GSM y 4G.....	76
Tabla 5-4. Análisis del error absoluto y relativo del módulo de comunicación GSM (Tiempo de respuesta en llamadas en segundos).	77
Tabla 6-4. Relación de tiempo de conexión de mensajes para bandas GSM y 4G.	78
Tabla 7-4. Análisis del error absoluto y relativo del módulo de comunicación GSM (Tiempo de respuesta en SMS enviados en segundos).	78
Tabla 8-4. Prueba de estabilidad del sensor GPS para la velocidad.....	80
Tabla 9-4. Prueba de estabilidad del sensor de identificación.....	81
Tabla 10-4. Prueba de estabilidad del módulo de comunicación GSM (Tiempo de recepción llamadas).	82
Tabla 11-4. Prueba de estabilidad del módulo de comunicación GSM (Tiempo de recepción SMS).	83
Tabla 12-4. Velocidad obtenida por el dispositivo a una velocidad de 70 Km/h real del vehículo.	84
Tabla 13-4. Análisis estadístico para la muestra de velocidad.....	85
Tabla 14-4. Análisis estadístico para la muestra de tiempo de comunicación de llamadas.	87
Tabla 15-4. Análisis estadístico para la muestra de tiempo de recepción de mensajes.....	89
Tabla 16-4. Análisis estadístico para la muestra de identificación del UID por RFID.	90
Tabla 17-4. Casos de comunicación GSM del prototipo.....	92
Tabla 18-4. Consumo de corriente del dispositivo al establecer las conexiones correspondientes para su funcionamiento.	96
Tabla 19-4. Consumo del dispositivo cuando la conexión de red y satélites se ha realizado. ...	97
Tabla 20-4. Comparación de valores de consumo ideal y real.....	97
Tabla 21-4. Costo de los componentes y materiales utilizados para el dispositivo.	102
Tabla 22-4. Comparación de costo, servicios en el mercado y prototipo.....	103

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-3. Arquitectura general del sistema propuesto	37
Ilustración 2-3. Diagrama de bloques general del sistema	38
Ilustración 3-3. Componentes del bloque de identificación	39
Ilustración 4-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de lectura.....	39
Ilustración 5-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de visualización.....	40
Ilustración 6-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de comunicación	40
Ilustración 7-3. Tarjeta de desarrollo utilizada, Arduino Nano.	41
Ilustración 8-3. Tarjeta Arduino Pro Mini empleado en el dispositivo.	43
Ilustración 9-3. Shield SIM808 GSM/GPS.	44
Ilustración 10-3. Módulo RFID-RC522	45
Ilustración 11-3. HMI Nextion utilizado en la implementación, vista frontal y trasera.	46
Ilustración 12-3. Tarjeta SD para la lectura de datos.....	47
Ilustración 13-3. Módulo lector de tarjeta SD #SKU: 000035	48
Ilustración 14-3. <i>Buzzer</i> utilizado para el prototipo de dispositivo.	48
Ilustración 15-3. Baterías de Litio utilizadas.....	50
Ilustración 16-3. Regulador de voltaje	51
Ilustración 17-3. Modulo utilizado para la protección de las baterías y suministro de energía. 52	
Ilustración 18-3. Diagrama de conexiones desde las tarjetas, (Arduino Nano y Arduino Pro Mini) hacia los componentes.	53
Ilustración 19-3. (a) Conexiones de la botonera de control, y (b) Conexiones del bloque de alarmas.	56
Ilustración 20-3. Esquema de las etapas de lectura de la tarjeta SD y autenticación por RFID. 57	
Ilustración 21-3. Esquema de conexiones del bloque de visualización y de comunicación.....	57
Ilustración 22-3. Primera etapa del diagrama de flujo del programa de funcionamiento.....	61
Ilustración 23-3. Segunda etapa del diagrama de flujo del programa de funcionamiento.....	62
Ilustración 24-3. Etapa del diagrama de flujo del bloque de comunicación.....	63
Ilustración 25-3. Diseño de la placa PCB para el prototipo	64
Ilustración 26-3. Visualización en realidad aumentada del esquema diseñado (vista superior).65	
Ilustración 27-3. Visualización en realidad aumentada del esquema diseñado (Vista frontal con inclinación).....	65
Ilustración 28-3. PCB diseñada para el prototipo.....	66

Ilustración 29-3. Diseño final de la placa PCB.....	66
Ilustración 30-3. Estructura diseñada para el prototipo en vista superior e inferior.	68
Ilustración 31-3. Estructura diseñada para el prototipo en vista lateral.....	68
Ilustración 32-3. Diseño en 3D de la estructura del prototipo.	69
Ilustración 1-4. Prototipo realizado.	70
Ilustración 2-4. Datos enviados desde Arduino al pulsando el botón de emergencia.....	92
Ilustración 3-4. Datos generados cuando se ejecuta el comando por SMS emitidos desde el teléfono móvil: @CHOFE, @CARRO y @GPS.	93
Ilustración 4-4. (a) Información recibida al ejecutar el pulsador de emergencia; (b) Respuesta a la solicitud de información por comandos programados en cada caso descrito.....	94
Ilustración 5-4. Ubicación obtenida a través de las coordenadas enviadas por el dispositivo (a); Ubicación obtenida a través del GPS de un teléfono móvil (b).	95
Ilustración 6-4. Ventana de inicio del dispositivo.	98
Ilustración 7-4. Visualización de información del conductor (a), norma de descanso (b), vehículo (c) y configuración de tiempo (d).....	99
Ilustración 8-4. Visualizador del histórico y valor de velocidad vehicular.	100
Ilustración 9-4. Certificado de aceptación de la compañía Orozco Trucks.	101

ÌNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2. Número de siniestros por tipo de vehículo involucrado para los años 2020 (en color violeta) y 2021 (en color celeste)	12
Gráfico 2-2. Número de siniestros por causas probables para los años 2020 (en color violeta) y 2021 (en color celeste).	14
Gráfico 3-2. Datos del estudio: Fatiga y somnolencia en la conducción	15
Gráfico 1-4. Datos obtenidos a través del sensor GPS (Línea Naranja) y los medidos por el tacómetro del vehículo (Línea Azul).....	74
Gráfico 2-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de velocidad.	86
Gráfico 3-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de tiempo de conexión en llamadas.	88
Gráfico 4-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de tiempo de recepción de mensajes.....	89
Gráfico 5-4. Histograma para la muestra de lectura del código UID.	91
Gráfico 6-2. Muestra porcentual: Años de experiencia de los conductores.	115
Gráfico 7-2. Estadísticas de la cantidad de viajes que realizan en una semana.	115
Gráfico 8-2. Muestra de tiempos de descanso por ruta	116
Gráfico 9-2. Actividades desarrolladas por un conductor en su tiempo de descanso	116
Gráfico 10-2. Muestra tomada de conductores que condujeron en mal estado físico	116
Gráfico 11-2. Porcentaje de accidentes en los que se han visto involucrados	117
Gráfico 12-2. Clasificación de las acciones que realizan los conductores cuando se presentan eventos como fallas o accidentes.	117
Gráfico 13-2. Porcentaje que ha padecido micro-sueños durante la conducción.....	117
Gráfico 14-2. Porcentaje que ha padecido somnolencia durante la conducción.	118
Gráfico 15-2. Porcentaje que ha padecido pérdida de la concentración durante la conducción.	118
Gráfico 16-2. Porcentaje que ha padecido parpadeos constantes durante la conducción.....	118
Gráfico 17-2. Porcentaje de conductores que ha padecido dolores de espalda durante la conducción.	119
Gráfico 18-2. Porcentaje de conductores que ha padecido calambres durante la conducción.	119
Gráfico 19-2. Estadística porcentual de los conductores que descansan 8 horas antes de un viaje.	120

Gráfico 20-2. Porcentaje de conductores que ha sentido cansancio durante la conducción. ...	120
Gráfico 21-2. Porcentaje de conductores que han experimentado el efecto túnel en la conducción.	120
Gráfico 22-2. Muestra de conductores que se han percatado de la velocidad a la que circula en una ruta.....	121
Gráfico 23-2. Porcentaje de conductores que han excedido la velocidad y lo han notado.	121

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Resultados de las encuestas

Anexo B: Código para el dispositivo

Anexo C: Páginas de la interfaz HMI

Anexo D: Datasheet Arduino Nano

Anexo E: Datasheet Arduino Pro Mini

Anexo F: Datasheet SIM808

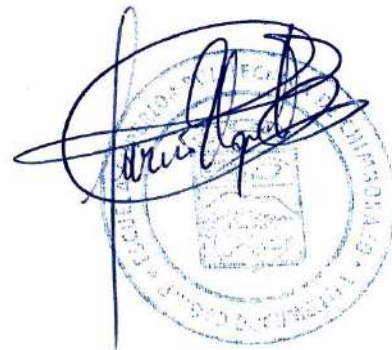
Anexo G: Datasheet HMI Nextion

Anexo H: Datasheet módulo RFID RC522

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar un sistema para gestionar y controlar información en tiempo real para los conductores del transporte interprovincial mediante identificación por radio frecuencia. El sistema principal está compuesto por un sensor de posicionamiento utilizado para establecer las coordenadas y transformarlas mediante los comandos necesarios para medir la velocidad del vehículo; un módulo lector de radiofrecuencia para identificar el código del usuario para acceder al sistema, en el cual se trabajará según una normativa seleccionada para indicar los tiempos de conducción y descanso. Si bien no existe una en el país, se tomaron las existentes en otras regiones. Además, consta de un módulo de comunicación para enviar las alertas necesarias y responder ante las solicitudes realizadas mediante mensajes SMS. Este sistema implementa una red GSM y GPS que se conecta a los repetidores de señal según la operadora de red móvil utilizada. El dispositivo incorpora un sistema de carga de 12V alimentados directamente desde un vehículo y puede funcionar con una alimentación directa desde el sistema de baterías. La validación de los sensores utilizados se llevó a cabo tomando varias muestras y determinando el error que presenta según el valor patrón establecido, los cuales fueron valores que están en un intervalo del 3% al 6% en cuanto a error relativo. De acuerdo con la bibliografía, este valor se considera aceptable. Los resultados se han validado estadísticamente a través de la distribución T Student, donde se han validado las hipótesis planteadas en cuanto al funcionamiento del sistema, de acuerdo con los objetivos establecidos.

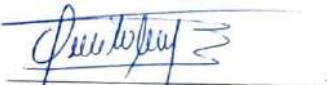
Palabras clave: <DISPOSITIVO TECNOLÓGICO>, <IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA>, <COMUNICACIÓN GSM>, <GEOLOCALIZACIÓN>, <CONTROL DE INFORMACIÓN>.



SUMMARY

The objective of this work was to develop a system to manage and control information in real time for interprovincial transport drivers through radio frequency. The main system is made up of positioning sensor used to establish the coordinates and transform them through the necessary commands to measure the speed of the vehicle, a radio frequency reader module to identify the user code to access the system, which will work according to a selected regulation to indicate driving and rest times. Although there is none in the country, existing ones in other regions were taken. In addition, it consists of a communication module to send the necessary alerts and respond to requests made through SMS messages. This system implements a GSM and GPS network that connects to signal repeaters depending on the mobile network operator used. The device incorporates a 12V charging system powered directly from a vehicle and can work with direct power from the battery system. The validation of the sensors used was carried out by taking several samples and determining the error that it presents according to the established standard value, which were values that are in a range of 3% to 6% in terms of relative error. According to the bibliography, this value is considered acceptable. The results have been statically validated through the T Student distribution, where the hypotheses raised regarding the functioning of the system have been validated, in accordance with the established objectives.

Keywords: <TECHNOLOGICAL DEVICE>, <RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION>, <GSM COMMUNICATION>, <GEOLOCATION>, <INFORMATION CONTROL>.



Lic. Nelly Padilla P. Mgs.
0603818717
DOCENTE FIE

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial cada año aproximadamente 1,3 millones de personas pierden la vida debido a siniestros viales y entre 20 y 50 millones sufren traumatismos que en ocasiones dejan como secuela alguna discapacidad. Esta problemática vial provoca pérdidas económicas tanto para las personas involucradas como para sus familias; lo cual trae como consecuencia que el país pierda su productividad costándole el 3% de su PIB. (OMS, 2022)

Exceder los límites de velocidad pone en peligro no solo la vida del conductor, sino también de las personas que lo rodean convirtiéndose en un problema para la comunidad vial. Un estudio realizado por la OCDE, registró que cuando se produce un accidente en un 40% a 50% y en ocasiones hasta el 80% la causa es el exceso de los límites de velocidad (OMS, 2017). En Ecuador, los últimos cuatro años el exceso de velocidad ocupa la tercera causa probable por la que ocurren siniestros viales; hasta 2022 la tasa de mortalidad por esta causa fue de 16.03% (Agencia Nacional de Tránsito, 2022).

La ANT, según los informes presentados señala que existen diversas causas por las cuales se producen los siniestros viales, la mayoría de estas tiene relación directa con el comportamiento de los conductores, irresponsabilidad, imprudencia, no atender a la señalética de tránsito, desobedecer la normativa vial, exceso de velocidad, somnolencia al momento de conducir. Las cifras muestran que entre el 2020 y 2021 ocurrieron 38324 siniestros viales de los cuales el 9.71% registraron personas fallecidas (Agencia Nacional de Tránsito, 2021). Este número solo es superado por la pandemia de Covid-19 en 2020.

Las estadísticas se consideran preocupantes a tal grado que el gobierno ha presentado campañas para reducir los accidentes de tránsito, ya que, entre enero y octubre de 2022, se registró 1187 personas fallecidas en accidentes de tránsito (Machado, 2022). De entrevistas realizadas para el presente trabajo se obtuvo que los conductores no se percatan del momento en que exceden la velocidad. Según la normativa de tránsito en Ecuador, los conductores de transporte interprovincial de carga, la velocidad en carretera no debería exceder los 70km/h.

Por otra parte, los errores humanos o la desatención al momento de conducir debido a diversos factores, entre ellos, conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas. El sueño, cansancio o fatiga aumenta sensiblemente el tiempo de reacción ante un estímulo en el tráfico (Dirección General de Tráfico, 2020). Se ha determinado que uno de cada tres conductores ha sentido alguna vez sueño preocupante al volante. Se ha establecido que entre el 20 y el 30% de los accidentes se deben a la fatiga (Fundación MAPFRE, 2021).

Un estudio realizado por la Fundación Mapfre (2021), reveló que alrededor del 40% de los conductores no descansan durante los viajes, después de tres o más horas al volante. En Ecuador, no existe una normativa que regule los tiempos de conducción y de descansos que deben tomar los conductores, como es el caso de Europa o Estados Unidos. Por lo que, un conductor toma descansos cuando lo cree conveniente.

Por lo citado, se propone el diseño de un dispositivo tecnológico que conste de un sistema para gestionar y controlar información en tiempo real, registrando la velocidad y alertando al conductor cuando esta ha excedido los límites permitidos en carretera; de igual manera se ha propuesto que el dispositivo conste con de normativas para descanso. El conductor podrá seleccionar la que se adapte mejor a sus necesidades y de esta manera, cuando se cumplan los horarios se alertará para que se tome el descanso pertinente.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

El presente capítulo presenta el planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicativa, los objetivos planteados, general y específicos para abordar el trabajo.

1.1. Planteamiento del problema

¿Cómo diseñar un sistema para gestionar y controlar información en tiempo real para los conductores del transporte interprovincial mediante identificación por radio frecuencia?

1.2. Justificación

Justificación teórica

Los errores humanos y exceso de velocidad encabezan los factores de riesgo que causan siniestros viales según la Organizaciones Mundial de la Salud (2022). En las notas descriptivas publicadas por este ente, se especifica que cada año, los siniestros de tránsito causan la muerte de aproximadamente 1.3 millones de personas (OMS, 2022). De ahí que el objetivo de la Asamblea General de las Naciones Unidas en su resolución A/RES/74/299, es reducir a la mitad esta tasa de mortalidad hasta el 2030 (Asamblea General de Naciones Unidas, 2020).

En un reporte presentado por el Departamento de Transporte Norte Americano (2018) revela que alrededor del mundo existen múltiples eventos desencadenados a partir del exceso de velocidad en carretera y la Organización Panamericana de la Salud (2022) asevera que la velocidad cambia la percepción de riesgo, lo que influye en varias situaciones, como las características del vehículo, hora del día a la que se conduzca, condiciones climáticas o estado de la vía por la que se circula. Estas situaciones se pueden relacionar con las causas probables de siniestros las cuales se detallan en la Tabla 1-1.

Tabla 1-1. Siniestros viales segun causa probable

Código	Causas probables	Porcentaje de siniestralidad
C02	Presencia de agentes externos en la vía.	0.1%
C11	No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.	7.5%
C12	No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.	3.4%

C19	Realizar cambio brusco o indebido de carril.	3.4%
C23	No respetar las señales reglamentarias de tránsito.	22.1%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito, 2022

Hernández (2017) resalta que: “el exceso de velocidad no sólo pone en riesgo la vida del conductor, sino también de las personas que lo rodean”. En Ecuador el porcentaje de siniestros que ocurrieron por conducir sobre los límites de velocidad es de 18.1% según el informe presentado por la ANT con corte hasta agosto de 2022 y en cuanto a la tasa de mortalidad, esta es la segunda causa con un 18.6%. (Agencia Nacional de Tránsito, 2022)

La Comisión Nacional de Seguridad de tránsito (2016) afirma que: “la gravedad de un accidente aumentará de forma exponencial con la velocidad de impacto”. Es así como, a 50 Km/h el riesgo que tiene el conductor de sufrir lesiones graves se triplica a las que sufriría si la velocidad fuera de 30 Km/h (CONASET, 2016). Por lo que, Herrera (2021), sugiere que para prevenir la siniestralidad vial se debe tener buenos hábitos de manejo priorizando la seguridad, de modo que se consideren los siguientes puntos:

- Mantener la velocidad dentro de los límites de tránsito y sea de acuerdo con las condiciones climáticas y el estado de la vía.
- Evitar el uso del celular y otros distractores al momento de conducir
- Conservar una distancia prudente con los vehículos en el entorno.
- No conducir bajo los efectos del alcohol ni sustancias psicoactivas.
- Planificar el viaje, cumpliendo pausas activas de forma que se prevea la fatiga.
- Dormir lo suficiente antes de un viaje largo.

Esta última es un punto muy importante a resaltar, pues el conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas también registra una tasa de siniestralidad. Primicias (2022), reportó que el sueño es un agente mortal al volante. En 2021, la Agencia Nacional de Tránsito registró que el 0.7% de accidentes fatales fue causado por conducir en este estado; mientras que un 0,6% resultaron lesionados. (Agencia Nacional de Tránsito, 2021). Es por ello que, Teojama Comercial (2022) sugiere realizar paradas estratégicas donde el conductor pueda caminar para despejar su mente, de manera que el conductor pueda activar el cerebro y liberar el cansancio.

Comercialmente existen servicios que ayudan a controlar y monitorear mediante geolocalización los vehículos, integrando programas de alarmas para algunos aspectos como lo son el exceso de velocidad o la jornada laboral cumplida; además de integrar seguimiento de activos y procesamiento de información. El costo de estos servicios depende de la robustez que se requiera

y es independiente del número de vehículos en los cuales se instale. SteamTrack (2021) es una compañía que está presente en este ámbito, su costo unitario por la instalación oscila en US\$378.00 y la renovación anual es alrededor de US\$199/anual. Por otro lado, Tracking Solutions (2021) en su servicio más básico, geolocalización, tiene un costo referencial de US\$188.00/anual.

En consecuencia, se ve la necesidad de contar con un dispositivo tecnológico, el cual, este diseñado para gestionar y controlar información en tiempo real, registrando cuando se excede la velocidad permitida en carretera y alertando en el momento que le corresponda un descanso al conductor de transporte interprovincial de carga, pues este sector es el que registra mayores horas de conducción. Para aumentar la robustez del sistema se planteó que cada conductor tendrá un código de acceso único para identificarlo dentro del sistema.

Con el desarrollo de este dispositivo tecnológico se busca contribuir al cumplimiento de los objetivos de la resolución de las Naciones Unidas: Transformar nuestro mundo, la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Asamblea General de Naciones Unidas, 2020).

Objetivo 3.- Reducir las muertes y lesiones a causa de siniestros viales por lo menos en un 50% de 2021 a 2030, exhortando a los Estados Miembros, que adopten medidas hasta el 2030 considerando las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionadas con la seguridad vial.

Objetivo 25.- Alentar a los Estados Miembros y entidades del sector privado a establecer un mecanismo eficaz para reducir el número de siniestros, muertes y lesiones por accidentes de tráfico causadas por conductores profesionales, y enfatizando en conductores de vehículos de transporte comercial, debido a peligros asociados específicamente a su trabajo, específicamente la fatiga.

Objetivo 28.- Invitar a los Estados Miembros, que instauren políticas públicas para reducir los accidentes laborales viales, con la participación de los empleadores y trabajadores, con la finalidad de cumplir las normas internacionales sobre seguridad y salud en el trabajo, seguridad vial y condiciones adecuadas de carreteras y vehículos, enfatizando en las condiciones de trabajo para los conductores profesionales, en particular los conductores de vehículos de transporte comercial.

Justificación aplicativa

El diseño del dispositivo tecnológico para el sistema de gestión y control de información está formado por una etapa de adquisición de información, la cual está conformada por un conjunto de sensores: identificación automática para reconocer al usuario; posicionamiento para adquirir la información de velocidad, geolocalización en tiempo real durante la jornada de conducción.

La etapa de control se encarga de analizar e interpretar la información para realizar la acción pertinente. Si la velocidad ha sido excedida al límite en carretera, se activará una alarma sonora y visual en el HMI. Adicionalmente, dependiendo de la norma que se seleccione se alertará a cada conductor que debe tomar un descanso por el tiempo que se ha especificado según la normativa.

La información de geolocalización puede ser solicitada por el empleador o dueño de vehículo, a través de comandos: @GPS, para obtener la localización del conductor; @CARRO, devuelve la información del vehículo y @CHOFE, entrega la información del conductor a través de SMS.

De ser el caso, si el conductor se encuentra en peligro o en una situación de emergencia, en el tablero frontal del dispositivo se tiene un pulsador de emergencia. Cuando este sea presionado se envía de manera automática un SMS con la ubicación exacta del vehículo y se ejecuta una llamada de 25 segundos.

En este sistema hay dos participantes durante el proceso, los cuales son: conductor o usuario y empleador o dueño de vehículo. Constituido de cuatro etapas: selección de la normativa de descanso; autenticación de usuario; configuración en el dispositivo; registro, procesamiento y visualización de la información.

La etapa de selección de la normativa de descanso registra en el sistema bajo cuál de las tres normativas disponibles trabaja el conductor.

Para la etapa de autenticación de usuario, cada conductor cuenta con una tarjeta que tiene un UID único, el cual, debe ser leído por el dispositivo para poder iniciar el sistema.

En la etapa de configuración en el dispositivo, el reloj de tiempo real dentro del dispositivo requiere establecer la fecha y hora actual.

La etapa de registro y procesamiento se encarga de registrar e interpretar la información obtenida por los sensores.

Por último, la etapa de visualización muestra a través de una interfaz HMI la información del conductor, vehículo y la adquirida en tiempo real. Además, se puede acceder a un histórico de velocidad.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema para gestionar y controlar información en tiempo real para los conductores del transporte interprovincial mediante identificación por radio frecuencia.

Objetivos Específicos

- Indagar las normativas de jornada laboral en las cuales está basado el modo de trabajo de un conductor.
- Establecer los parámetros y requerimientos necesarios para el diseño de sistemas de control mediante RFID.
- Evaluar los componentes *hardware* y *software* que mejor se adapten a la necesidad propuesta.
- Desarrollar los algoritmos y programas de control para un correcto funcionamiento de los módulos emisor-receptor del sistema.
- Diseñar la interfaz gráfica del emisor, la cual visualizará la información emitida desde el dispositivo RX.
- Evaluar el funcionamiento correcto del sistema propuesto en situaciones reales.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta una revisión bibliográfica sobre el transporte terrestre interprovincial en Ecuador, enfocándose en temas de siniestralidad vehicular, sus causas probables y las normativas que rigen a este sector. Además, se presentarán los sistemas desarrollados para mejorar la seguridad vial tanto a nivel regional como nacional. Finalmente, se abordarán las comparativas acerca de los sistemas identificación, tecnologías de radiofrecuencia y de transmisión inalámbrica.

2.1. Transporte terrestre

El código de comercio ecuatoriano, según el artículo 205, define al transporte como un contrato en virtud del que una persona debe conducir de un punto de origen hacia un destino, los cuales pueden ser: terminales, depósitos de carga, descarga y demás lugares donde está presente la interacción de carga, vehículos y personas. A cambio de este servicio se le otorgará la remuneración correspondiente (Miranda, 2019).

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2656) categoriza los automotores de acuerdo con sus especificaciones:

- M.- Vehículos de cuatro o más ruedas contruidos para el transporte de pasajeros, su capacidad no puede exceder de 22 plazas, sin contar al conductor.
- N.- Vehículos de cuatro o más ruedas cuyo diseño estructural se destina para el transporte de mercadería, con capacidad no superior a cinco plazas para ocupantes.
- Los servicios de transporte terrestre pueden ser de carácter público o privado, según la compañía, persona jurídica o natural que opere el vehículo. (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016).

2.1.1. Transporte de pasajeros

De acuerdo con los artículos 56 y 57 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, tanto el estado como compañías o cooperativas de transporte pública y privada legalmente constituidas, prestan el servicio de transporte de pasajeros cumpliendo con los estatutos reglamentados por la ley y sus reglamentos internos. Además, dentro de este artículo se definen como vehículos de transporte de pasajeros a tranvías, metros, taxis, buses escolares y demás medios que sigan una vía pública o privada para llegar a un destino establecido (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2018).

2.1.2. Transporte de carga

Distinguido de las demás formas de transporte por el hecho de trasladar gran cantidad de mercancía. Están adecuados con una estructura de gran espacio y la comodidad no es una de sus prioridades (Mundivan, 2021). En cuanto al transporte terrestre de carga, se lo considera como el traslado de bienes y mercaderías desde un origen hacia un destino, priorizando la entrega en un estado igual al que salió en un tiempo eficaz. Esta clasificación de transporte se enfoca al cargamento que no puede ser llevado en lugares pequeños, sino en lugares diseñados previamente en la estructura del vehículo. Debido al tipo de los materiales voluminosos, de gran valor o sumamente pesado (Editorial Etecé, 2021).

Características del transporte de carga

- El producto que lleva tiende a ser comercializado.
- Su traslado es frecuente, es decir viaja de manera constante y en periodos más cortos de un lugar a otro.
- Generalmente prestan este servicio empresas o compañías legalmente constituidas.
- Su planificación se lleva a cabo en función de las necesidades del producto que se transporta.

Tipos de transporte terrestre de carga

Existen dos tipos que se llevan a cabo por encima de la superficie terrestre, los cuales son el transporte ferroviario y el transporte por carretera. El transporte ferroviario está presente en países que disponen de líneas férreas y trenes para el transporte comercial y de turismo. En el caso de Ecuador; actualmente no se encuentran funcionales, razón por la cual este medio queda descartado para un estudio específico (Mundivan, 2021).

El transporte por carretera se encuentra en todo lugar debido a que es el más común y habitual en el mundo, puede usarse para distancias pequeñas o largas, siendo un transporte flexible y de fácil contratación. Presenta ventajas como un bajo costo, transporte rápido y fácil adaptación. Como desventajas se tienen la dependencia de las vías que tiene un país y los tiempos de entrega están sujetas al tráfico lo cual puede ser tardío en ocasiones (Volca, 2019). La clasificación según el servicio ecuatoriano de normalización establece que vehículos para el transporte de carga son del tipo N2 y N3, con una clasificación que se puede observar en la Tabla 2-1:

Tabla 2-1. Clasificación de vehículos de transporte de carga según la Norma Técnica Ecuatoriana.

Subcategorías	Tipo de vehículo	Descripción
Tipo N2	Camión	Diseñados con un chasis que consta de una cabina principal y dos ejes dispuestos para un furgón o plataforma de carga, con un peso de hasta 3 toneladas
	Camión Mediano	
	Camión Grande	
Tipo N3	Camión Pesado	Diseñados con un chasis para una cabina, dos o tres ejes para el montaje de una plataforma de carga que sea hasta de 12 Toneladas
	Tracto Camión	Diseñado para el remolque de unidades de carga, posee hasta cuatro ejes en plataforma; el peso máximo puede superar las 12 Toneladas en arrastre

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Servicio ecuatoriano de Normalización, 2016

2.2. Normativas de la jornada laboral para el transporte

El ministerio de trabajo es el ente que regula y establece los tiempos y modos de trabajo para los empleados de cualquier tipo, ya sea para entidades públicas o privadas. En el acuerdo ministerial No. MDT-2015-0262 emitido en el 2015, normas que rigen hasta la fecha, se regula las relaciones de trabajo que disponen al transporte terrestre de pasajeros y de carga en todas sus formas. En cuanto al tiempo de trabajo, el artículo 2 del acuerdo ministerial descrito, lo define como un lapso comprendido desde que el trabajador inicia sus actividades hasta que las culmina, estando a disposición de la empresa o empleador. Las actividades llevadas a cabo en este sector pertenecen a la del transporte, en las que se consideran los tiempos de manejo y demás tareas en relación al servicio, constando aquí los tiempos de carga y descarga, o la recolección de pasajeros cumpliendo las disposiciones legales establecidas (Ministerio del Trabajo, 2015).

En cuanto a las jornadas de trabajo, el capítulo 2 del acuerdo ministerial, describe artículos correspondientes a sus modalidades como pausas, tiempos de descanso obligatorios, trabajo suplementario, extraordinario y trabajo nocturno (Ministerio del Trabajo, 2015). Los artículos son:

Pausas. – El artículo 4 establece que las empresas dispondrán de tiempos reconocidos como pausas, según la normativa actual considere (Ministerio del Trabajo, 2015).

Tiempo de descanso obligatorio. – El artículo 5 especifica que los trabajadores del sector de transporte deben tener un total de cuarenta y ocho horas de descanso en una semana (Ministerio del Trabajo, 2015).

Trabajo suplementario y extraordinario. – De acuerdo con el artículo 6 el trabajo que se realice fuera del horario laboral normado debe ser compensado de acuerdo con lo establecido en el código

del trabajo, no obstante, quedan descartadas las horas que el conductor ocupa para cumplir su ruta debido a errores en la misma como accidentes o desastres viales (Ministerio del Trabajo, 2015).

Trabajo nocturno. – La remuneración para este horario será de acuerdo con los recargos debidos según establece el código del trabajo en el artículo 7, considerando los horarios que corresponden como nocturno y diurno (Ministerio del Trabajo, 2015).

De acuerdo con la revisión bibliográfica, en cuanto a normativas en el código de trabajo ecuatoriano, estipulaciones de la Agencia Nacional de Transito (ANT), se puede concluir que en Ecuador no se presentan normas que regulen las pausas y descansos obligatorios.

Para el presente trabajo se tomaron en cuenta los descansos normados según la Unión Europea (UE) en el Reglamento de la Comunidad Europea 561 de 2006, la Norma Oficial Mexicana (NOM) y el departamento de transporte de los Estados Unidos que rige a la *Federal Motor Carrier Safety Administration* (FMCSA), los cuales establecen las horas de conducción máxima permitidas por día, los lapsos mínimos de descanso diario y entre semana. La UE establece que se debe realizar descansos mínimos de 45 minutos, mismos que se pueden tomar una vez se hayan cumplido 4 horas y media (A Verizon Connect Company, 2021).

La NOM, en el artículo de código 87, regula los tiempos de descanso en pausas de treinta minutos, una vez que se hayan cumplido 5 horas de conducción ininterrumpida, teniendo en cuenta que el tiempo máximo de conducción es hasta de 14 horas. Además de llevar una bitácora que contenga a detalle todo lo acontecido en el trayecto (Norma Oficial Mexicana, 2018).

Mientras que la FMCSA establece las regulaciones de horas de servicio para conductores del transporte de carga y pasajeros. En cuanto a las horas de servicio del transporte de carga, se permite un máximo de 11 horas de conducción y descansos de 30 minutos, luego de que se hayan cumplido 8 horas ininterrumpidas de manejo (U.S. Department of Transportation, 2020).

2.3. Siniestros viales

El Observatorio Iberoamericano de Seguridad Vial (OISEVI), define el término "Siniestro de tránsito" como hecho en el cual al menos un vehículo en movimiento se ve afectado. Puede ocurrir en vías públicas o privadas y puede existir como consecuencia al menos una persona herida o muerta. Esta definición abarca: colisiones entre vehículos, vehículo y peatón, vehículo y obstáculos o animales. Excluyendo a aquellos que solo presenten daños materiales o estén implicados actos terroristas (Observatorio Iberoamericano de Seguridad Vial, 2015).

Las estadísticas de acuerdo con la información ingresada y validada por el Sistema Nacional de Estadísticas de Tránsito (SINET) recopilada de los partes policiales, reveló que en 2020 ocurrieron 16972 siniestros mientras que en 2021 este número aumento en un 25.807%, ascendiendo a 21352 siniestros.

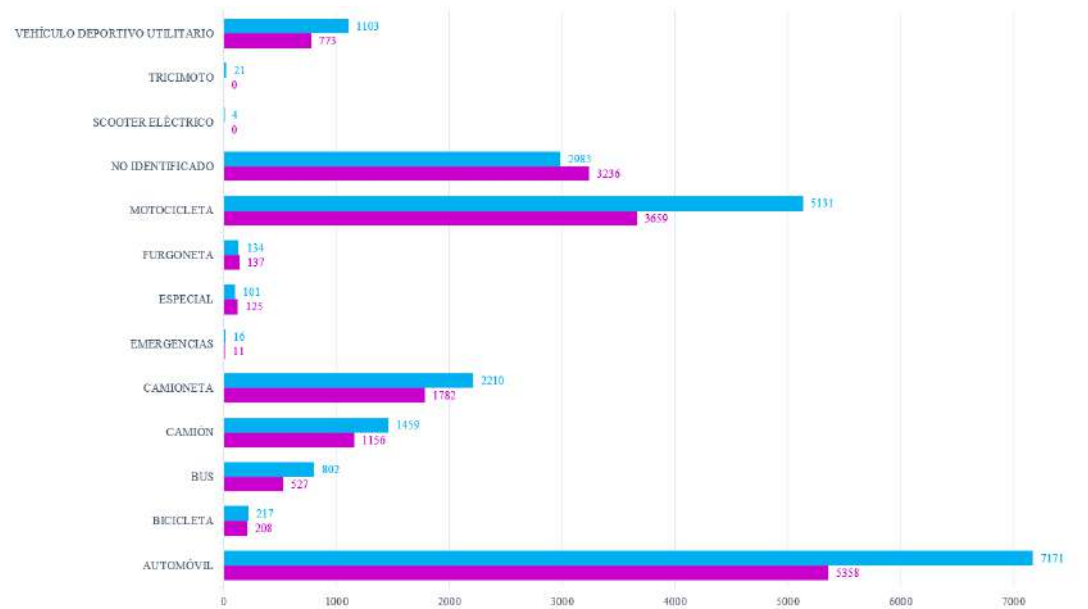


Gráfico 1-2. Número de siniestros por tipo de vehículo involucrado para los años 2020 (en color violeta) y 2021 (en color celeste)

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito, 2021

En el Gráfico 1-2, se muestran los datos estadísticos de los siniestros por tipo de vehículo, el cual ha sido etiquetado conforme con la clasificación vehicular de la NTE. En él se puede observar que los siniestros para transporte de carga (camión) durante el 2020 ocurrieron 1156 siniestros, número que en 2021 ascendió en un 26%. Este aumento refleja que existe un problema de tránsito pues las cifras se incrementan año tras año. Adicionalmente, estos datos podrían elevarse debido a la clasificación “no identificado”, pues hace referencia a vehículos que no se pudieron identificar en el lugar del evento o se dieron a la fuga (Agencia Nacional de Tránsito, 2022).

Con corte hasta agosto de 2022, se han registrado 14388 siniestros en Ecuador, de los cuales el 10% corresponden a transporte de carga (camión); comparándolo con agosto de 2021 la cifra se ha incrementado en 43.8% (Agencia Nacional de Tránsito, 2022). Este sector es considerado sensible a siniestros a causa de la cantidad de horas que los conductores pasan al volante de los vehículos. Según datos obtenidos mediante entrevistas, se conoció que existen jornadas de hasta 24 horas consecutivas efectuadas 2 días en una semana. Esto se tratará con más detalle en el apartado de Realidad del sector y sistemas desarrollados.

2.3.1. Causas en torno a los siniestros viales

Los siniestros viales son la causa número 7, dentro del top 50 de causas de muerte en Ecuador; reflejando una tasa de mortalidad de 21 por 100 mil habitantes. Esto hace que el país ocupe el lugar número 73 en el mundo (World Life Expectancy, 2020). Por este motivo, a nivel mundial cada año pierden la vida aproximadamente 1.3 millones de personas, mientras que de 20 y 50 millones de personas queda con traumatismos no mortales, incluyendo discapacidades (OMS, 2022). Los principales factores de riesgo que considera la OMS como causa de los siniestros viales son:

- 1) Errores humanos.
- 2) Exceso de velocidad.
- 3) Conducir bajo los efectos del alcohol u otras sustancias psicoactivas
- 4) No utilizar cascos, cinturones de seguridad y sistemas de sujeción para niños
- 5) Distracciones durante la conducción

De los que se han mencionado, el exceso de velocidad se ha considerado como el más importante (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

El Gráfico 2-2 presenta los siniestros de tránsito según causa probable en Ecuador, clasificándolos de C1 a C28, de los datos estadísticos se puede extraer las principales que han sido ordenadas de mayor a menor número:

- C14: Conducir desatento a las condiciones de tránsito.
- C23: No respetar las señales reglamentarias de tránsito.
- C9: Conducir vehículo superando los límites máximos de velocidad.
- C6: Conduce bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes o psicotrópicas y/o medicamentos.
- C11: No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede

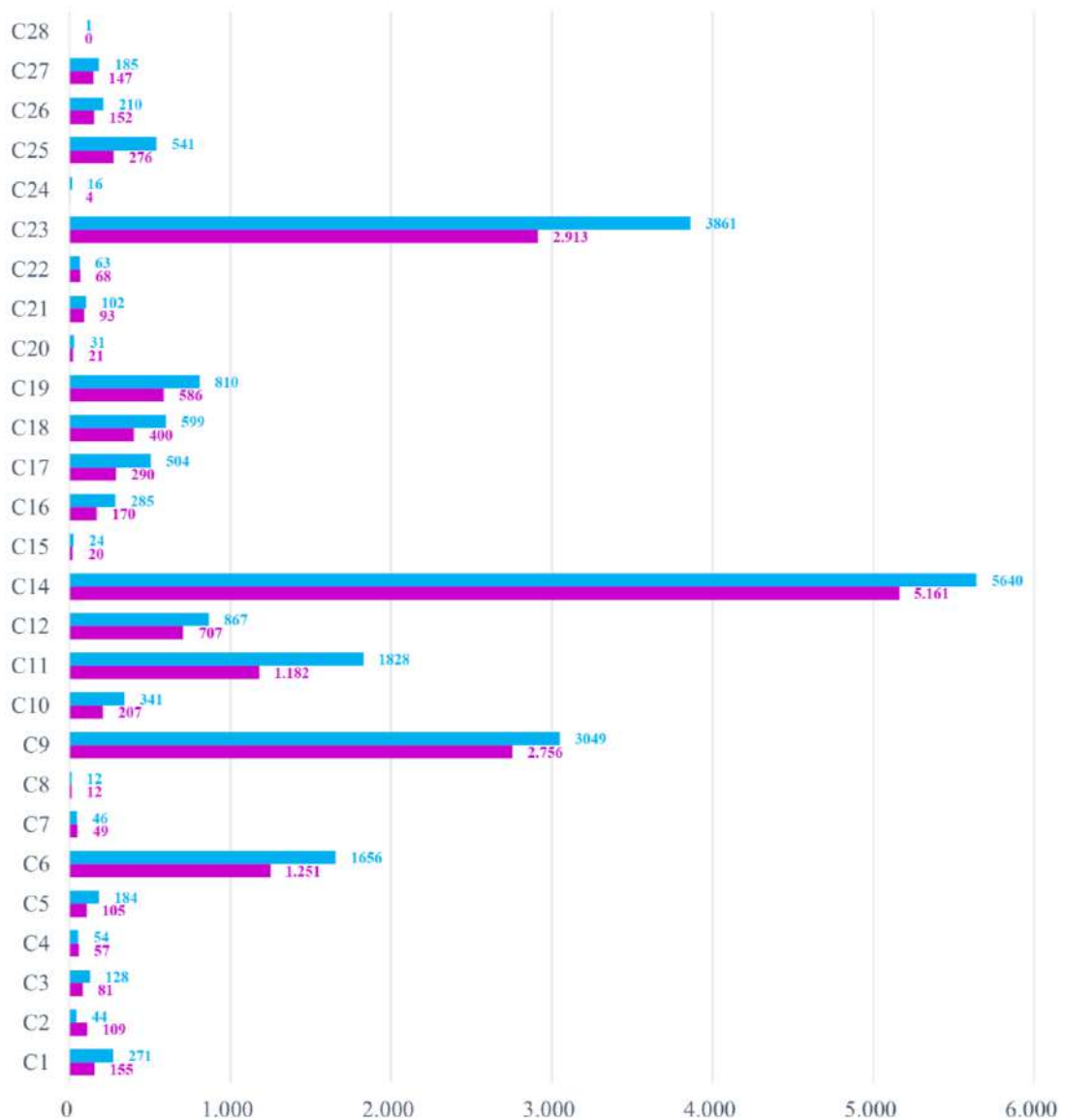


Gráfico 2-2. Número de siniestros por causas probables para los años 2020 (en color violeta) y 2021 (en color celeste).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Agencia Nacional de Tránsito, 2021

No obstante, para el transporte de carga es importante considerar la categoría C3, “Conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas”, debido al número de horas que conducen los transportistas. Un estudio acerca de la fatiga y somnolencia en la conducción reveló que después de 17 horas de actividad, los reflejos de los conductores se reducen y su comportamiento se asemejaría a tener 0.5 gramos de alcohol en la sangre (Fundación CEA, 2015).

Durante la conducción, se tiene que ser capaz de reaccionar y tomar decisiones precisas; de modo que, si la situación lo amerita, el conductor debe poder frenar de imprevisto para evitar un

accidente. Pero cuando se acumula fatiga; incrementa el estrés y se reduce la concentración, en consecuencia, el tiempo para la toma vital de decisiones asciende (Varela, 2017).

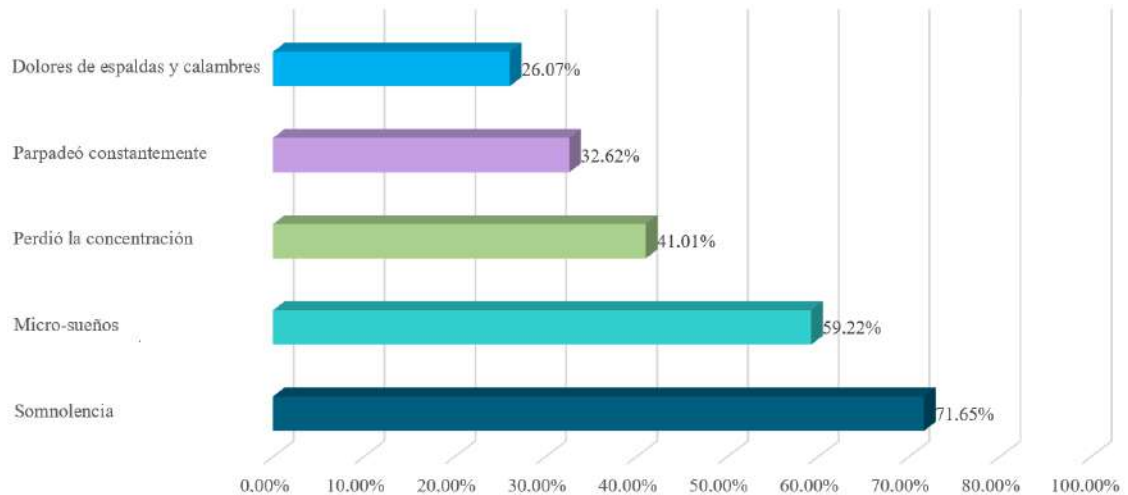


Gráfico 3-2. Datos del estudio: Fatiga y somnolencia en la conducción

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Fundación del Comisariato Europeo del Automóvil, 2015

Del Gráfico 3-2 se puede mencionar, las cifras porcentuales de los factores que incrementan las malas condiciones físicas al conducir por periodos largos. De los datos citados se determina que el cansancio debido a la falta de un descanso apropiado es el principal detonante; pues genera somnolencia, lo cual conlleva a micro-sueños, que causan parpadeo constante originando de esta forma la pérdida de concentración; que finalmente desencadena en que el conductor sienta dolores y/o calambres.

Los efectos del estrés durante la conducción son: reducción de un 66% en la capacidad para recordar la trayectoria memorizada, incremento de un 28% en la percepción riesgo, factor que influye en el ascenso de los niveles de agresividad en 51%. Físicamente, la tensión muscular se aumenta en 50% al conducir; echo que contribuye para que los niveles de fatiga asciendan en un 80% (Varela, 2017).

Por otra parte, la falta de descanso y deshidratación ocasiona la pérdida de atención durante viajes largos en un 50% (RACE, 2017). Es así como, la fatiga, el cansancio, el estrés y las preocupaciones personales son factores que si se combinan pueden ser muy peligrosos para un conductor, ya que en ocasiones desencadena en el denominado efecto túnel. Este consiste en la reducción del ángulo de visión periférica, restringiendo la visibilidad a lo que se tiene en frente; conforme se aumenta la velocidad, el ángulo de visión periférica disminuye (RACC, 2016).

De modo que a una elevada velocidad se tendría menor capacidad de distinguir los elementos exteriores: señales de tránsito, cruces, personas, autos; además de pasar por alto la atención a los retrovisores del vehículo (Varela, 2017).

2.4. Realidad del sector y sistemas desarrollados

La falta de una estandarización acerca de las jornadas laborales y tiempo de descanso ha llevado a que la realidad del sector se estudie mediante encuestas directas a los conductores de transporte interprovincial de carga de compañías independientes.

Las encuestas se basaron en 19 preguntas, acerca de su jornada laboral, descanso y condición física durante la conducción, el análisis de resultados se encuentra en el Anexo A.

- 1: ¿Cuántos años ha trabajado como conductor en el sector de transporte terrestre de carga?
- 2: ¿Cuántos viajes largos realiza a la semana? y ¿De cuantas horas generalmente?
- 3: ¿Cuántas veces descansa durante la ruta? y ¿De cuánto tiempo generalmente es el descanso?
- 4: ¿Qué actividades lleva a cabo cuando toma un descanso en la ruta?
- 5: Ha conducido en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (estresado, enfermo, irritable, abrumado, etc):
- 6: Durante la conducción, ¿ha sufrido de micro-sueños?
- 7: Durante la conducción, ¿ha experimentado somnolencia?
- 8: Durante la conducción, ¿ha sentido pérdida de la concentración?
- 9: Durante la conducción, ¿ha experimentado parpadeo constante de los ojos?
- 10: Durante la conducción, ¿ha padecido dolores de espalda como consecuencia de manejar por largas jornadas?
- 11: Durante la conducción, ¿ha sentido calambres como consecuencia de manejar por largas jornadas?
- 12: Antes de embarcarse en un largo viaje, ¿usted descansa 8 horas?
- 13: Durante su jornada laboral, ¿ha sentido cansancio excesivo?
- 14: Durante la conducción, ¿ha experimentado el efecto túnel?
- 15: Durante la conducción, ¿se ha percatado a qué velocidad va?
- 16: Durante la conducción, ¿ha notado si ha excedido la velocidad?
- 17: En alguna ruta durante su jornada laboral, ¿se ha visto involucrado en un siniestro de tránsito?
- 18: En caso de sufrir algún desperfecto con el vehículo u otro acontecimiento que le impida cumplir con su ruta, ¿cuál es el protocolo a seguir?
- 19: ¿La empresa cuenta con un servicio de gestión y control de información para los conductores?

En base a los resultados de las encuestas se puede concluir que, en cuanto a jornada laboral, los conductores del transporte terrestre de carga pesada no cuentan con un control sobre sus ingresos, descansos y salidas. Este proceso se lo lleva a cabo de manera empírica, tomando asistencia uno a uno. En general, la empresa no brinda un control sobre este factor, además de no incorporar ningún sistema físico o *software* para cumplirlo.

Observando esta realidad, se determinó que se podría incorporar un sistema de registro automático, ya que al momento de “tomar lista” se realiza según se acercan los conductores a la compañía, presentando, en algunos momentos un gran aforo. Además, se obtuvo que los conductores que trabajan en este sector son de carácter independiente y brindan sus servicios de acuerdo con la disponibilidad de trabajo, asignación de rutas y días que ha trabajado en la semana.

Realizando este análisis de campo se pudo concluir que un sistema de registro, regulación y control de la jornada diaria de trabajo podría acortar tiempos en los que un camión podría ingresar de manera directa y que se le asigne una carga, sin tener demoras, filas y esperas al momento de ingresar a la empresa.

Mientras que, para descansos, algunos conductores llevan a cabo viajes pequeños y cumplen con su descanso obligatorio según lo estipulado en el artículo 4 del acuerdo ministerial 2015. En Ecuador no se presenta un estándar de horas o el tiempo de conducción ininterrumpida previo a tomar descansos en ruta. De acuerdo con la revisión bibliográfica, se conoce que existen normas en Europa, México y Estados Unidos, que definen lapsos de tiempo regulados para que el conductor pueda recuperar su energía, distraer su mente del ajetreo del camino o simplemente consumir algún alimento.

En Ecuador se manejan estos tiempos según el conductor lo requiera, ya que un porcentaje que sigue rutas largas de más de 8 horas toma descansos en intervalos pequeños de tiempo hasta llegar al destino. Por otro lado, conductores que no realizan viajes extensos, no requieren de tomar descansos consecutivos o no requieren hacerlo.

Por otra parte, una mala condición física puede notarse en los conductores que llevan a cabo más de 8 horas, debido a que la gran cantidad de tiempo que lleva detrás del volante sin los descansos adecuados conlleva a que presente fatiga, disminución o pérdida de los sentidos al volante, dolores musculares, cansancio mental, estrés o efecto túnel. Este hecho es el principal factor que desencadena una serie de eventos, ya que, si una persona no puede prestar atención a los factores viales, eventos como exceder la velocidad e incumplir con la señalización en carretera, etc.

De acuerdo con el estudio realizado se concluye que el conducir en malas condiciones físicas causa que el conductor pueda ser partícipe de un sin número de siniestros viales que ponen en riesgo la integridad tanto física como moral, ya que, estudios arrojaron como resultado que un porcentaje de vehículos huyeron del lugar de los hechos sin ser identificados (Fundación CEA, 2022).

2.4.1. *Sistemas desarrollados a nivel Regional*

Existen una variedad de sistemas de rastreo satelital para vehículos. Gran parte de ellos tienen presencia en América Latina y Europa. El objetivo principal es controlar y ubicar al vehículo a través de un *software* específico.

De la revisión bibliográfica, se establece en la Tabla 3-2 una breve descripción acerca de los sistemas desarrollados a nivel regional, de los cuales Vigiloo desarrollado por SeamTrack y TSO Mobile de la compañía Tracking Solutions, se analizarán y serán tomados como referencias para el desarrollo de este trabajo.

Tabla 3-2. Descripción de sistemas desarrollados a nivel regional

Nombre del Servicio/Dispositivo	Desarrollador	Sede	Descripción
CarSync Fleet	Location World	Colombia	Sistema basado en la geolocalización en tiempo real. Integra una variedad de módulos dependiendo del servicio contratado.
Vigiloo	SeamTrack	España	Sistema de gestión, control de jornada laboral, registro de cargas y procesamiento de documentación. Basado en GNSS.
GT 1200	ORBCOMM Inc.	Estados Unidos	Dispositivo para el seguimiento de remolques que integra una serie de sensores para monitoreo y control de los activos.
TSO Mobile	Tracking Solutions	Estados Unidos	Sistema de rastreo satelital de vehículos, el cual programa alertas, controla y monitorea a los conductores.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: ORBCOMM Inc.; Tracking Solutions, 2021

Vigiloo desarrollado por SeamTrack

Infraestructura con servidores propios, posee cobertura multioperador internacional. El dispositivo GNSS, se conecta a las redes de los operadores principales de cada país. Ofrece un soporte durante los 7 días de la semana, ante cualquier acontecimiento el operador disponible brindará las soluciones pertinentes (SeamTrack, 2021).

Arquitectura. –

Basado en la tecnología de Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS), que permite obtener señales desde el espacio, transmitir la información de tiempo adquirida y posicionamiento de los receptores ubicados en la Tierra. Su aplicación está enfocada a estaciones espaciales y tránsito masivo: terrestre, aéreo y marítimo (Pathak, 2022).

Se puede acceder al sistema desde un ordenador y una aplicación. El ordenador está diseñado para mostrar información que será controlada por la gerencia; mientras que la aplicación gestiona y controla la información útil para el conductor. En la Tabla 4-2, se describen las funciones que a las que se pueden acceder, dependiendo del rol que cumpla.

Tabla 4-2. Detalle de las funciones de la aplicación y ordenador.

	Funciones
Aplicación	Visualización de información: <ul style="list-style-type: none">○ Distancia recorrida.○ Inicio de actividades.○ Recorridos realizados.○ Paradas realizadas.○ Excesos de velocidad.○ Número de vehículos activos.
	Navegación con la información adquirida en tiempo real.
	Control de los vehículos activos a través de los reportes.
Ordenador	Reporte de los vehículos en tiempo real. <ul style="list-style-type: none">○ Administración de la información requerida.○ Detalle de los movimientos activos.
	Control de los recorridos y puntos de inicio, partida.
	Control de la temperatura y humedad de la carga de los camiones.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: SeamTrack, 2021

El precio unitario por la instalación y servicio de un año oscila en US\$378.00; para su renovación se debe pagar un monto de US\$199/anual.

TSO Mobile de la compañía Tracking Solutions

Sistema que permite monitorear y controlar la ubicación de los vehículos en tiempo real. Integra el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que obtiene información de velocidad y tiempo independiente de los cambios climáticos. Se enfoca en controlar la flota y optimizar la eficiencia de operación (Tracking Solutions, 2021).

Arquitectura. –

El servicio de Tracking Solutions, cuenta con diferentes infraestructuras dependiendo del tipo de vehículo en el que se instale. Todas están basadas en GPS y según el plan contratado incorporará más o menos sensores (Tracking Solutions, 2021).

La Tabla 5-2, clasifica los servicios ofertados según el sistema que se desee contratar. De la revisión en su página web se pudo extraer que el servicio *standard* tiene un costo referencial de US\$188.00/anual.

Tabla 5-2. Especificaciones de los sistemas y servicios ofertados.

Sistemas	Servicios
<i>Standard</i>	Unidad satelital dual.
	Unidad GPS.
<i>Full</i>	Unidad satelital dual.
	Sensores de: <ul style="list-style-type: none">○ Apertura y cierre de puertas.○ Combustible○ Presión y temperatura de llantas○ Cerrojo de furgón.○ Temperatura en la carga.
	Alertas auditivas.
	Visualizador.
	Enganche y desenganche de tráiler.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Tracking Solutions, 2021

Al igual que en el sistema descrito previamente; en la Tabla 6-2, se especifica los alcances que se pueden tener en la aplicación, diseñada para el conductor y en la plataforma a la cual tiene acceso la gerencia.

Tabla 6-2. Descripción de las funciones de la aplicación y ordenador.

	Funciones
Aplicación	Ubicación en tiempo real.
	Alertas de velocidad y otros eventos.
	Apoyo de emergencias.
	Recordatorio de mantenimientos programados.
Plataforma	Monitoreo de la flota de vehículos.
	Adquisición de información mediante reportes gerenciales, en cuanto a: <ul style="list-style-type: none">○ Velocidad.○ Kilometraje.○ Entrada y salida de puntos de interés.○ Tiempos.○ Eficiencia de combustible.○ Desempeño del conductor.○ Resumen de actividades y eventos.
	Programación de: <ul style="list-style-type: none">○ Alertas de velocidad.○ Recordatorios de mantenimientos.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Tracking Solutions, 2021

En cuanto a sistemas desarrollados a nivel nacional, no se encontró uno que tenga diferencias sobre los expuestos. En su mayoría son filiales de grandes empresas establecidas en otros países, de los mencionados previamente Vigiloo y CarSync Fleet, tienen presencia en Ecuador.

Como se ha expuesto, los sistemas brindan servicios que integran tecnologías para adquirir información relevante para la gerencia la cual administrará y controlará tanto al vehículo como al conductor. Sin embargo, de la revisión bibliográfica realizada se establece que los sistemas dedicados a la gestión y control de información enfocada para el uso de los conductores no se ha desarrollado en su totalidad.

Los sistemas mencionados, hacen alusión a una flota de transporte, pero no se considera a los transportistas de carga independientes, los cuales, en su mayoría no estaría en la posibilidad de contratar un servicio de este tipo debido a su alto costo.

El propósito del dispositivo a desarrollar es cumplir con ese requerimiento, pues se tiene un nodo fijo que será instalado en el vehículo de una manera no invasiva. Estará basado en un módulo de control, el cual, combinado con la tarjeta de desarrollo adecuada se encargará de rastrearlo. Además, mediante los sistemas de identificación se controlará la jornada laboral, descansos, y se

registrará los excesos de velocidad a través de sistemas de posicionamiento. También se incorporará un botón SOS que permitirá notificar cualquier situación de riesgo, este podría tener 2 opciones alertar a la Policía Nacional o al número registrado como “contacto seguro”

2.5. Dispositivos de control

Garantiza el procesamiento y manipulación de las señales ante posibles eventos que se pueden dar dentro de un sistema electrónico según el campo de aplicación. Está compuesto de microcontroladores y tarjetas de desarrollo, las cuales ofrecen distintos alcances de acuerdo con sus características propias, componentes, entornos de programación y diversidad de costos. Estos sistemas aportan versatilidad, diseño de algoritmos de control, calibración de parámetros según elementos de adquisición montados, implementación de hardware y software. Además, permiten obtener una validación y verificación del sistema final (De Alcantara, y otros, 2018).

2.5.1. Tarjetas de desarrollo

Es un circuito electrónico empleado para el desarrollo de sistemas integrados, están conformados por la unidad central de procesamiento, puertos, conectores y un regulador; mediante los cuales se accede a los elementos periféricos y con ellos poder ejecutar pruebas o conexiones adicionales según sea necesario (Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño, 2018).

De acuerdo con los requerimientos, los desarrolladores seleccionan y personalizan las tarjetas de desarrollo. Las más usadas en el campo de la electrónica son: Arduino, Raspberry PI, ESP32, ATTINY85, Black Pill V3.0 (Aguirre, 2020). De los mencionados, las primeras 2 familias han destacado para el diseño de sistemas embebidos, ya que permiten desarrollar aplicaciones y prototipos desde entornos gráficos (Luchetti, 2021).

En cuanto a las tarjetas descritas, en la Tabla 7-2 se analizarán sus aplicaciones para determinar cuáles son las que mejor se adaptan a entornos como los que se desarrollara.

Tabla 7-2. Aplicaciones de las tarjetas de desarrollo estudiadas

Tarjeta de desarrollo	Aplicaciones
Arduino	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aplicaciones 3D y CNC ○ Drones ○ Robots ○ IoT ○ Domótica ○ Marketing

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Prototipos
Raspberry Pi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Servidor web ○ Medidores de calidad de aire ○ Sistemas de riego ○ Sistemas automáticos
ESP32	<ul style="list-style-type: none"> ○ IoT
ATTINY85	<ul style="list-style-type: none"> ○ Simular pequeños circuitos de control digital
Black Pill V3.0	<ul style="list-style-type: none"> ○ Proyectos con microcontroladores

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: HardZone, 2019; Álvaro, 2019; Hirak, 2020; Isaac, 2021.

Del análisis correspondiente en cuanto a las tarjetas de desarrollo, se puede deducir que Raspberry y Arduino son las que mejores prestaciones presentan según las aplicaciones realizadas por otros autores. Por esta razón se tomarán estas tarjetas para el desarrollo. Además, presentan una amplia variedad de prestaciones y aplicaciones.

Arduino. –

Plataforma que incorpora *hardware* y *software* libre, se basa en una placa que integra un microcontrolador reprogramable y una serie de terminales hembra que están unidos internamente a los periféricos de entrada y salida del microcontrolador (Torrente, 2013). Fue creada para brindar accesibilidad a las herramientas de desarrollo electrónico que en un inicio se encontraban restringidas por su alto costo del hardware y compleja codificación de software pues se usaba un lenguaje de bajo nivel (Peña Millahual, 2020).

Con esta tarjeta se puede desarrollar sistemas autónomos o dependientes, el primer caso: se programa el microcontrolador y puede funcionar con una fuente de alimentación propia. Mientras que para el segundo caso: la tarjeta debe estar conectada permanentemente a un computador ejecutando el software. Esta es usada en aplicaciones que requieren el intercambio y procesamiento de información entre dispositivos (Torrente, 2013).

Raspberry PI. –

Plataforma desarrollada para sistemas electrónicos, posee en su arquitectura física puertos del tipo USB, HMI, salidas de audio, comunicación del tipo TCP/IP, slot de 3.5 mm, capacidad de tarjetas SD y un procesador de 700 MHz (Herrera Acosta, 2016). Creada por la fundación Raspberry Pi, contribuyendo a la creación de sistemas operativos (OS) de código abierto (Hirak, 2020).

El uso de esta tarjeta permite aplicaciones electrónicas robustas con conexiones directas a internet a través de módulos propios e integrados en su estructura; existe una variedad de familias dentro de estos sistemas para cada tarea requerida (Nayyar, y otros, 2017).

2.5.2. *Análisis comparativo de las tarjetas de desarrollo*

En la Tabla 8-2 se lleva a cabo una descripción sobre las principales características que presentan cada una de las tarjetas mencionadas.

Tabla 8-2. Características de un Raspberry Pi (Microprocesador) y Arduino (Microcontrolador)

Características	Arduino	Raspberry Pi
Procesador	AVR	ARM
<i>Hardware</i>	Abierto	Raspberry Foundation
Entorno de programación	Arduino IDE	Thonny IDE, Scratch
Conectividad	A través de módulos de expansión y programación	WiFi y Ethernet integradas con RJ-45 o USB
Costo	Bajo	Alto
Almacenamiento	Usa memorias externas	Integra almacenamiento
Tipo	Miniordenador	Microcontrolador
Alimentación	Pensado para no funcionar con baterías	Fácil implementación con baterías
Numero de puertos USB	Hasta 4 puertos	Un puerto USB Type-B hembra
Lenguaje de programación	Python, C/C++ y Ruby	Arduino y C/C++
Conexiones y uso	Debe ser apagado correctamente para la no corrupción de archivos	Dispositivo Plug and Play
Implementación de sensores y componentes	Funcionan de manera integrada	Requiere de librerías y softwares
GPU	Video Core IV	Video Core IV
Aplicaciones	Recolección, supervisión e interacción con módulos y sensores.	Tratamiento de datos, diseño de interfaz, conexión a la red.
Velocidad de Operación	Rápida	Lenta
Interferencias	Interferencia electromagnética y ruido generado por el cableado	Interferencia electromagnética debido a su alto nivel de integración

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Torrente, 2013; Peña, 2020.

2.6. Sistema de identificación inalámbrica

La adecuación de la comunicación inalámbrica para el reconocimiento de productos y recolección de información, han sido el inicio para la innovación en los sistemas de reconocimiento y detección. Se puede definir a estos sistemas como técnicas en las cuales se añade una codificación de datos a una imagen, la cual es leída mediante un sistema de reconocimiento, que traduce el código establecido y obtiene la información almacenada. Estos sistemas presentan ventajas como una mayor agilidad, eficiencia y seguridad cuando se adquiere y transmite información (Carro Paz, y otros, 2012).

Existen varios sistemas que usan identificación inalámbrica, cada una con una característica según su aplicación, se presentan tecnologías como *Near Field Communication* (NFC) o en español, campo de comunicación cercano, código QR, código de barras e identificación automática por radiofrecuencia.

- **Código QR.** – Se asemeja a un código de barras que consiste en un patrón de forma cuadrada, caracterizada por su composición de datos codificados para ser escaneados. Estos patrones compuestos por cuadros blancos y negros representan números del 0 al 9, letras de la A a la Z o caracteres en alfabetos varios (Encyclopaedia Britannica, 2022).
- **NFC.** – Utiliza señales de radiofrecuencia para el intercambio de información entre dos dispositivos. Es empleado en aplicaciones de acceso sin llave, tarjetas de crédito y débito, billeteras electrónicas, etiquetas inteligentes, etc. Además, tienen un gran apogeo en la detección de temperatura, detección bioquímica, seguimiento del estado de infección de heridas de pacientes, prescripción de medicamentos y demás (Priya Isravel, y otros, 2020).
- **Código de barras.** – Compuesto de una serie de líneas y espacios, alineados de tal forma que especifican una información, la cual es leída a través de dispositivos que contienen sensores capaces de reconocer, decodificar, verificar y aceptarlos al compararla con una base de datos (Ruales Aguilar, 2017).
- **Identificación automática por radiofrecuencia (RFID).** – Utiliza ondas de radio para la recopilación y transferencia de datos para luego retenerlos de manera automática en tiempo real. Esta tecnología se ha mostrado como una alternativa para las distintas tecnologías que cumplen con una función similar a la identificación de productos, detección de códigos y lectura de datos, además de presentar ventajas significativas sobre los demás sistemas de identificación (Profetto, y otros, 2022).

Cada tecnología tiene características que sobresalen de la otra, ya sea las aplicaciones a las que están destinadas, precios o su accesibilidad. En la Tabla 9-2 se realiza una comparativa de las características más destacadas de cada tecnología de identificación inalámbrica.

Tabla 9-2. Comparativa de las características más sobresalientes en las tecnologías de identificación inalámbrica.

Características	QR	NFC	Código de barras	RFID
Aplicaciones	Contenido de revistas Comercio electrónico	Pagos con tarjetas débito y crédito Transferencia de datos móviles Duplicado de pantalla hacia TV	Identificación de boletos y etiquetas de productos	Identificación de objetos Sistemas de localización local Control de acceso
Costos de implementación	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Capacidad	2.953 bytes	96 a 512 bytes	Espacio limitado por el sistema empleado	Incorporación de módulos de almacenamiento
Tipo de lectura	Decodificación de imagen	Inalámbrica hasta 10 cm	Solo en superficie	A través de algunos materiales hasta 3 m
Precisión	Requiere intervención humana	Semiautomático	Requiere intervención humana	100% automático
Durabilidad	Tiempo indefinido para tipo estático digital	Soporta ambientes leves	Fácil estropeo	Soporta ambientes agresivos
Identificación	Lector de QR	Univoca por producto	Estandarizada	Univoca por producto

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Laines, y otros, 2015; Chang, 2018; Software Evaluation, 2022

En cuanto a los sistemas descritos en la Tabla 9-2, se puede establecer que RFID es una tecnología versátil y posee un alcance que mejora los procesos de identificación. La tecnología de radiofrecuencia surge como una potencial alternativa que puede reemplazar a la identificación por código de barras (Carro Paz, y otros, 2012).

2.6.1. *Tecnologías de radiofrecuencia*

Un sistema de identificación que usa 2 tipos de terminales: un maestro, el cual es un lector y establece la comunicación; una etiqueta que lleva consigo una codificación asociada para que su identificación sea única. El lector utiliza señales de radiofrecuencia (RF) para la detección de la respuesta por parte de la etiqueta con su código de identificación (ID). En cuanto a las etiquetas, dentro de su estructura se puede añadir un sensor, el cual enviará su información al momento que se lleva a cabo el intercambio entre el lector y la etiqueta (Landaluce, y otros, 2020).

Las etiquetas RFID, conocidas también con el nombre de transpondedor, el cual está formado por un chip que recopila la información, la cual es transmitida de manera inalámbrica (Kamran, y otros, 2010).

Esta tecnología puede clasificarse según la banda de frecuencia con la que operan y de acuerdo con la alimentación que lleven las etiquetas, estas pueden ser activas: alimentadas por una batería o pasivas: alimentadas de la señal de RF emitida por el lector (Finkenzeller, 2010).

Según la alimentación de la etiqueta se clasifican en:

Pasiva. – La característica principal de estas etiquetas es la no presencia de una fuente de energía propia y su alimentación es a partir del campo electromagnético que genera el lector RFID. Además de ser solo de lectura, su tamaño es pequeño, ligeras y su precio es considerablemente baratas en relación con las etiquetas activas. Su mayor ventaja es el tiempo de vida ilimitado que posee sobre las demás. Estas etiquetas poseen un pequeño rango de cobertura (San José Vieco, y otros, 2015).

Activa. – Son alimentadas con una fuente propia, ya sea una batería recargable o baterías de carbono. Con relación a las etiquetas pasivas, estos sistemas son más costosos y su implementación requiere de un estudio más a fondo para que se incorporen de manera correcta (San José Vieco, y otros, 2015).

Semi-Pasivas. – Si bien poseen una batería propia para la implementación de sensores y demás dispositivos para la circuitería del chip de la etiqueta, no obstante, el intercambio de información con el lector se lleva a cabo con la energía brindada por el campo electromagnético generado entre el lector y la etiqueta (San José Vieco, y otros, 2015).

Según la frecuencia de operación se clasifican en:

- Baja frecuencia (*Low Frequency - LF*)
- Alta frecuencia (*High Frequency - HF*)
- Ultra-Alta frecuencia (*Ultra High Frequency - UHF*)

2.6.2. Análisis comparativo de los sistemas de radiofrecuencia

En la Tabla 10-2 se detalla las características más relevantes de cada una de las frecuencias utilizadas en los sistemas basados en radiofrecuencia, en la cual cada rango de frecuencia presenta diferentes ventajas, donde el consumo de energía es una variante entre ellas.

Una etiqueta que trabaje con LF, no posee una batería propia, toma energía para la transmisión de información a partir del campo electromagnético que genera el lector. Mientras que una etiqueta con una frecuencia HF, utiliza una fuente propia para el funcionamiento de su circuitería interna y la comunicación se lleva a cabo por el campo generado por el lector. Por último, la frecuencia UHF es la que más consumo presenta, ya que su fuente debe ser la que suministre y satisfaga los requisitos de alimentación (Parkash, y otros, 2012).

La cobertura y la velocidad de transmisión de datos se ven directamente proporcional a la alimentación que posean, ya que, a mayor energía propia, mayor alcance posee una etiqueta. Todos estos rangos están estandarizados por normas ISO como se muestran en la Tabla 10-2 (Saleem, y otros, 2012).

Tabla 10-2. Parámetros y alcances de las frecuencias de operación

PARÁMETROS	LF	HF	UHF
Frecuencia	120 – 140 KHz	13.56 MHz	433 MHz
Consumo De Energía	Bajo	Medio	Alto
Aplicaciones	Detección de animales	Identificación de objetos	Sistema de bloqueo central de vehículos
Cobertura	10 cm	1 m	1 - 1000 m
Norma	ISO 18000 - 2	ISO 14443	ISO 18000 - 7
Velocidad De Transmisión De Datos	Baja	Baja a Moderada	Moderada

Realizado por: Saleem, Hussain; Ali, Muhammad; Afzal, Shiraz, 2012

Fuente: IOSR Journal of Computer Engineering 2012

De acuerdo con la clasificación de las etiquetas y la frecuencia de operación de cada una de ella, para el trabajo desarrollado se tiene que las etiquetas de media frecuencia (HF) son las que mejor se adaptan, debido al bajo consumo energético que presentan y la cobertura que posee, ya que no se requiere un rango demasiado grande y la transmisión de datos, no se requiere que sea instantánea. Además, la identificación requerida será solo para verificar que la etiqueta proporcionada coincida con la que se almacenó, reconociendo el código de acceso.

2.7. Sistema de posicionamiento

Desarrollado por los Estados Unidos, el cual es conocido por la capacidad que brinda a un usuario para establecer su posición y navegación en tiempo real. Consta de 3 segmentos que son: un espacial, que está formado por 24 satélites operativos; uno de control que está compuesto de las estaciones de control y rastreo para monitorear que los satélites se encuentren orbitando de manera correcta y corregir su trayectoria de manera manual si es necesario; y de usuario que

consta del dispositivo final en el cual se tiene la ubicación a modo de un sistema de visualización con información a detalle de las coordenadas requeridas basadas en una posición tridimensional y en tiempo real (National Coordination Office for Satellite Positioning, 2020).

Básicamente se utiliza para determinar la ubicación de un objeto que posee un receptor, del cual se conocen las coordenadas o distancias hacia los satélites. Una vez que se lleva un mapeo de levantamiento de triangulación, se tiene la ubicación del objeto requerido (Lee, 2019).

Según el Observatorio Naval de Estados de Unidos, en cuanto a la sincronización de tiempo que poseen los sistemas de posicionamiento, están ligados con el Tiempo Universal Coordinado (UTC) (Petropoulos, y otros, 2021). Se presentan distintos tipos de posicionamiento según la aplicación de estos sistemas, cada una presentando diferentes características y alcances.

2.7.1. Tipos de sistemas de posicionamiento

En la actualidad existen 3 tipos de sistemas de posicionamiento en los cuales se basan las diferentes aplicaciones que se puedan presentar, los cuales son:

Posicionamiento Global. – Conocidos como Sistemas Global de Navegación por Satélite (GNSS) por proporcionar una ubicación geoespacial, emplean las tecnologías de GPS y GLONASS (Sistema Global de Navegación por Satélite), de las cuales extraen valores como velocidad, coordenadas y dirección de movimiento que son determinadas a través de GPS o satélites. A partir de estos sistemas se puede obtener las coordenadas con una relativa exactitud de cualquier parte del mundo (Garrido Villén, 2016).

Posicionamiento Local. – Los Sistemas de Localización en Tiempo Real (RTLS) no hacen referencia a GPS y al rastreo de teléfonos, además de no incluir factores como velocidad, dirección u orientación espacial (ISO/IEC 19762 Comité técnico, 2016). A diferencia de un GNSS, trabaja a nivel local con objetos de señalización y no satélites. Además, tienen la característica de ser una especie de repetidores para ampliar la señal de los GPS (Lucea, 2019).

Posicionamiento Híbrido. – Presenta conexiones tanto para GNSS hacia una estación con balizas de posicionamiento, como pueden ser utilizadas en procesos industriales en los que un operador seleccionará al más adecuado según la aplicación que requiera. El almacenamiento de esta información estará dentro de una misma base de datos sin interrumpir en el proceso (Mertind Ltda. Bolivia, 2022).

2.7.2. Análisis comparativo de los sistemas de posicionamiento

En la Tabla 11-2 se realiza un análisis sobre los tipos de posicionamiento en cuanto se refiere a la tecnología que emplean para comunicarse con su entorno, tanto el objeto a localizar y su medio de localización. La precisión con la que estos objetos son ubicados en el mapa; el rango de cobertura en los que estos sistemas permiten ubicarlos; los costos que implica la implementación de estos y la complejidad que es proporcional a los costos, La ubicación sobre la cual pueden ser encontrados los objetos y posteriormente generadas sus coordenadas para efectuar su localización.

En cuanto al posicionamiento global, se tiene que la tecnología empleada es GPS y GLONASS, que permite un alcance global para objetos que se sitúen en la superficie con una precisión de 2 a 6 metros. La implementación de estos sistemas no requiere de grandes costos en relación con los dos tipos de posicionamiento, ya que los otros requieren una infraestructura adicional para entrar en funcionamiento (Cortes, y otros, 2010).

Para el RTLS, su alcance es zonal de hasta 20 metros, esto debido a sus instalaciones interiores y el uso de tecnologías de un alcance limitado (Rodríguez Navarro, 2017). En cuanto al posicionamiento híbrido, presenta una ventaja significativa, ya que usa las 2 tecnologías, no obstante, su aplicación en zonas reducidas limita su alcance, así como su precio de instalación que es igual o mayor a un RTLS (Llerena Caicedo, y otros, 2015).

Tabla 11-2. Comparación entre los tipos de posicionamiento

Factores	Posicionamiento Global	Posicionamiento Local	Posicionamiento Híbrido
Tecnologías	GPS, GLONASS	WiFi, RFID, UWB, Bluetooth, ZigBee, nanoLOC, Blee	Tecnologías GNSS y RTLS
Precisión	2 a 6 metros	0.1 a 3 metros	0.1 a 20 metros
Alcance	Global	Zonal: < 20 m	Híbrido hasta 20 m
Costos	Bajo	Alto	Alto
Ubicación	Superficie terrestre	Instalaciones interiores	Independencia de locación

Realizado por: Universidad Estatal de Petrozavodsk, 2019

Fuente: RealTrac, 2019

Del análisis comparativo de las tecnologías de posicionamiento, en base a los parámetros de tecnologías empleadas, precisión de ubicación, alcance, costos y lugar de aplicación, se puede concluir que, para obtener datos de velocidad, posición con un pequeño margen de error y a costos bajos, el sistema de posicionamiento global con la implementación de GPS es un sistema muy efectivo.

2.8. Sistema de alimentación

Consta de una fuente interna de voltaje constante que tiene una capacidad de corriente (Kazimierzczuk, 2008). Es el responsable de suministrar la energía requerida por el sistema electrónico. Consta de una fuente de alimentación el cual convierte la salida de una línea de alimentación de corriente alterna en una salida o múltiples salidas de corriente continua constante (Lai, 2018).

Según la aplicación en las que se requieran; características como la dimensión, eficiencia, peso, coste, tipo y materiales de su composición, muestra ventajas y desventajas (Paredes, y otros, 2015).

2.8.1. Baterías

Conocidas como dispositivos con una composición electroquímica, las cuales pueden ser cargadas luego de que su capacidad energética se ha drenado por completo o con un ciclo de vida único. Son empleadas para abastecer dispositivos electrónicos pequeños (Syed, 2014).

Las baterías poseen 3 componentes que son: un terminal negativo conocido como ánodo, un cátodo que es el terminal positivo y un electrolito que se encarga de provocar una reacción entre ánodo y cátodo (Vedantu, 2020). Existen dos tipos de baterías que son:

Batería principal. – Caracterizada porque no se puede recargar su energía, son aquellas del tipo zinc-carbono, alcalinas. Su composición, aplicación y bajo costo de adquisición son las causantes que tengan un alto impacto en cuanto a contaminación ambiental (Grover, 2021).

Batería secundaria. – Se distingue de las baterías primarias por el hecho de que estas son recargables, alargando su periodo de uso. Además de poseer un ciclo de vida mayor, su costo, tamaño y que son reciclables, son características que las ubican como una mejor opción al momento de utilizar baterías para equipos tanto pequeños como grandes (Grover, 2021).

2.8.2. Análisis comparativo de baterías

Las baterías del tipo secundario que se pueden encontrar en el mercado varían de acuerdo con su lugar de aplicación, en cuanto a dispositivos electrónicos, en la Tabla 12-2 se tiene un detalle de baterías recargables y características que más destacan al momento de adquirir una.

Tabla 12-2. Características de las baterías recargables

Parámetros	NiCd (Nickel Cadmium)	NiMH (Níquel-Metal Hydride)	Li-ion (ion de litio)
Costo	Bajo	Medio	Alto
Vida útil	Bajo	Alto	Alto
Impacto ambiental	Alto	Medio	Bajo
Efecto memoria (1)	Si posee	No posee	No posee
Capacidad	Baja	Superior	Superior

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Tecnología informática, 2018

(1) Efecto memoria: Se almacena un porcentaje de carga como mínimo, sustituyendo al valor de 0%, si la batería guarda el valor de 10%, su carga máxima será de 90% debido a que la batería “piensa” que aún posee un porcentaje de energía (Grover, 2021).

Tomando en cuenta los factores: costo, vida útil, impacto ambiental, el efecto memoria y su capacidad de carga; se puede deducir que la batería de Níquel Cadmio presenta desventajas significativas, ya que cualidades como la vida útil, su capacidad, impacto ambiental y el efecto memoria causan que estas baterías no sean las más adecuadas. Mientras que las compuestas de Níquel metal Hidreto y Litio, presentan mejores características y son las mejores opciones.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se incluyen las especificaciones necesarias para llevar a cabo el diseño del *software* y *hardware* del sistema propuesto, en las cuales se detallan las etapas que las conforman, los componentes empleados, características, especificaciones técnicas y los esquemas del circuito desarrollado.

3.1. Identificación de parámetros y requerimientos mínimos del sistema

A partir de la revisión bibliográfica realizada en el Capítulo II, se presentan los requerimientos necesarios para diseñar el prototipo de Sistema de gestión y control de información de conductores mediante radiofrecuencia, tanto a nivel de *hardware* y *software*:

- Está diseñado para el uso de transportistas de carga pesada con rutas interprovinciales, para el descanso se considera la norma vigente en Europa, México o Estados Unidos.
- Las normas se describen en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Tiempo de conducción y descanso reglamentario

Norma	Tiempo de conducción	Descanso
Europea	Cuatro horas y media	45 minutos
Mexicana	Cinco horas	30 minutos
Americana	Ocho horas	30 minutos

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente:

- La ubicación del dispositivo será en un lugar de fácil acceso para el conductor, pues él deberá identificarse a través de su *tag*, manipular el HMI y botón de emergencia y distinguir las alarmas.
- El dispositivo está compuesto de varios módulos electrónicos: RFID, Lector SD, GSM, GPS. Este último, necesita tener una adecuada ubicación para mejorar su funcionamiento.
- No se accionará ninguna función dentro del vehículo como el sistema de tracción, frenado u otra acción física, mediante el dispositivo pues es un sistema no invasivo.
- Presenta un sistema de carga proporcionado por la toma del vehículo para alimentar las baterías de respaldo del dispositivo.

- Las baterías, permitirán que el sistema suministre energía por hasta 4 horas, aún después que el vehículo se apague.
- Para la visualización de la información del conductor, vehículo, horario y normativa de descanso se emplea una interfaz gráfica de fácil acceso e interacción, HMI Nextion de 2.8 pulgadas.
- La configuración de los descansos se realiza a través de un *dip switch*, en la Tabla 2-3 se muestra cómo serán las opciones.

Tabla 2-3. Configuración de opciones de descanso en el *dip switch*

Opción	Norma
1 (00)	Europea
2 (01)	Americana
3 (10)	Mexicana
4 (11)	No asignada, quedará libre para configurar otra norma.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

- El HMI consta de varias páginas, las cuales se detallarán en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Descripción de las páginas del HMI

Página	Descripción
0	Página principal.
1	Lectura e Identificación del tag RFID.
2	Menú de Navegación Principal. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Configuración. ▫ Información. ▫ Inicio de jornada.
3	Menú de Configuración. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Fecha y Hora. ▫ Destino.
4	Menú de Información. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Conductor. ▫ Descansos. ▫ Vehículo.
5	Ingreso de parámetros para la fecha y hora.
6	Ingreso del destino.
7	Visualización de Norma de descanso seleccionada a través del <i>dip switch</i> .
8	Visualización de información del conductor. <ul style="list-style-type: none"> ▫ C.I.

	<ul style="list-style-type: none"> ▫ UID. ▫ Nombre. ▫ Tipo de Sangre. ▫ Tipo de licencia.
9	Visualización de información del vehículo. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Placa. ▫ Chasis. ▫ Marca. ▫ Tipo de Vehículo. ▫ Propietario.
10	Visualización de información del inicio de jornada. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Hora de inicio. ▫ Próximo descanso.
11	Resumen de la jornada. <ul style="list-style-type: none"> ▫ Excesos de velocidad registrada. ▫ Descansos registrados

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

- La sesión inicia cuando el usuario se identifique con el lector RFID, reconociendo el código de la tarjeta asociado al conductor del vehículo, UID.
- La identificación de usuario es a través de la lectura del código de un *tag* RFID que portará el conductor.
- El dispositivo trabaja con un sistema RTC (Reloj en tiempo real).
- La velocidad será adquirida por un módulo electrónico GPS, el cual mide latitud y longitud, datos que se procesarán mediante programación para determinarla.
- Se dispone de alarmas visuales y auditivas para informar al conductor de: velocidad excedida y descanso cumplido.
- La alerta que indica el exceso de velocidad será emitida cuando se incumpla la norma para transportistas de carga pesada, es decir, supere el límite permitido en carretera (70 km/h).
- Para la alerta de emergencia, se dispone de un botón de pánico o auxilio, posicionado a un costado del módulo con un color característico que lo diferencia (rojo), al cual se puede acceder de manera fácil y rápida en caso de necesitarlo.
- La información emitida al accionar la alarma de auxilio será enviada al receptor (propietario del vehículo), mediante comunicación GSM. El mensaje de texto incluirá: Nombre del conductor, placa del vehículo y un link que redireccionará a *google maps*, para indicar la posición del vehículo donde fue enviada la alerta.

- De ser necesario el propietario del vehículo podrá obtener información del conductor por medio de mensajes de texto. La Tabla 4-3, describe el código que deberá enviar mediante SMS al número de teléfono asociado al dispositivo y la información que recibirá.

Tabla 4-3. Detalle de los mensajes SMS que podrá recibir el propietario del vehículo

Código	Información que recibirá
@GPS	Link que redireccionará a <i>google maps</i> , para indicar la posición del vehículo.
@CHOFE	Información del conductor.
@CARRO	Información del vehículo.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

- Cuando el sistema identifique que el tiempo de descanso se ha cumplido se emitirá una alarma auditiva y visual, la cual estará activa hasta que se registre una velocidad superior a 20km/h.

3.1.1. Concepción de la arquitectura del sistema

La autenticación de usuario, registro de exceso de velocidad del vehículo, cálculo de descansos reglamentarios y la alerta de emergencia del dispositivo electrónico se lleva a cabo a través de varios bloques, los cuales se describen en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3. Descripción de los bloques

	Componentes electrónicos	Descripción
Bloque de identificación	Conformado por el módulo electrónico <i>RFID</i>	Permite autenticar de forma fiable mediante el UID único.
Bloque de lectura de información	Compuesto por un módulo electrónico para lectura SD	Permitirá extraer la información del conductor y vehículo desde un archivo de texto.
Bloque de comunicación	Integra los módulos electrónicos <i>GSM</i> y <i>GPS</i>	Refieren a la comunicación de red móvil y el posicionamiento global, los cuales necesitan de una antena posicionada en lugares estratégicos por las compañías de telecomunicaciones y satélites GPS localizados en la órbita terrestre.
Bloque de visualización	Se compone de un HMI <i>Nextion NX3224T028</i>	La interfaz gráfica para visualización y configuración es amigable e intuitiva con el usuario.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

La Ilustración 1-3 muestra una perspectiva general sobre cómo estará instalado y la interacción con el entorno a implementar. La arquitectura ha sido desarrollada en base a los requerimientos propuestos, dando la importancia que precisan a cada uno de ellos; destacando que no sea invasivo para el vehículo y pueda ser instalado dentro del mismo.

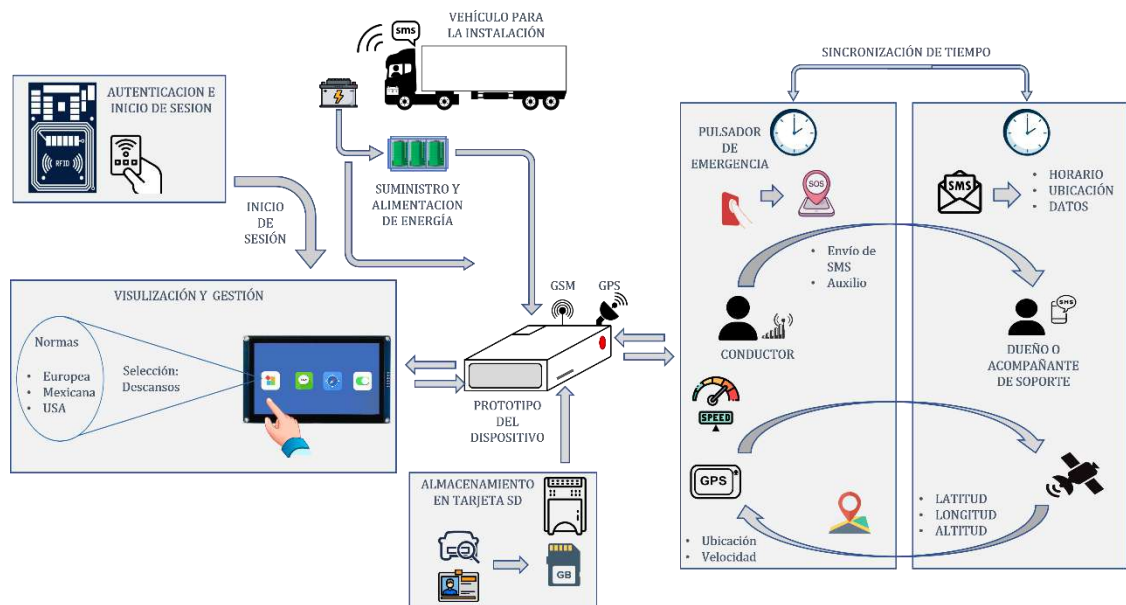


Ilustración 1-3. Arquitectura general del sistema propuesto

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.2. Concepción del diseño del sistema

Para la construcción del dispositivo se ha dividido por bloques como se especificó en el apartado anterior. De los cuales se describirá su función, acentuando las características más relevantes para el diseño; así como las variables que estos controlan de acuerdo con los requerimientos planteados para el desarrollo.

3.2.1. Bloques del sistema

Compuesto de módulos con un respectivo propósito dentro del sistema, los cuales se conectan entre sí para realizar una interacción entre cada bloque establecido.

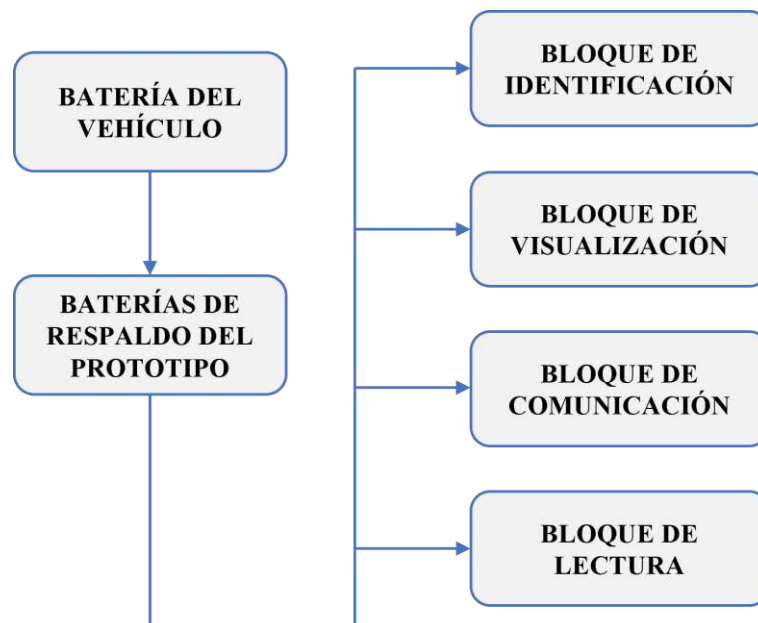


Ilustración 2-3. Diagrama de bloques general del sistema

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.2.1.1 *Bloque de identificación*

Encargado de autenticar al conductor, a través del sistema de lectura del *tag*, cuando su valor coincide con UID ingresado en el archivo de texto a través del Lector SD, el sistema da inicio. Desplegándose una ventana en el HMI; una vez configurado la hora, fecha y destino, en las páginas correspondientes las cuales fueron especificadas en la Tabla 3-3, el conductor podrá iniciar su jornada.

Cuando la etiqueta no sea reconocida, el sistema no se podrá iniciar; y de ser el caso, si el conductor ha empezado su jornada sin autenticarse, la información de la ruta no será analizada.

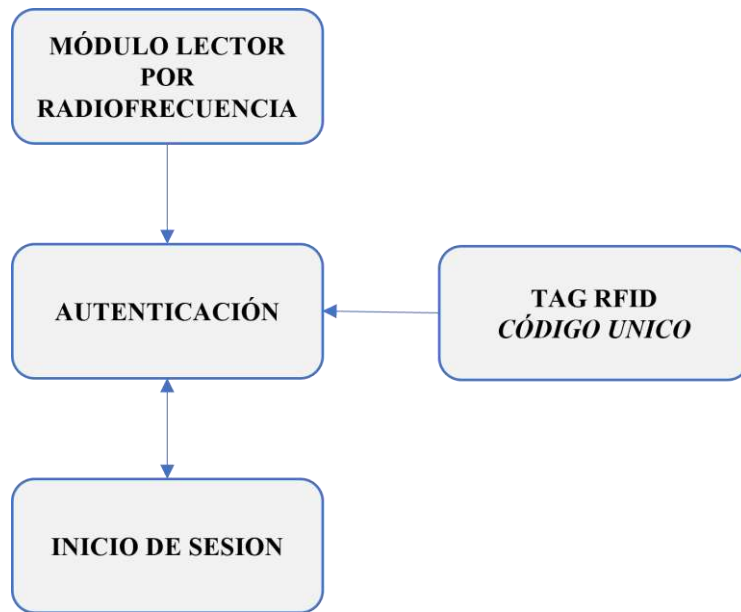


Ilustración 3-3. Componentes del bloque de identificación

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.2.1.2 Bloque de lectura de datos

Para visualizar la información personal del conductor y del vehículo, se almacena en una tarjeta SD, la cual, a través de la tarjeta de desarrollo y un módulo de lectura son observados mediante la interfaz de visualización (HMI).

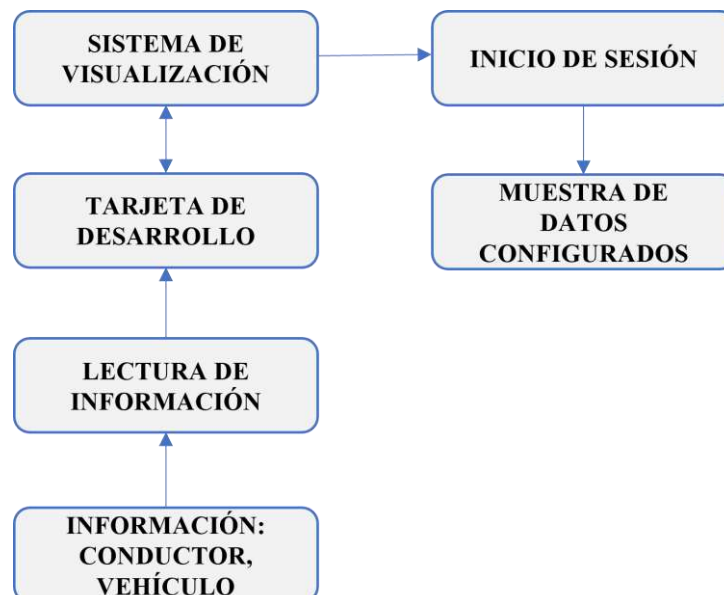


Ilustración 4-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de lectura

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.2.1.3 Bloque de visualización

Se encarga de mostrar la información necesaria para que el conductor pueda interactuar con el dispositivo y configurarlo de acuerdo con los parámetros de su jornada laboral.

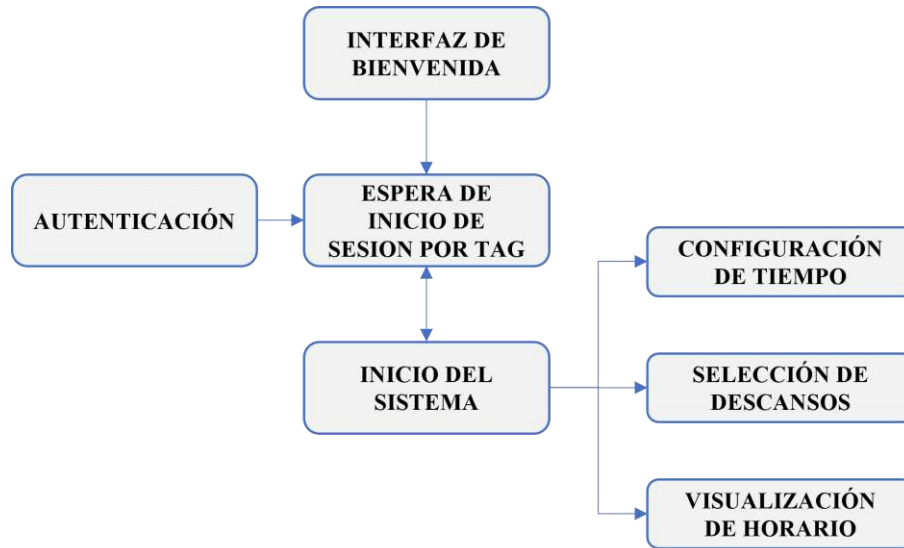


Ilustración 5-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de visualización

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.2.1.4 Bloques de comunicación

Una vez que ha iniciado el dispositivo y se autenticado el usuario, este bloque es el encargado de enviar la información desde el dispositivo al teléfono del receptor mediante SMS. Además de registrar las variables necesarias para el posicionamiento satelital.

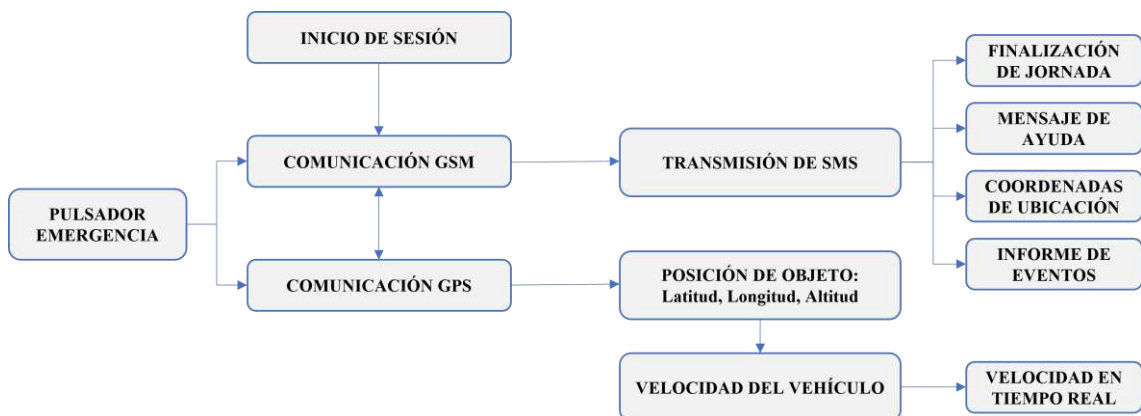


Ilustración 6-3. Diagrama de funcionamiento del bloque de comunicación

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

GSM. – Conectado a la red mediante un módulo de comunicación con una antena y una SimCard con conexión a la red móvil, la cual sirve para el envío de mensajes (SMS) cuando se accione la alarma de emergencia, pulsando el botón de emergencia situado en la estructura lateral del dispositivo.

GPS. – Posee una antena satelital que permite determinar la ubicación en tiempo real. La geolocalización se lleva a cabo con coordenadas proporcionadas por el satélite, las cuales son latitud, longitud y altitud que describen la posición del módulo GPS implementado. Mediante estas coordenadas se realiza un algoritmo en el software de programación para la obtención de la velocidad a partir de los datos antes mencionados.

3.3. Descripción y selección de los componentes *hardware*.

De acuerdo con los requerimientos establecidos, se detalla a continuación los elementos eléctricos, electrónicos y la estructura que contendrá al sistema. Además, se describirán los diagramas de proceso, conexiones y flujograma, así como también la función de cada componente dentro de la propuesta y como lleva a cabo su función.

3.3.1. Componentes principales

3.3.1.1 Arduino Nano

En base a la revisión bibliográfica realizada en el capítulo II, de la Tabla 8-2 se determinó que la tarjeta de desarrollo Arduino fue la indicada para desarrollar el prototipo propuesto. Es una placa desarrollada por Atmel, la cual es utilizada para construir prototipos de sistemas embebidos (Silas Hughes, 2020). En la Ilustración 7-3 se puede observar el componente utilizado para desarrollar el sistema propuesto.

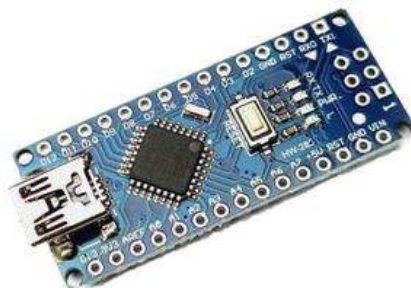


Ilustración 7-3. Tarjeta de desarrollo utilizada, Arduino Nano.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Arduino Company, 2023

Para elegir esta placa se consideraron los parámetros que se muestran en la Tabla Tabla 6-3, valores que fueron extraídos de la hoja de datos del fabricante, la cual se puede encontrar en el apartado ANEXOS. Es una de las tarjetas que mejor se adapta debido a su compatibilidad de las librerías de los módulos usados, el precio en el mercado y el tamaño adecuado para la implementación de su estructura.

Tabla 6-3. Especificaciones técnicas de la placa Arduino Nano.

Arduino Nano	
Microcontrolador	Atmega328P
Voltaje de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada	7.5 – 12 V
Corriente CC por pin E/S	20 mA
E/S digitales	14
E/S PWM	6
E/S analógicas	8
Memoria flash	32 KB, 2 KB para el gestor de arranque
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Longitud	43.18 mm
Ancho	17.78 mm
Peso	7 gramos

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Arduino Company, 2023

En base a lo que se muestra en la Tabla 6-3, se establece que la placa Arduino Nano es la indicada, los pines correspondientes a entradas y salidas digitales son configuradas para la conexión entre los módulos requeridos, como también la alimentación de voltaje, corriente, dimensiones y capacidad de memoria. Además, permite la comunicación serial hacia otro Arduino, el cual será un Pro Mini, el mismo que servirá para ampliar los pines y el uso de un módulo necesario para el funcionamiento adecuado del dispositivo.

3.3.1.2 *Arduino Pro Mini*

Debido a la cantidad de pines utilizados para llevar a cabo el desarrollo del prototipo, se consideró ampliar esta capacidad con una tarjeta de desarrollo de la misma familia Arduino, siendo el Pro Mini el cual gracias a su cantidad de E/S y relación de precio a ampliar el número de pines con una tarjeta con mayores prestaciones.

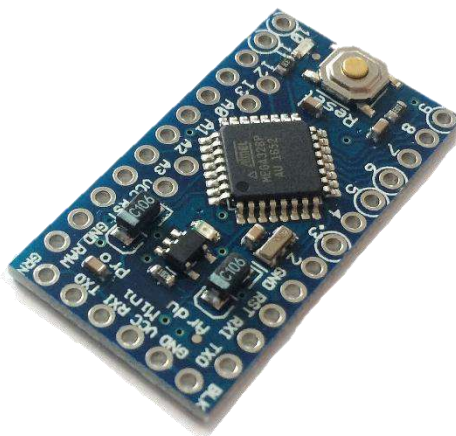


Ilustración 8-3. Tarjeta Arduino Pro Mini empleado en el dispositivo.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Arduino Company, 2023

Tabla 7-3. Especificaciones técnicas de la tarjeta Arduino Mini.

Arduino Pro Mini	
Microcontrolador	Atmega328P
Voltaje de funcionamiento	3.3 – 5 V (DC)
Voltaje de entrada	7 – 12 V (Pin RAW)
Corriente CC por pin E/S	40 mA
E/S digitales	14
E/S PWM	6
E/S analógicas	8
Memoria flash	32 KB, 2 KB para el gestor de arranque
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Longitud	33 mm
Ancho	18 mm
Peso	2 gramos

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Arduino Company, 2023

3.3.1.3 Modulo GSM y GPS

Para establecer la comunicación del sistema, se determinó que será en base a dos sistemas, GPS para realizar la geolocalización del nodo y un sistema GSM para enviar información cuando el usuario y el sistema requiera. La SIM808 es una placa que incorpora GSM y GPS. Además

permite la inclusión de mensajes SMS, voz, texto desde y hacia prototipos o proyectos de gran escala (SIM Company, 2022).

Esta placa también permite la reducción de módulos, ya que incorpora varias funciones en una misma placa. En base a los requerimientos propuestos, se determinó que la placa GSM y GPSIM808, la cual incorpora estas dos tecnologías y se puede observar en la Ilustración 9-3, donde incluye sus antenas de conexión inalámbrica.



Ilustración 9-3. Shield SIM808 GSM/GPS.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 8-3. Especificaciones técnicas de SHIELD GSM/GPS SIM808

SHIELD GSM/GPS SIM808	
Voltaje de funcionamiento	6-12V
Corriente de funcionamiento	100 mA
Slot de tarjeta	SIM 1.8 – 3V
Firmware	Actualizable a través de USB
BaudRate	1200 – 225200 bps
RTC	Incluido con la interfaz de alimentación
Banda de operación	GSM 850/EGSM 900/DCS/1800/Uds 1900 MHz
Protocolo de funcionamiento	TCP/IP
Almacenamiento	Tarjeta SIM
Canales de rastreo GPS	22
Canales de adquisición	66
Precisión	Posición Horizontal: <2,5 m CEP

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Grupo Electrostore, 2023

3.3.1.4 Módulo lector RFID

Como se estableció en la Tabla 10-2, con respecto a las frecuencias de operación de las etiquetas RFID, concluyendo que para la propuesta a implementar una etiqueta de frecuencia media (HF) satisface con el requerimiento de reconocer un código único asignado a una tarjeta, la cual está asociada al conductor del vehículo.

Para el desarrollo del sistema se eligió el módulo lector RFID RC522 de MIFARE, mismo que se puede observar en la Ilustración 10-3 y posee una cantidad de características por las cuales fue elegido y se describen en la Tabla 9-3.



Ilustración 10-3. Módulo RFID-RC522

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 9-3. Especificaciones técnicas del módulo RFID

Módulo lector de RFID RC522 MIFARE	
Frecuencia de etiqueta	13.56 Hz
Corriente de funcionamiento	13-26 mA
Voltaje de funcionamiento	3.3 V
Corriente de inactividad	10 – 13 mA
Voltaje de inactividad	3.3 V
Corriente máxima	<30 mA
Ancho	40 mm
Longitud	60 mm
Velocidad de transmisión	10 Mb/s

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Grupo Electrostore, 2023

3.3.1.5 Interfaz de visualización HMI

Para mostrar la información necesaria para el conductor y la configuración de sus datos, se requiere una interfaz gráfica, a través del cual se lleva a cabo la interacción entre el usuario y el

prototipo. En base a los requerimientos y para un manejo más amigable de fácil acceso, se eligió un componente HMI Nextion que se puede observar en la Ilustración 11-3.

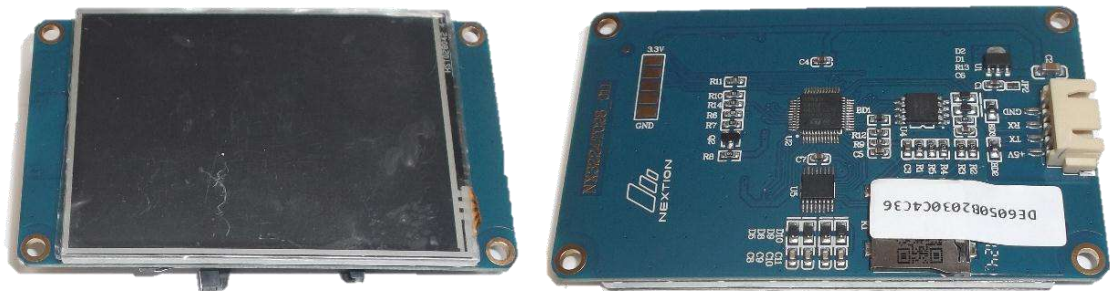


Ilustración 11-3. HMI Nextion utilizado en la implementación, vista frontal y trasera.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Permite la conexión serial entre Arduino y el HMI. Esta pantalla HMI posee una interfaz propia de programación, *Nextion Editor* para realizar el diseño gráfico para el control y monitoreo del sistema en el cual se desee instalar (Novatronic, 2020).

Tabla 10-3. Especificaciones técnicas HMI Nextion NX3224TD28

HMI Nextion NX3224TD28	
Ancho	49.8 mm
Longitud	85 mm
Profundidad	5.8 mm
Resolución	320x240 pixeles
Vida útil de retroiluminación	> 30000 horas
Brillo	180 nits
Voltaje de funcionamiento	5 V
Corriente de funcionamiento	65 mA
Voltaje de alimentación	5 V
Corriente de alimentación	500 mA
Velocidad de transmisión	9600 bps
Modo de puerto serie	TTL
Puerto serial	4 pines_2.54 mm
Tipo de tarjeta SD	FAT 32 hasta 32 GB
Memoria Flash	4 MB para almacenar imágenes
Memoria RAM	3584 BYTE para almacenar variables

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Grupo Electrostore, 2023

3.3.1.6 Tarjeta Micro SD ADATA

Para la gestión de los datos del conductor y de su vehículo, se configura desde un ordenador en la tarjeta MicroSD, la cual será leída y la información será extraída por la tarjeta de desarrollo para ser visualizada en el HMI. La tarjeta utilizada se muestra en la Ilustración 12-3.



Ilustración 12-3. Tarjeta SD para la lectura de datos.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 11-3. Especificaciones técnicas Micro SD ADATA

Parámetros	Descripción
Capacidad	16 GB
Tarjeta flash	MicroSDHC
Velocidad de lectura	14 MB/s
Velocidad de escritura	5 MB/s
Voltaje de entrada	2.7 – 3.6 V
Ancho	15 mm
Longitud	11 mm
Profundidad	1 mm
Plug and Play	Si

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Kingston Technology, 2018

3.3.1.7 Módulo lector de tarjeta SD

Diseñado para tener un acceso a la memoria SD en estado SPI, teniendo señales que se encuentran etiquetadas con su *tag* respectiva en el bus de comunicaciones, los cuales permiten conectar el módulo con un Arduino, además, posee un regulador para trabajar con una alimentación de 5 o 3.3 V (Naylamp, 2022).

El funcionamiento de este módulo, el cual se muestra en la Ilustración 13-3, permite leer la información almacenada en la tarjeta, la misma que será visualizada a través del sistema de

visualización. Para gestionar los datos que serán extraídos desde la tarjeta, se retirara la tarjeta del módulo y se lo configurara en un ordenador.



Ilustración 13-3. Módulo lector de tarjeta SD #SKU: 000035

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 12-3. Especificaciones del módulo lector

Modulo lector de memoria SD #SKU: 000035	
Corriente de funcionamiento	10 mA
Voltaje de funcionamiento	3.3 V – 5 V
Interfaz	SPI
Pines	MOSI, MISO, SCK, CS

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Naylamp, 2022.

3.3.1.8 Buzzer

En cuanto a la alerta para el conductor, una vez que la velocidad máxima se haya excedido será encendida e indicara que debe tener en cuenta la reducción de la velocidad. Para este sistema de alarma se utiliza un *buzzer* que sirve de transductor, encargado de emitir un zumbido cuando se suministre con una alimentación de corriente (A., 2019).



Ilustración 14-3. Buzzer utilizado para el prototipo de dispositivo.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Una vez que la velocidad sea excedida, a través del Arduino nano se envía una señal continua de corriente para activar el *buzzer* de acuerdo con la programación desarrollada. En la Tabla 13-3 se detallan las especificaciones de este dispositivo electrónico.

Tabla 13-3. Especificaciones del *Buzzer*

Buzzer activo (5V)	
Voltaje nominal	5V
Voltaje de funcionamiento	4 – 8 V
Corriente nominal máxima	< 32 mA
Salida de sonido a 10 cm	85 dB
Frecuencia de resonancia	2300 ± 300 Hz
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a 45 °C
Dimensiones	9.16 x 11.78 mm
Peso	1.6 gramos

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Grupo Electrostore, 2023

3.3.1.9 Baterías de alimentación

Para determinar el tipo de batería y su capacidad, se consideró el consumo de cada componente, así se puede establecer una batería adecuada y que pueda abastecer al sistema sin causar fallas en su funcionamiento. A continuación, se muestra en la Tabla 14-3 el consumo ideal del sistema.

Tabla 14-3. Consumo total de corriente ideal de los componentes del sistema

Componente	Corriente de funcionamiento	Unidad
Arduino Nano	200	mA
Arduino Pro Mini	320	mA
Shield GSM y GPS SIM808	100	mA
Módulo lector RFID RC522 MIFARE	19.5	mA
Módulo lector de memoria SD	10	mA
HMI Nextion NX3224TD28	65	mA
Buzzer	32	mA
Led RGB	20	mA
Led (Indicador de SMS)	20	mA
Led (Indicador de RFID)	20	mA
Consumo total	806.5	mA

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Naylamp, 2022; Grupo Electrostore, 2023

De acuerdo con los datos de consumo mostrados en la Tabla 14-3, se determina que el consumo del prototipo es de 806.5 mA, razón por la cual se tomaron unas baterías que cumplan con la demanda solicitada por el conjunto de componentes para la autonomía requerida. En la Ilustración 15-3 se puede observar las baterías que se utilizaron.



Ilustración 15-3. Baterías de Litio utilizadas

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

En cuanto a las especificaciones de las baterías se detallan en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3. Especificaciones principales de la batería de litio.

Batería de Litio	
Capacidad Ampere	8800 mAh
Capacidad Voltaje	4.2 V
Largo	650 mm
Ancho	130 mm

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Metrobas. 2023

Para determinar que la autonomía de la batería seleccionada coincida con el requerimiento establecido en el capítulo 3, se realizó a través del cálculo con la ecuación 1.

$$h = \frac{Vb * Ib}{Vb * Ic} \tag{1}$$

Donde:

(h) duración en horas de la batería

(Vb) voltaje de la batería

(Ib) corriente de la batería

(Ic) corriente total de consumo

A partir del cálculo con los datos obtenidos y la resolución de la ecuación 1, se determinó que la duración de las baterías es de 10 horas, cumpliendo así con los parámetros establecidos para el prototipo.

3.3.1.10 Sistema de alimentación

Para suministrar de energía al dispositivo, la alimentación será a través de la batería del auto, mediante su adaptador de 12V, el cual distribuye de forma continua su energía hacia las baterías a través de un módulo de protección de carga y regulador de voltaje, este último se muestra en la Ilustración 16-3.



Ilustración 16-3. Regulador de voltaje

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2021

Las especificaciones del regulador se muestran en la Tabla 16-3.

Tabla 16-3. Especificaciones relevantes del módulo regulador para Arduino

Módulo Regulador Step Up XL6009	
Voltaje de entrada	3.7V – 32V (DC)
Voltaje de salida	5V – 35V (DC) Ajustable
Corriente máxima de entrada	4A
Corriente máxima de salida	3A
Potencia de salida	10W
Eficiencia	94%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Naylamp Mechatronics, 2021

3.3.1.11 Módulo de protección y regulación de carga

Para la protección del dispositivo se utilizó un módulo de BMS de 3 celdas para mantenerlo sin alteraciones de voltaje o picos de corriente que se puedan generar al estar conectado a la fuente del vehículo. El módulo utilizado se puede observar en la Ilustración 17-3.

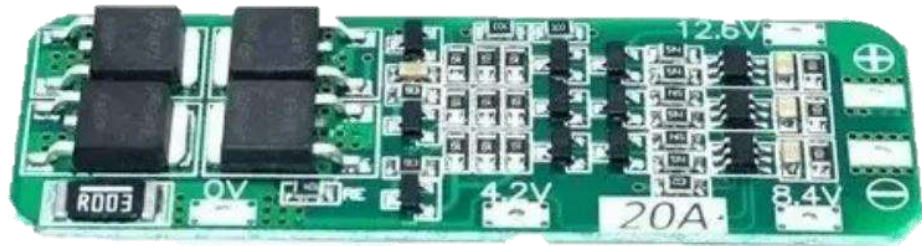


Ilustración 17-3. Módulo utilizado para la protección de las baterías y suministro de energía

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Juca, C.; Tarco D. 2022

Las especificaciones de este módulo se detallan en la

Tabla 17-3.

Tabla 17-3. Especificaciones técnicas del módulo de protección.

Módulo Protección Para 3 Li-ion 18650 Bms 3 Celdas	
Voltaje de entrada	12.6 – 13.6 V
Rango de protección de sobrecarga por celda	4.25V a 4.35V +/- 0.05V
Rango de protección de sobre descarga por celda	2.30V a 3.0V +/- 0.05V
Corriente de trabajo máxima (Carga y descarga)	20A
Protección sobre corriente	40A
Dimensiones	59 x 20 x 3.4 mm

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Walfront, 2022

3.4. Esquema de conexiones

Para los bloques detallados en la arquitectura mostrados en la Ilustración 1-3, les corresponde un número de entradas y salidas determinadas para cada placa utilizada, Arduino UNO y Arduino pro Mini, los cuales se observan en la Ilustración 18-3. Para la placa Arduino Nano se llevaron a cabo las conexiones para el bloque de identificación, alarmas, la botonera de control, bloque de visualización y de comunicación; mientras que, para el Arduino Pro Mini, utiliza los puertos SS, MISO, MO-SI y SCK, los cuales son usados para conectar el módulo de lectura por MicroSD.

Para desarrollar el esquema de conexiones del prototipo propuesto, se utilizó el software Proteus 8. En los siguientes apartados se muestran los esquemas de conexión de los bloques mencionados.

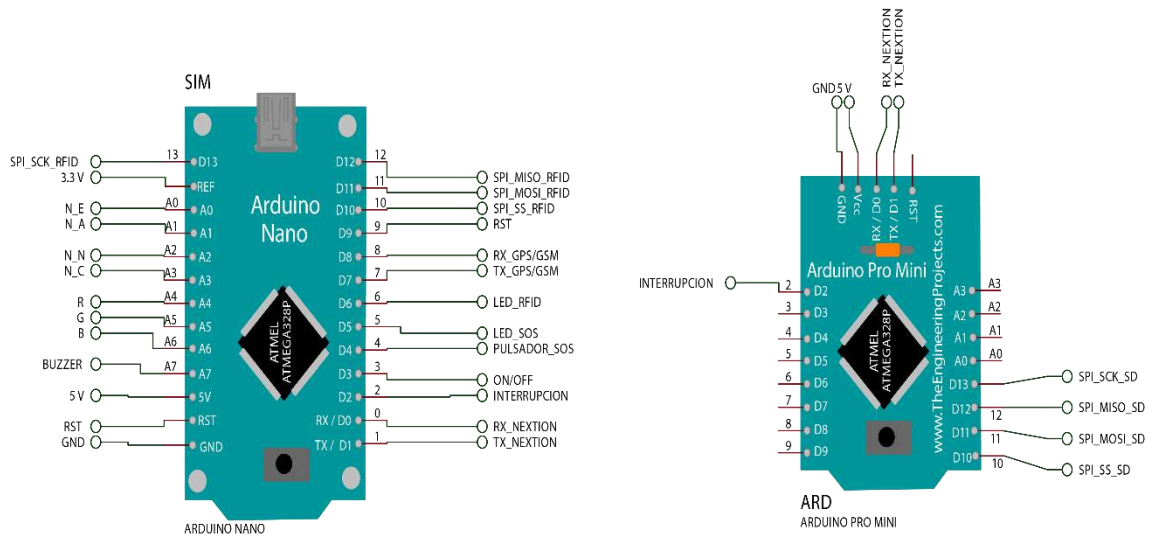


Ilustración 18-3. Diagrama de conexiones desde las tarjetas, (Arduino Nano y Arduino Pro Mini) hacia los componentes.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Las conexiones que se encuentran establecidas para cada tarjeta de control se encuentran especificadas a continuación; en la Tabla 18-3 para el Arduino nano y en la Tabla 19-3 para el Arduino pro Mini.

Tabla 18-3. Especificaciones de las conexiones para Arduino Nano.

Pin E/S	Nombre	Descripción
RX/D0	RX_NEXTION	Establece la comunicación serial de recepción entre el Arduino y el HMI.
TX/D1	TX_NEXTION	Establece la comunicación serial de transmisión entre el Arduino y el HMI.
D2	INTERRUPCION	Genera una interrupción en la tarjeta y provoca que el sistema reinicie sus funciones.
D3	ON/OFF	Permite encender y apagar el dispositivo, cortando el paso de energía desde la alimentación.
D4	PULSADOR_SOS	Al ser presionado envía un mensaje de alerta o auxilio.
D5	LED_SOS	Muestra que el estado de emergencia ha sido accionado.
D6	LED_RFID	Indica que la autenticación ha sido completada con éxito.
D7	TX_GSM/GPS	Establece la comunicación serial de transmisión entre el Arduino y el módulo GSM/GPS.
D8	RX_GSM/GPS	Establece la comunicación serial de recepción entre el Arduino y el módulo GSM/GPS.
D9	RST	Para el módulo lector RFID, utiliza el puerto de <i>Reset</i> configurado y realiza la función descrita.
D10	SPI_SS_RFID	Establece la comunicación SPI SS entre el módulo RFID y el Arduino.
D11	SPI_MOSI_RFID	Establece la comunicación SPI MOSI entre el módulo RFID y el Arduino.

D12	SPI_MISO_RFID	Establece la comunicación SPI MISO entre el módulo RFID y el Arduino.
D13	SPI_SCK_RFID	Establece la comunicación SPI SCK entre el módulo RFID y el Arduino.
REF	3.3 V	Utilizado para alimentar al módulo RFID con un voltaje de 3.3V.
A0	N_E	Configurado en el programa como entrada digital, para seleccionar la Norma Europea de descansos.
A1	N_A	Configurado en el programa como entrada digital, para seleccionar la Norma Americana de descansos.
A2	N_N	Configurado en el programa como entrada digital, para seleccionar la Norma Mexicana de descansos.
A3	N_C	Configurado en el programa como entrada digital, para seleccionar una norma que pueda ser configurada o dar paso a una futura norma ecuatoriana de descansos. Configuración de pin no especificada en el programa.
A4	R	Salida digital programada para enviar un dato de color rojo al led RGB y mostrar un nuevo color.
A5	G	Salida digital programada para enviar un dato de color verde al led RGB y mostrar un nuevo color.
A6	B	Salida digital programada para enviar un dato de color azul al led RGB y mostrar un nuevo color.
A7	BUZZER	Salida digital programada hacia el pin para encender el BUZZER.
5V	5 V	Alimentación de 5V para los componentes del dispositivo.
RST	RST	Pin de <i>Reset</i> para el Arduino.
GND	GND	Toma de puesta a tierra desde el Arduino hacia los componentes.

Realizados por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 19-3. Especificaciones de las conexiones para Arduino pro Mini.

Pines	Nombre	Descripción
RX/D0	RX_NEXTION	Establece la comunicación serial de recepción entre el Arduino y el HMI.
TX/D1	TX_NEXTION	Establece la comunicación serial de transmisión entre el Arduino y el HMI.
D2	INTERRUPCION	Genera una interrupción en la tarjeta y provoca que el sistema reinicie sus funciones.
D10	SPI_SS_RFID	Establece la comunicación SPI SS entre el módulo lector de MicroSD y el Arduino.
D11	SPI_MOSI_SD	Establece la comunicación SPI MOSI entre el módulo lector de MicroSD y el Arduino.
D12	SPI_MISO_SD	Establece la comunicación SPI MISO entre el módulo lector de MicroSD y el Arduino.

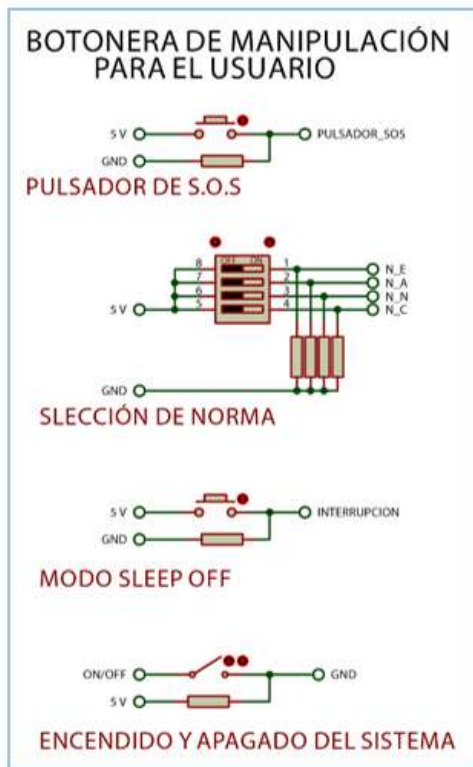
D13	SPI_SCK_SD	Establece la comunicación SPI SCK entre el módulo lector de MicroSD y el Arduino.
5V	5 V	Alimentación de 5V para los componentes del dispositivo.
GND	GND	Toma de puesta a tierra desde el Arduino hacia los componentes.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

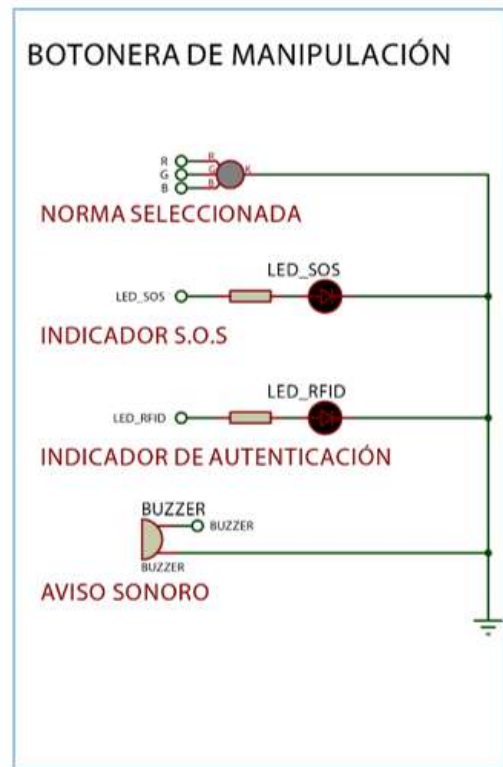
3.4.1. Conexiones de la botonera y el bloque de alarmas

Botonera. – Las conexiones correspondientes a este bloque, si bien no muestran un grado complejo en lo que respecta a su conexión, cada una está conectada a componentes de fácil manipulación como dos pulsadores, uno para activar la interrupción del Arduino y otro para emitir la alarma de SOS, un switch para encender o apagar el dispositivo y un *dip switch* para seleccionar la norma bajo la cual trabajara el conductor y tomara sus descansos. Estas entradas son conectadas a los pines digitales del Arduino Nano.

Alarmas. – Para las alarmas se utilizaron leds de aviso, un RGB para mostrar la norma seleccionada, dos *LED* comunes para indicar que la autenticación se completó y otro para indicar que la alarma SOS fue accionada; mientras que el *Buzzer* informa al conductor que su descanso a finalizado y debe retomar sus actividades. Al igual que la botonera de mando, estas conexiones son llevadas con salidas digitales de la tarjeta de desarrollo.



(a)



(b)

Ilustración 19-3. (a) Conexiones de la botonera de control, y (b) Conexiones del bloque de alarmas.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.4.2. Conexiones del bloque de lectura e identificación RFID

Para estos bloques, se presenta una característica común entre estos, utilizan una comunicación por puertos SPI, los cuales son unidireccionales para cada módulo conectado, razón por la cual se utilizaron dos tarjetas de desarrollo Arduino. En la Ilustración 20-3 se puede observar el bloque de lectura del prototipo se conectó hacia el Arduino Pro Mini, utilizando sus puertos SPI y conectado directamente a sus entradas correspondientes; mientras que el bloque de identificación se conecta a los puertos SPI del Arduino Nano. Para la alimentación de estos módulos se la realiza con su respectiva tarjeta hacia su salida de voltaje y salida de puesta a tierra.

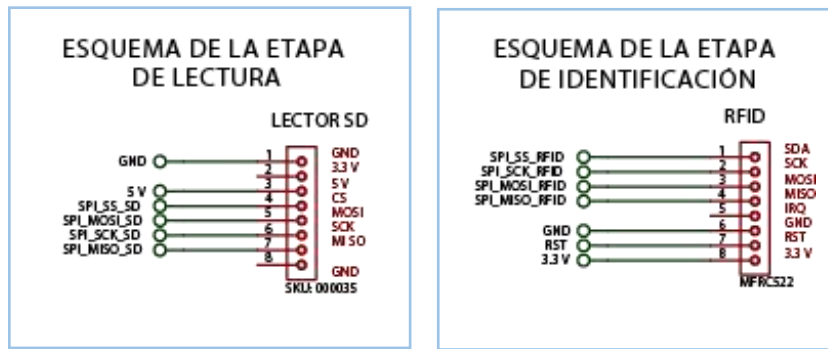


Ilustración 20-3. Esquema de las etapas de lectura de la tarjeta SD y autenticación por RFID.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.4.3. Conexiones del bloque de visualización y de comunicación

Para visualizar la información se utiliza una comunicación serial entre el Arduino Nano y el HMI a través de los puertos RX y TX de la tarjeta de desarrollo, conectada hacia los pines del visualizador como se observa en la Ilustración 21-3, mientras que para que exista una salida y entrada de información del prototipo a través del bloque de comunicación, se configuran los pines digitales 7 y 8 del Arduino Nano como RX y TX para conectarlo con la tarjeta SHIELD SIM808 que lleva a cabo la comunicación del dispositivo.

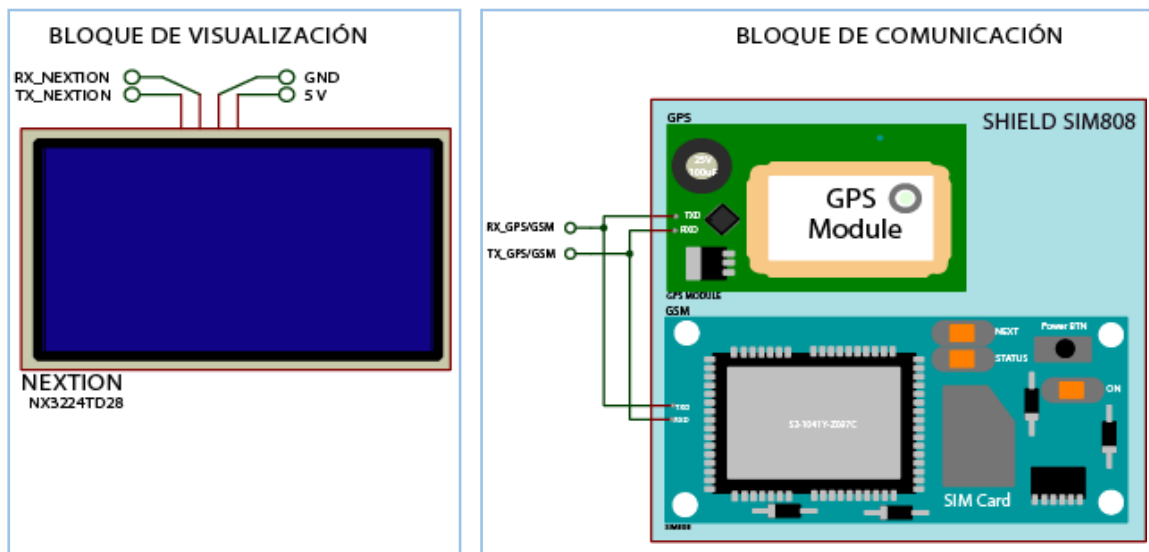


Ilustración 21-3. Esquema de conexiones del bloque de visualización y de comunicación.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.5. Diseño de software de desarrollo para el prototipo

3.5.1. *Arduino IDE*

La versión utilizada es 2.0.3; su interfaz está conformada por: el editor de código, compilador, depurador. Es de uso libre y código abierto; el lenguaje de programación que se ha usado es una adaptación de C++, derivado de AVR-LIBC (Arduino, 2022).

Para el diseño del algoritmo del dispositivo se hace uso de varias librerías las cuales se describen a continuación:

3.5.1.1. *Librerías para el uso del módulo RFID*

MFRC522.h

Compatible con tarjetas de desarrollo Arduino y módulos electrónicos basados en RFID RC522. Permite la lectura y escritura de tarjetas de identificación por radiofrecuencia utilizando un lector RC522 el cual puede ser conectado mediante *SPI*. En Balboa (2022) está disponible la librería y su documentación técnica.

3.5.1.2. *Librerías para el uso del módulo de Lector SD*

SD.h

Utilizada para iniciar la lectura y escritura en una memoria SD, la cual permite el manejo de ficheros y directorios bajo un objeto denominado SD o el objeto File (Llamas, 2016). Esta librería permite obtener la información ingresada y almacenarla en un fichero, para luego ser ejecutada a través de una comunicación *SPI*.

3.5.1.3. *Librerías para el uso del módulo GPS/GSM*

La librería para el registro de información de velocidad se lo realiza mediante GPS, aplicando el posicionamiento con latitud y longitud. Por otro lado, la comunicación inalámbrica de GSM para el envío de la información definida en el apartado de *Concepción de la arquitectura del sistema*, hace uso de SMS para los cuales se debe integrar la librería que permite enviar y recibir mensajes, llamadas telefónicas y conectarse a la red GPRS.

TinyGPSPlus.h

Empleada para facilitar el análisis de la información proporcionada por el módulo electrónico GPS en forma de frases NMEA, las cuales hacen referencia al estándar utilizado para obtener: posición, velocidad, latitud, longitud, etc. Hart (2022) detalla la compatibilidad y documentación para la implementación de esta librería.

GSM.h

Se encarga de incluir los comandos al *radio modem*, manejando los aspectos de conectividad y registrando en el sistema la infraestructura *GSM* es necesario integrarlo para operar la comunicación de bajo nivel. De acuerdo con el requerimiento la librería permite diferentes funcionalidades dependiendo de la clase; para el envío y la recepción de mensajes *SMS* se realiza por la clase *GSM_SMS*. (Arduino, 2022)

3.5.1.4. Librería para el uso del HMI Nextion

La interacción humana – maquina es la forma más interactiva en la cual se puede manipular los objetos por las cuales está conformado. Para comunicarse entre el HMI y la tarjeta de desarrollo se necesita incluir una librería específica:

Nextion.h

Permite la existencia de la comunicación serial entre la tarjeta de desarrollo y el HMI Nextion. La versión usada es 2.0.2. Puede usarse en para Arduino uno, nano y esp8266. Esta librería está disponible en (Rodrigues, 2020).

3.5.1.5. Librería para el ahorro de energía

Estado en el cual la tarjeta de desarrollo lleva a sus componentes a consumir una menor cantidad de energía reduciendo el consumo a la vez que limita de ciertas funciones y solo trabajará con las principales.

LowPower.h

Librería que permite implementar el modo de bajo consumo en cualquier tarjeta de desarrollo de la familia Arduino. El comando usado es: “*LowPower.powerDown(SLEEP_8S, ADC_OFF, BOD_OFF)*”. Para despertar al Arduino se puede utilizar tres maneras: interrupción externa, *timer* o *WDT*, puerto serial (Rocketscream, 2022).

3.5.2. Nextion Editor

Software utilizado para el diseño de interfaces gráficas de usuario para dispositivos integrados, empleando pantallas de tipo TFT y paneles táctiles.

Los objetos utilizados para la creación de la interfaz gráfica se detallan a continuación:

Picture

Permitió que cualquier recurso de imagen se muestre en el componente objeto, útil para representar secuencias. (ITEAD STUDIO, 2011)

Button

A través de él se pueden realizar acciones en cualquiera de sus dos estados, presionado o soltar, depende como se programó. (ITEAD STUDIO, 2011)

Text

Fue usado para presentar caracteres de tipo alfanumérico, este objeto es de solo lectura. (ITEAD STUDIO, 2011)

Number

Pudo representar valores enteros de 32 bits con signo, no admite valores flotantes y los formatos permitidos de escritura son entero y hexadecimal. (ITEAD STUDIO, 2011)

Waveform

Permitió trazar puntos de datos con los ejes, en hasta cuatro canales. (ITEAD STUDIO, 2011)

El diseño de las 13 páginas del HMI, realizado se adjunta en el Anexo C.

3.6. Etapas de funcionamiento y diagrama de flujo

Etapa de autenticación y configuración

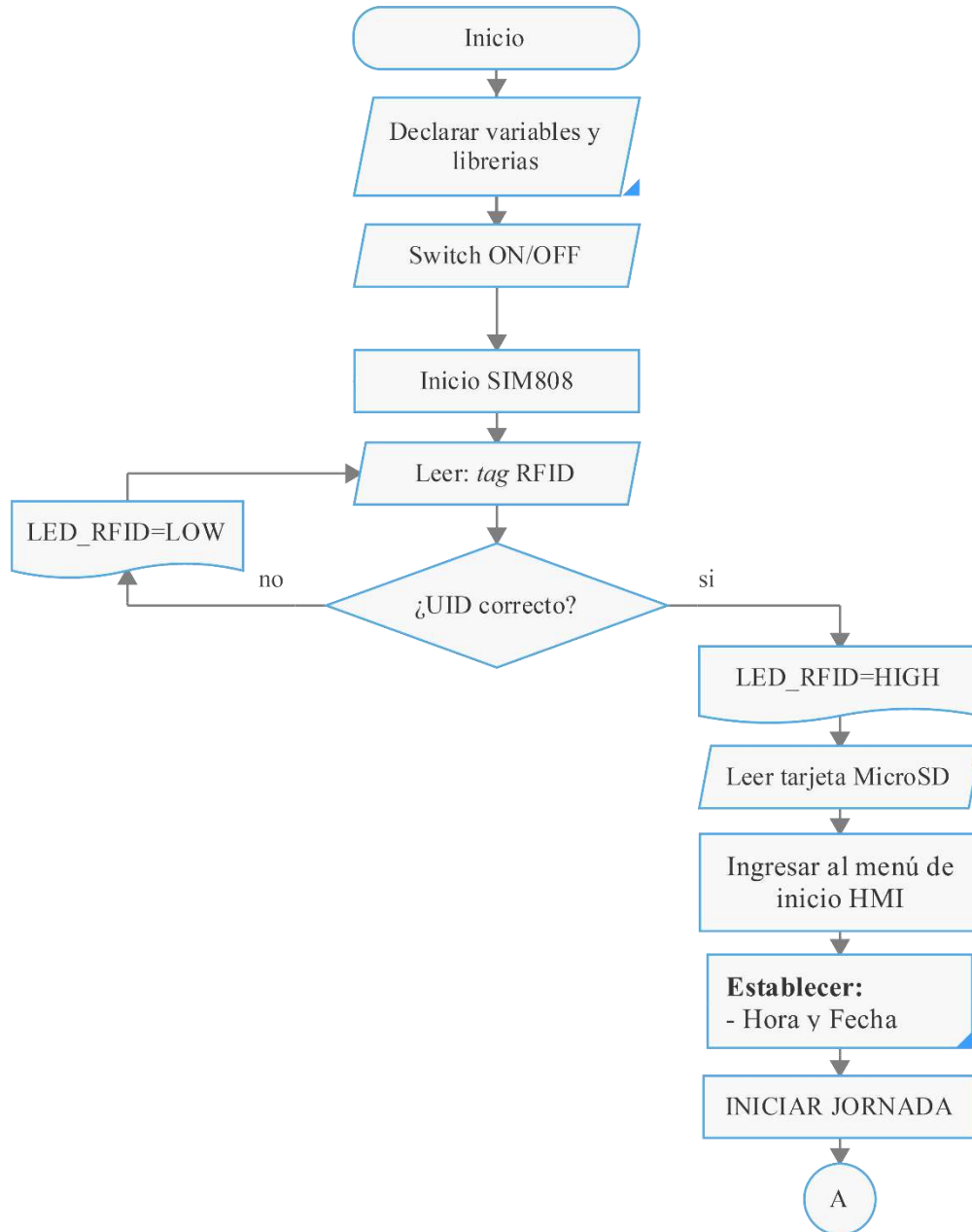


Ilustración 22-3. Primera etapa del diagrama de flujo del programa de funcionamiento.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Etapa de inicio de jornada según la norma seleccionada y obtención de datos GPS

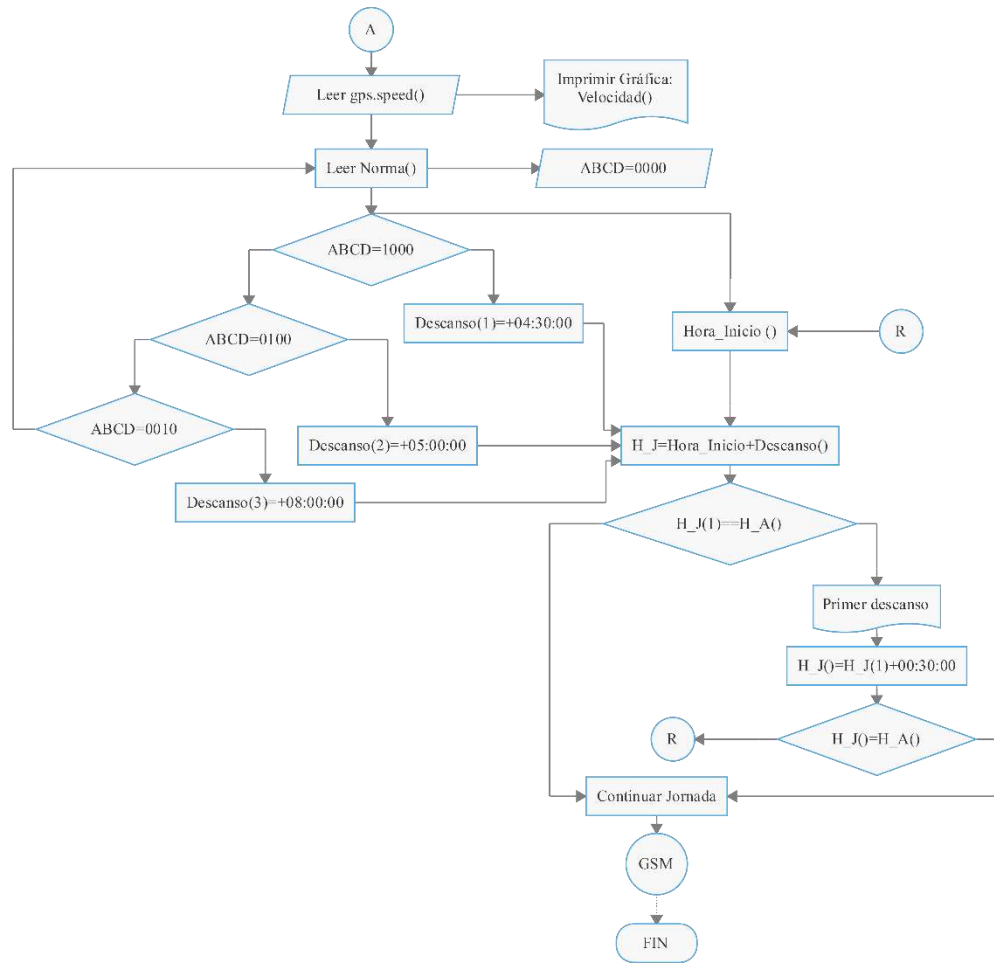


Ilustración 23-3. Segunda etapa del diagrama de flujo del programa de funcionamiento

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Etapa de comunicación; envío y recepción de SMS de control y alerta

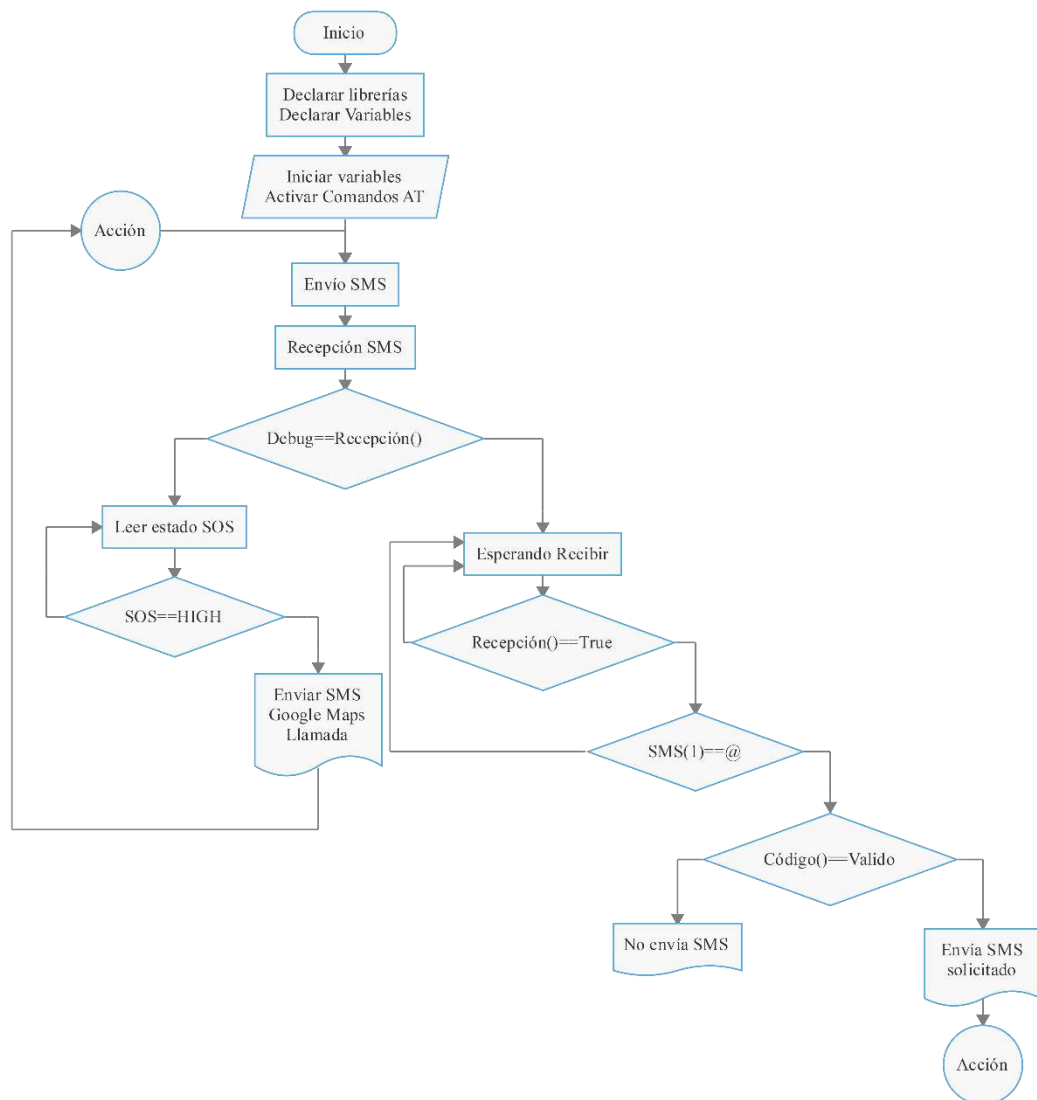


Ilustración 24-3. Etapa del diagrama de flujo del bloque de comunicación

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.7. Diseños del prototipo

Para desarrollar el prototipo se llevaron a cabo los diseños de la PCB con los componentes que requeridos en el esquema de conexiones, así también elaborar la estructura de manera que pueda ir de acorde a las dimensiones adecuadas para un correcto funcionamiento y fácil manipulación.

3.7.1. Placa PCB para los componentes

Una vez que se ha completado los diagramas de conexión, tanto en simulación como el funcionamiento de cada sensor y actuador en un *protoboard* para probar los esquemas y diagramas realizados. En la Ilustración 25-3 se puede observar el diseño realizado, en el cual se muestran los pines de ingreso de información, conexión de sensores, componentes actuadores y de visualización.

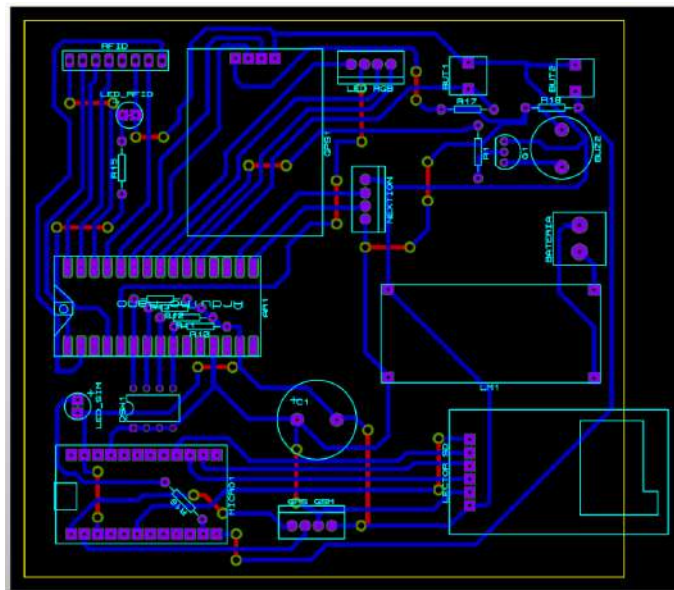


Ilustración 25-3. Diseño de la placa PCB para el prototipo

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

El diseño fue realizado en el programa Proteus 8, en el cual, además de llevar a cabo la pista, también se desarrolló el esquema de conexiones.

Realizando un dimensionamiento en realidad aumentada con la herramienta de Proteus, se pudo obtener una primera impresión del diseño, la cual se puede observar en la Ilustración 26-3 e Ilustración 27-3.

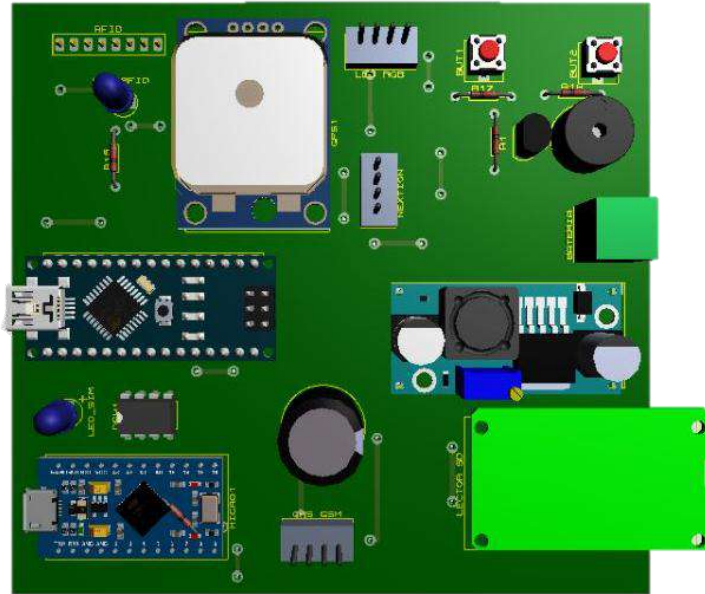


Ilustración 26-3. Visualización en realidad aumentada del esquema diseñado (vista superior).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

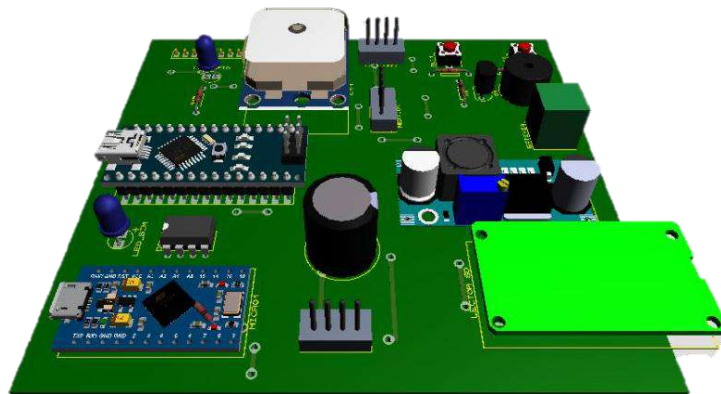


Ilustración 27-3. Visualización en realidad aumentada del esquema diseñado (Vista frontal con inclinación).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Una vez que los diseños en el simulador se completaron y llevaron a cabo para añadir los componentes de manera óptima para el montaje en la estructura, se procedió con la impresión del diseño y en la Ilustración 28-3 e Ilustración 29-3 se puede observar la pista final con los elementos listos para funcionar.

3.7.2. Estructura del prototipo

El diseño estructural del prototipo fue dimensionado de acuerdo con los requerimientos planteados, en el cual se debe incluir los componentes internos, sensores, baterías y módulo de protección dentro del mismo. A su vez, los elementos de visualización, antenas de transmisión de información e indicadores sean debidamente posicionados para manipular el dispositivo de manera fácil y que la comunicación inalámbrica sea correcta y no haya pérdida de información.

En

la

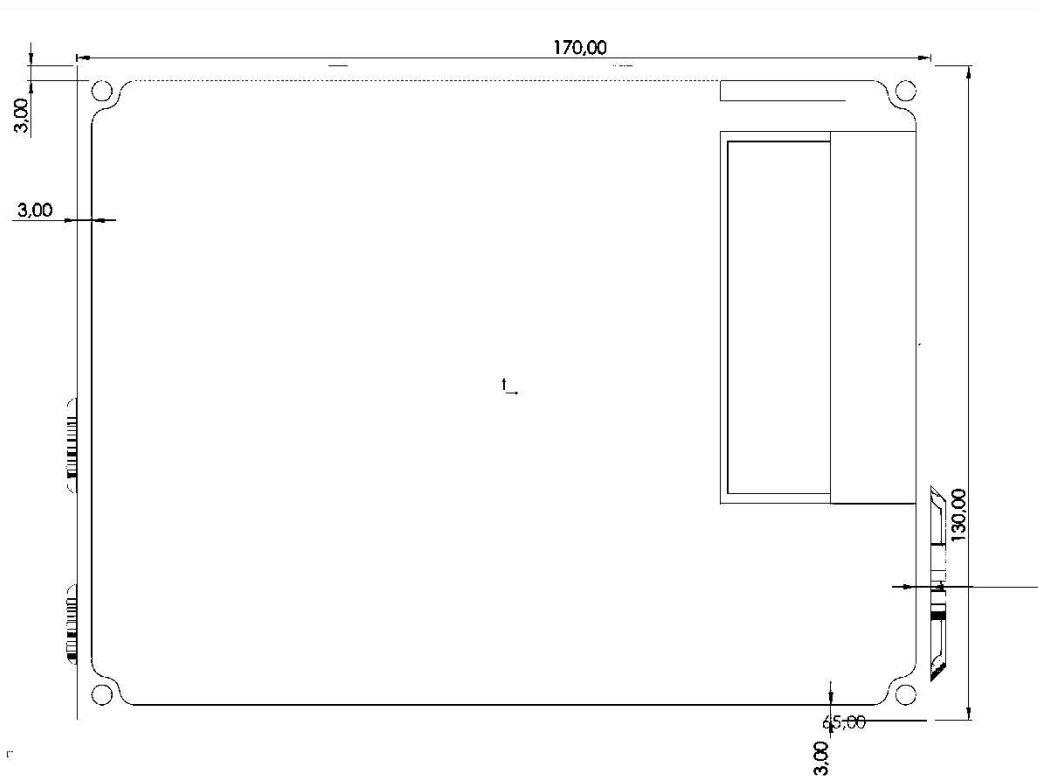


Ilustración 30-3 e Ilustración 31-3 se puede observar el diseño de las tapas del módulo y en la Ilustración 31-3. Estructura diseñada para el prototipo en vista lateral.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 20-3 se especifican las dimensiones de este, las cuales fueron realizadas para compactar el dispositivo y no sea invasivo a la vista del conductor, pero a su vez, sea de fácil manejo y ubicación dentro de la cabina, además de incluir todos los componentes utilizados de manera que sus funciones no se vean interrumpidas.

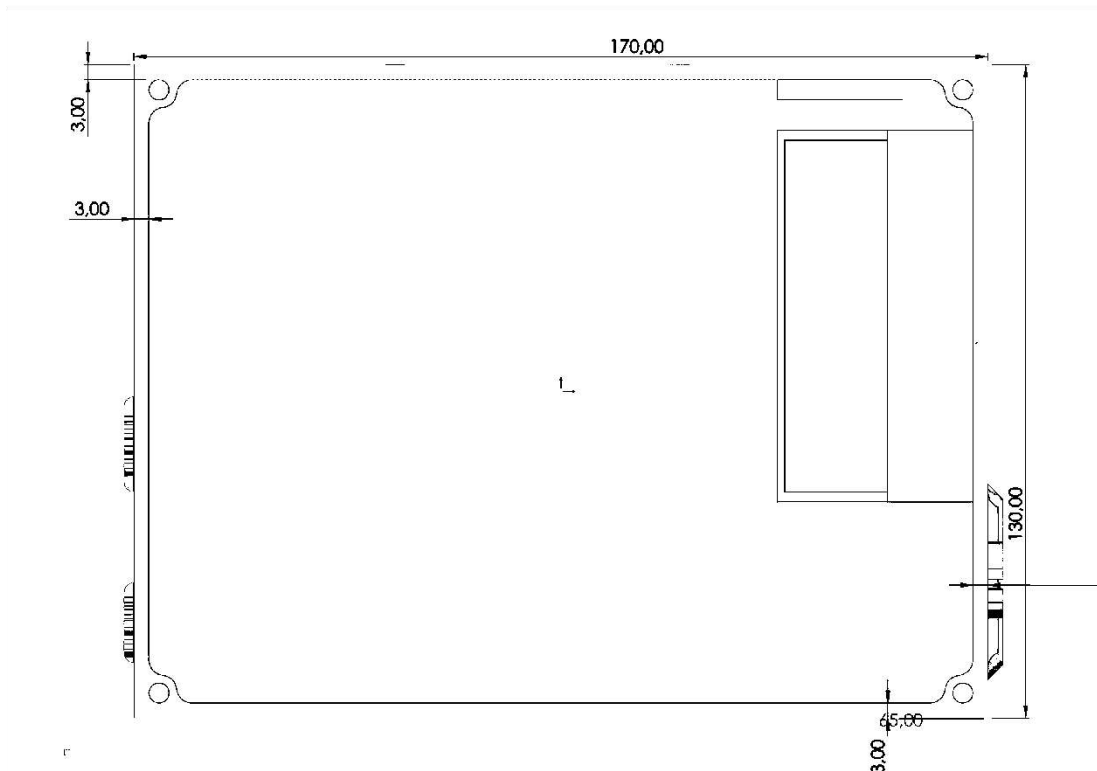


Ilustración 30-3. Estructura diseñada para el prototipo en vista superior e inferior.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

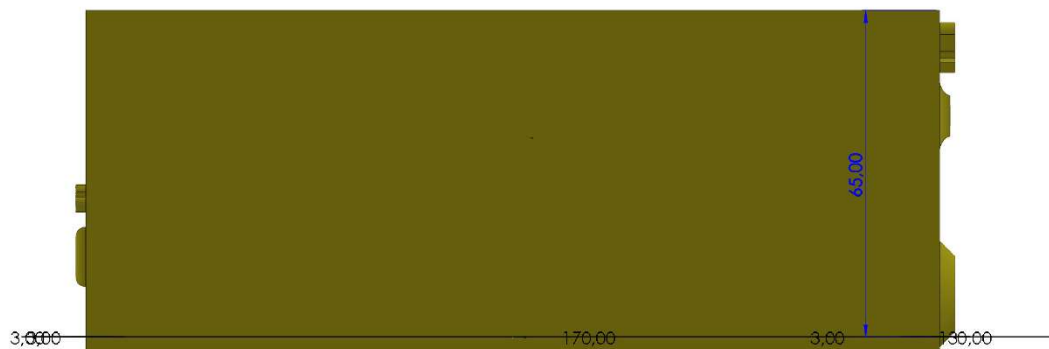


Ilustración 31-3. Estructura diseñada para el prototipo en vista lateral.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tabla 20-3. Dimensiones de la estructura del prototipo.

Medida	Tamaño
Largo	17 cm
Ancho	13 cm
Altitud	6.5 cm

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

El diseño final, llevando a cabo el ensamble de las piezas diseñadas se lo puede observar en la Ilustración 32-3, en la cual se tiene a manera de simulación todo el esquema realizado como prueba de diseño.

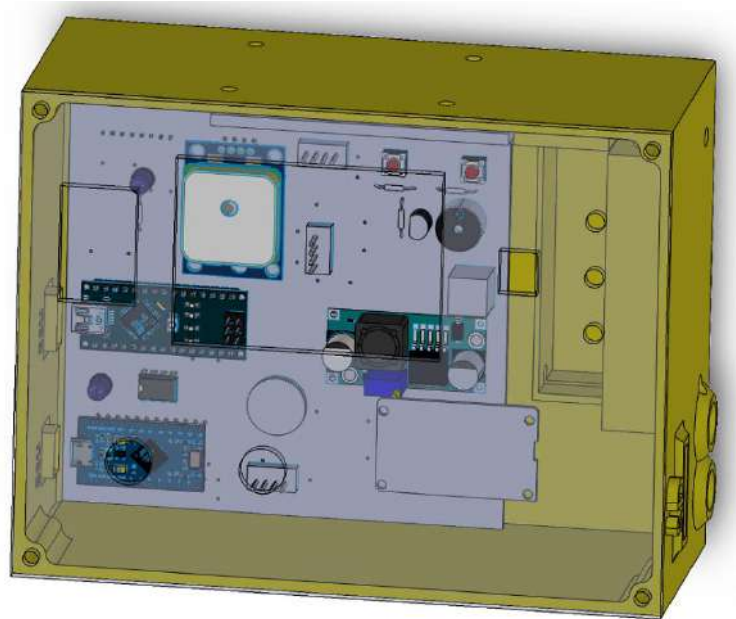


Ilustración 32-3. Diseño en 3D de la estructura del prototipo.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

3.8. Ensamble del prototipo

Una vez que el diseño fue realizado, la impresión de las piezas, tanto de la parte frontal como la estructura restante, fueron realizadas en materiales adecuados para que funcionen de manera efectiva y el funcionamiento de sus componentes sea óptimo.

El material implementado para la impresión de la parte frontal fue acrílico ahumado, mientras que para la estructura de las capas restantes, el material usado fue PLA, filamento utilizado para la impresión de 3D, el cual presenta características como resistencia a la humedad, grasa, presenta una elasticidad elevada y su nivel de inflamabilidad es considerablemente bajo.

CAPÍTULO IV

4. VALIDACIÓN DE PROTOTIPO

En este capítulo se abordan las pruebas realizadas por cada sensor y actuador utilizado, evaluando el desempeño de cada uno de ellos para su respectiva validación, estabilidad, comunicación, integridad de los datos, red inalámbrica, mensajes de alerta, consumo de energía, carga-descarga y el funcionamiento bajo condiciones reales del dispositivo electrónico.

En la Ilustración 1-4 se puede observar el prototipo a evaluar, mismo que se puede considerar como un módulo compacto constituido por un sistema de visualización, comunicación inalámbrica e identificación RFID, autonomía y alimentación de energía.



Ilustración 1-4. Prototipo realizado.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

4.1. Consideraciones generales

La validación del prototipo se realizó a través de pruebas de los elementos que permiten obtener datos reales mediante conexión inalámbrica, siendo éstos los que pueden presentar errores y se requiere precisen la recopilación de información. Para esto, a través de la recopilación de varias muestras se obtuvieron a través de la medición de un conjunto de pruebas bajo un mismo escenario (Santo, y otros, 2018).

Para determinar la precisión de un dispositivo se lo puede realizar a través del coeficiente de variación (CV), el cual se puede obtener a través de la ecuación 2.

$$CV = \left(\frac{\sigma}{\bar{X}} \right) * 100\% \quad (2)$$

De la cual se tiene que:

σ : es la desviación estándar

\bar{X} : media de las muestras

La desviación estándar se puede hallar mediante la ecuación 3:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (3)$$

En la cual:

X_i : Observación número i de la variable X

\bar{X} : media de la variable X

N: Numero de observaciones

En cuanto a las pruebas de estabilidad de un dispositivo, de acuerdo con (Portuondo Paisan, y otros, 2010), establecen que al menos 10 muestras son requeridas, teniendo en cuenta que si estos son menores al 5%, serán tomados como óptimos; y si se encuentran en un porcentaje mayor a 5% y menor al 10%, los resultados son aceptables (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2008).

Para una muestra adquirida, se tiene que un valor medido será más exacto cuando más próximo este del valor real (Santo, y otros, 2018). Este valor de exactitud se puede encontrar a través del error absoluto, definido por la ecuación 4.

$$\Delta X = |X_r - X_m| \quad (4)$$

Donde:

X_r : valor real

X_m : valor medido

De acuerdo con la revisión bibliográfica, para validar un conjunto de pruebas mediante un error absoluto, es requerida una cantidad de 30 muestras, ya que, a mayores muestras, menor será el error y las conclusiones estadísticas serán válidas (Ochoa, 2013).

Además, es necesario de un error relativo porcentual para establecer la validación del dispositivo, debido a que se presenta como un indicador de calidad con respecto a las medidas tomadas y con ello se puede determinar el criterio de calidad presente en los resultados experimentales. La ecuación 5 permite encontrar dicho error (e_r).

$$e_r = \frac{\Delta X}{X_r} * 100 \quad (5)$$

Donde:

ΔX : error absoluto

X_r : valor real

De acuerdo con el estudio realizado por (Santo, y otros, 2018), un error relativo menor al 1% es un buen resultado; y si se encuentra dentro de 5% y 10%, el resultado puede ser tomado como aceptable.

4.2. Validación de sensores

Este apartado tiene como principal objetivo la validación de los sensores que permiten que el dispositivo actúe de manera correcta, de acuerdo con valores obtenidos que permitan un funcionamiento óptimo. Esta es llevada a cabo con ayuda del error relativo mencionado en la ecuación 5.

4.2.1. Validación sensor de posicionamiento GPS

Para la validación del sensor utilizado para medir la velocidad, se utilizó un dispositivo patrón para la toma de muestras que se expone en la Tabla -4, donde se puede observar que existe un error absoluto y relativo para determinar la confiabilidad del sensor.

Tabla 1-4. Análisis del error absoluto y relativo del sensor GPS.

Muestras	Velocidad obtenida (Vehículo) (Km/h)	Velocidad obtenida (Modulo GPS) (Km/h)	Error Absoluto	Error Relativo %
1	40	37	3	7,50%
2	20	22	2	10,00%
3	25	20	5	20,00%
4	20	18	2	10,00%
5	50	47	3	6,00%

6	75	70	5	6,67%
7	60	55	5	8,33%
8	60	54	6	10,00%
9	50	49	1	2,00%
10	60	56	4	6,67%
11	65	61	4	6,15%
12	54	51	3	5,56%
13	50	49	1	2,00%
14	60	57	3	5,00%
15	50	46	4	8,00%
16	63	61	2	3,17%
17	80	78	2	2,50%
18	75	70	5	6,67%
19	62	59	3	4,84%
20	62	60	2	3,23%
21	65	61	4	6,15%
22	60	59	1	1,67%
23	40	39	1	2,50%
24	40	40	0	0,00%
25	43	38	5	11,63%
26	40	37	3	7,50%
27	50	48	2	4,00%
28	43	41	2	4,65%
29	52	48	4	7,69%
30	45	41	4	8,89%
PROMEDIO			± 3.03	6.30%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Realizando un análisis de errores encontrados, se puede observar en el Gráfico 1-4 que existe una pequeña diferencia en cuanto a la velocidad obtenida a través del sensor del dispositivo y la velocidad dada por el tacómetro del vehículo en el cual se llevaron a cabo las pruebas.

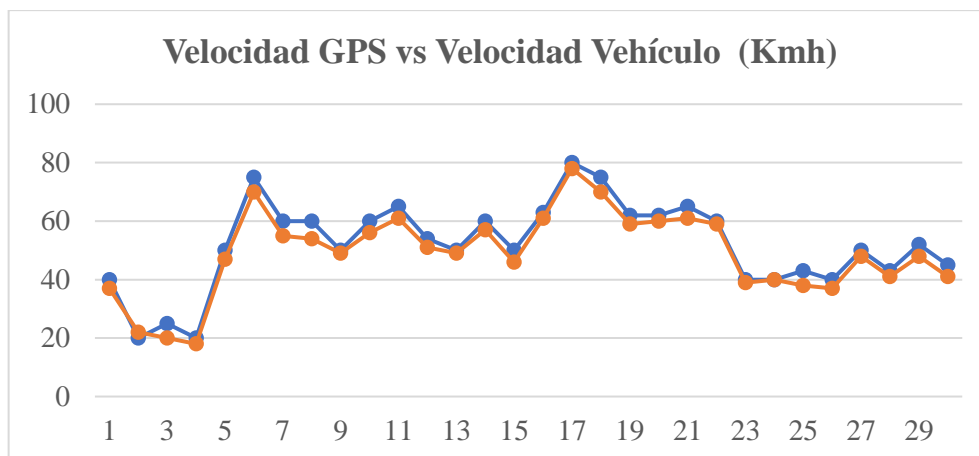


Gráfico 1-4. Datos obtenidos a través del sensor GPS (Línea Naranja) y los medidos por el tacómetro del vehículo (Línea Azul).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

4.2.2. Validación sensor de identificación RFID RC522

Para determinar la validación del sensor de identificación de RFID, se llevaron a cabo pruebas de distancia entre el lector y el tag solicitado para iniciar sesión, las cuales, bajo condiciones reales se pudo determinar que este lector puede obtener el código *tag* hasta una distancia máxima de 3.5cm. Este valor se tomó como patrón para hallar el error de lectura, estableciendo que cada prueba se realizó a esta distancia. En la Tabla 3-4 se detallan los valores obtenidos de la prueba, en la cual se determinó que eficacia de la lectura del *tag* mediante el módulo lector fue, buena, media o baja, para lo cual se consideró la Tabla 2-4.

Tabla 2-4. Consideraciones para la lectura del *tag* RFID

Rangos de lectura	Tiempo de lectura (seg)	Valor dado
Baja	$> 3 \text{ y } \leq 5$	0.25
Media	≤ 3	0.5
Buena	< 1	1

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

De la Tabla 2-4 se puede deducir que se presentan 3 casos en los cuales el RFID es leído, de los cuales a través de una toma de muestras mostrados en la Tabla 3-4 se estableció que el módulo utilizado es válido.

Tabla 3-4. Análisis del error absoluto y relativo del lector RFID.

Muestras	Lectura de código efectuado a 3.5cm	Error Absoluto	Error Relativo %
1	1	0	0%
2	1	0	0%
3	1	0	0%
4	1	0	0%
5	1	0	0%
6	1	0	0%
7	1	0	0%
8	1	0	0%
9	0.25	0.75	75%
10	1	0	0%
11	1	0	0%
12	1	0	0%
13	1	0	0%
14	1	0	0%
15	1	0	0%
16	0.5	0.5	50%
17	1	0	0%
18	1	0	0%
19	1	0	0%
20	1	0	0%
21	1	0	0%
22	1	0	0%
23	0.5	0.5	50%
24	1	0	0%
25	1	0	0%
26	1	0	0%
27	1	0	0%
28	1	0	0%
29	1	0	0%
30	1	0	0%
PREMEDIO		± 0.05	5.83%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Tomando los valores obtenidos en la Tabla 3-4, entre el dato que se tomó como patrón para determinar las pruebas, se determinó que este sensor de lectura muestra un error absoluto de ± 0.05 y un error relativo equivalente al 5.83%, considerando que el módulo RC522 mantiene un error de lectura de hasta 10cm, dependiendo de las condiciones del módulo y del tag.

4.2.3. Validación de comunicación GSM (SIM808)

Para la validación de este módulo de comunicación se tomaron el número de caracteres que se enviaron cada ocasión que la alerta de emergencia fue emitida desde el módulo, así como también el tiempo que tarda generar una llamada desde el dispositivo hacia el teléfono configurado, el tiempo que se muestra en la Tabla 5-4 se tomó como valor patrón debido a que el dispositivo usa una red GSM y las pruebas se tomaron con un dispositivo que opera con una banda 4G.

Según (GexTel, 2020), el tiempo en el cual una llamada se establece es de 12 segundos. Obteniendo una relación que se puede observar en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Relación de tiempo de conexión de llamadas para bandas GSM y 4G.

Banda de comunicación	Frecuencia de operación (MHz)	Tiempo de conexión (seg)
GSM	900	16
4G	2600	12

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: GexTel, 2020

De acuerdo con el análisis desarrollado a partir de los valores expuestos en la Tabla 4-4, con respecto al tiempo de conexión, la relación que se utilizó es que existe una variación de alrededor del 35%, razón por la cual se obtiene el valor de 16 segundos para una red GSM, valor tomado como una referencia patrón constante. Cabe mencionar que la comunicación se realizó bajo una intensidad del 50% de la red CLARO. Una vez realizado este análisis para obtener el tiempo referencial, se obtuvieron los datos expuestos en la Tabla 5-4 y analizar el tiempo de SMS.

Tabla 5-4. Análisis del error absoluto y relativo del módulo de comunicación GSM (Tiempo de respuesta en llamadas en segundos).

Muestras	Tiempo de conexión de llamada prototipo (seg)	Error Absoluto	Error Relativo %
1	17	1	6,25%
2	19	3	18,75%
3	14	2	12,50%
4	19	3	18,75%
5	16	0	0,00%
6	16	0	0,00%
7	18	2	12,50%
8	17	1	6,25%
9	16	0	0,00%
10	16	0	0,00%
11	20	4	25,00%
12	17	1	6,25%
13	17	1	6,25%
14	17	1	6,25%
15	17	1	6,25%
16	16	0	0,00%
17	18	2	12,50%
18	16	0	0,00%
19	16	0	0,00%
20	16	0	0,00%
21	17	1	6,25%
22	17	1	6,25%
23	16	0	0,00%
24	17	1	6,25%
25	16	0	0,00%
26	16	0	0,00%
27	17	1	6,25%
28	16	0	0,00%
29	17	1	6,25%
30	17	1	6,25%
PROMEDIO		$\pm 0,93$	5,83%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Estableciendo como un valor constante el tiempo de 16 segundos, valor estimado como tiempo máximo de conexión, se obtuvo un error absoluto de $\pm 0,93$ segundos en cada llamada realizada desde el dispositivo con una red GSM con una intensidad de red del 50%. El error relativo que presenta con respecto al valor establecido es de 5.83%, valor que se puede considerar que está dentro del rango que según Santa y Lecumberri (2018), la calidad del módulo de comunicación es aceptable en cuanto al sistema de llamadas.

En cuanto a la comunicación a través de SMS emitidos desde el dispositivo, para el análisis de error del tiempo que tarda en enviarse el mensaje, se realizó un análisis similar del cual se utilizó para la prueba de conexión de llamadas, este análisis se muestra en la Tabla 6-4. Según la Comisión Nacional de Mercados y Competencia (2018), el tiempo en el cual un SMS tarda en llegar a su destino es alrededor de 3 segundos.

Tabla 6-4. Relación de tiempo de conexión de mensajes para bandas GSM y 4G.

Banda de comunicación	Frecuencia de operación (MHz)	Tiempo de conexión (seg)
GSM	900 MHz	6
4G	2600 MHz	3

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: CNMC, 2018

Tomando como valor patrón 6 segundos, se realizó un análisis de error absoluto y relativo, el cual se puede observar en la Tabla 7-4.

Tabla 7-4. Análisis del error absoluto y relativo del módulo de comunicación GSM (Tiempo de respuesta en SMS enviados en segundos).

Muestras	Tiempo de conexión de SMS prototipo (seg)	Error Absoluto	Error Relativo %
1	6	0	0%
2	7	1	17%
3	7	1	17%
4	6	0	0%
5	7	1	17%
6	6	0	0%
7	7	1	17%
8	6	0	0%
9	7	1	17%

10	6	0	0%
11	6	0	0%
12	6	0	0%
13	7	1	17%
14	8	2	33%
15	7	1	17%
16	6	0	0%
17	7	1	17%
18	7	1	17%
19	6	0	0%
20	6	0	0%
21	6	0	0%
22	7	1	17%
23	7	1	17%
24	7	1	17%
25	6	0	0%
26	6	0	0%
27	7	1	17%
28	6	0	0%
29	7	1	17%
30	6	0	0%
PROMEDIO		$\pm 0,53$	9%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

En cuanto a las muestras tomadas por el dispositivo para validar la comunicación a través de SMS, se realizaron pruebas de tiempo de recolección y emisión de mensajes, tomando como valor patrón el tiempo de 6 segundos, siguiendo la relación de frecuencia establecido al trabajar con una red GSM a 900 MHz. Se obtuvieron los errores presentados en la Tabla 7-4, en la cual se tiene un error absoluto de $\pm 0,53$ segundos de variabilidad desde que el mensaje fue emitido hasta que fue recibido. Además, un error relativo del 9%. Si bien este valor es elevado, aún está dentro del rango reconocido con una calidad aceptable. Cabe mencionar que estas pruebas fueron llevadas a cabo bajo condiciones de una baja intensidad de señal móvil, debido a que en una ruta, no se tendrá una cantidad de señal estable y variará de acuerdo con la ubicación del vehículo.

Para reducir estos índices de error relativo y absoluto, las pruebas se las puede realizar en un sitio focalizado con satélites, pero no es lo adecuado, ya que cumpliendo una jornada de trabajo, el

dispositivo instalado en el vehículo no tendrá una conexión con antenas de las operadoras móviles en todo momento.

4.3. Estabilidad de sensores

La precisión de los sensores se puede determinar a través del coeficiente de variación.

4.3.1. Estabilidad sensor de posicionamiento GPS

Para determinar el grado de estabilidad del prototipo, se realizó una serie de pruebas bajo las mismas condiciones ambientales, la velocidad que adquirió el dispositivo una vez que se consiguió un valor de velocidad ya antes medido y demás factores externos.

Para iniciar con la obtención de estos valores, se dio inicio a las 16:53:01, tratando de llevar las pruebas de velocidad a una velocidad constante luego de diez minutos, a partir de estos valores, se toman los datos que se detallan en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4. Prueba de estabilidad del sensor GPS para la velocidad.

Número de muestras	Tiempo (seg)		Velocidad obtenida con el sensor GPS (Km/h)
1	01-01-2023	16:53:01	45
2	01-01-2023	17:03:08	43
3	01-01-2023	17:13:11	45
4	01-01-2023	17:23:00	47
5	01-01-2023	17:33:30	42
6	01-01-2023	17:43:54	49
7	01-01-2023	17:53:41	45
8	01-01-2023	18:03:00	49
9	01-01-2023	18:13:10	47
10	01-01-2023	18:23:15	46
Media \bar{X}			45.8
Desviación estándar			2.30
CV			5.02%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

En base al análisis realizado en la Tabla 8-4, se puede deducir que el dispositivo tiene un coeficiente de variación de 5.02%, valor que, según la revisión bibliográfica realizada para determinar la estabilidad de un módulo electrónico, se puede considerar como aceptable.

4.3.2. Estabilidad sensor de identificación RFID RC522

Para establecer la estabilidad del sensor de identificación, la distancia patrón en la cual la lectura se realizó bajo condiciones similares, se obtuvieron los valores que muestran en la Tabla 9-4, las cuales fueron tomadas con un intervalo de tiempo de 2 minutos. Al igual que los datos mostrados en la Tabla 3-3, se consideraron los mismos parámetros para establecer la comunicación con valores de 1, 0.5 y 0.25. el tiempo de la toma de muestras se realizó siendo las 18:05:10.

Tabla 9-4. Prueba de estabilidad del sensor de identificación.

Número de muestras	Tiempo		Lectura del código TAG
	(seg)		
1	02-01-2023	18:05:10	0.25
2	02-01-2023	18:07:18	1
3	02-01-2023	18:09:11	1
4	02-01-2023	18:11:10	1
5	02-01-2023	18:13:20	1
6	02-01-2023	18:15:14	1
7	02-01-2023	18:17:11	1
8	02-01-2023	18:19:00	0.5
9	02-01-2023	18:21:10	1
10	02-01-2023	18:23:15	1
Media \bar{X}			0.88
Desviación estándar			0.27
CV			5.02%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

A partir de la Tabla 9-4 se puede encontrar el coeficiente de variación igual a 5.02%, valor que es comparado con los rangos de aceptación y rechazo del coeficiente de variación, arrojando que el valor obtenido es considerado como aceptable para el dispositivo y mantiene una baja variabilidad con una precisión adecuada, manteniendo el valor en el límite con un 5.02%.

4.3.3. Estabilidad del módulo (SIM808) de comunicación GSM

En base a la información recibida en cada instancia de tiempo, se tomó el tiempo que tarda en establecer una conexión entre el dispositivo desarrollado y el teléfono configurado a través de la red GSM. La estabilidad del módulo de comunicación se realizó con intervalos de tiempo de cinco minutos, para verificar la estabilidad de este tanto en llamadas como en el envío de SMS. Estos datos se muestran en las tablas Tabla 10-4 y Tabla 11-4. estas muestras se realizaron bajo condiciones ambientales similares.

Tabla 10-4. Prueba de estabilidad del módulo de comunicación GSM (Tiempo de recepción llamadas).

Número de muestras	Tiempo (seg)		Tiempo de conexión de entrada de llamada desde el dispositivo (seg)
	1	20-01-2023	19:58:45
2	20-01-2023	20:03:12	16
3	20-01-2023	20:08:42	16
4	20-01-2023	20:13:16	20
5	20-01-2023	20:18:36	18
6	20-01-2023	20:23:42	17
7	20-01-2023	20:28:02	17
8	20-01-2023	20:33:52	17
9	20-01-2023	20:38:12	16
10	20-01-2023	20:43:37	17
Media \bar{X}			73.7
Desviación estándar			2.83
CV			3.84%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Los valores que muestra la Tabla 10-4, con respecto a la desviación estándar y un coeficiente de variación de 3.84% se puede establecer que el dispositivo presenta una pequeña variabilidad con una precisión óptima para el trabajo que fue desarrollado.

Tabla 11-4. Prueba de estabilidad del módulo de comunicación GSM (Tiempo de recepción SMS).

Número de muestras	Tiempo (seg)		Tiempo de conexión de envío de SMS desde el dispositivo (seg)
1	20-01-2023	19:59:55	7
2	20-01-2023	20:04:00	8
3	20-01-2023	20:09:25	7
4	20-01-2023	20:14:46	8
5	20-01-2023	20:19:06	7
6	20-01-2023	20:24:14	8
7	20-01-2023	20:29:58	8
8	20-01-2023	20:34:09	7
9	20-01-2023	20:39:49	7
10	20-01-2023	20:44:26	8
Media \bar{X}			7.5
Desviación estándar			0.53
CV			7.03%

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Realizando las pruebas de estabilidad para el módulo de comunicación el envío de SMS desde el dispositivo, se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla 11-4, de la cual se puede concluir que presenta una desviación estándar de 0.53 y un coeficiente de variación igual al 7.03%, valor que según (Santo, y otros, 2018), se puede determinar que este módulo analizado es un componente que para la función en la cual se analizó, presenta una variabilidad baja y una precisión adecuada.

4.4. Análisis estadístico de las muestras

Para demostrar que las pruebas realizadas para cada sensor y elemento de control que forman parte del dispositivo sirven para verificar el funcionamiento de acuerdo con lo establecido en los requerimientos se utilizaron los datos mostrados en las secciones 4.2 de este capítulo, correspondientes a la validación. Para dicha verificación se realizó un análisis estadístico con la utilización del método *T – Test* a través del software RStudio. Para la implementación de dicha prueba, según Novales, (2010), este análisis es empleado cuando se tienen muestras menores a 50 y considera establecer una hipótesis que se refiere conseguir con la muestra tomada y analizar cuáles serán los valores para un nivel de confianza del 95%.

Estableciendo una hipótesis, obtenemos el *-p value-*, valor que nos permite aceptar o rechazarla, teniendo en cuenta que en el método empleado, este valor debe ser menor al 5%, de esta manera la hipótesis se plantea como válida y el dispositivo medido se considera válido.

En la **Tabla 12-4** se muestran los datos obtenidos a través de módulo GPS para adquirir la velocidad del vehículo en cuestión, los cuales se tomaron cuando el tacómetro del vehículo mostraba un valor de 70 Km/h como constante a medir y comparar.

Tabla 12-4. Velocidad obtenida por el dispositivo a una velocidad de 70 Km/h real del vehículo.

Muestras	Valor mostrado por vehículo (Km/h)	Valor obtenido por el dispositivo (Km/h)
1	70	65
2	70	65
3	70	72
4	70	70
5	70	68
6	70	67
7	70	71
8	70	70
9	70	70
10	70	69
11	70	68
12	70	70
13	70	70
14	70	70
15	70	69
16	70	71
17	70	68
18	70	65
19	70	70
20	70	71
21	70	70
22	70	68
23	70	69
24	70	67

25	70	72
26	70	70
27	70	70
28	70	68
29	70	69
30	70	67

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Así mismo, se consideraron los valores mostrados en la Tabla 3-4, Tabla 5-4 y Tabla 7-4 para establecer que cumplen con la tendencia establecida.

4.4.1. Muestras tomadas para la validación de sensores

4.4.1.1 Velocidad obtenida por el módulo GPS

Para la velocidad obtenida por el dispositivo bajo un entorno de prueba real; a partir de los datos que se observan en la Tabla 12-4.

Se estableció una hipótesis en base a los resultados obtenidos, misma que indica que el sensor obtiene una velocidad promedio de 69 Km/h, valor que se tomó para emplear el método T-test, a través del cual se obtuvo la Tabla 13-4 a través del software RStudio.

Hipótesis nula H0. La velocidad obtenida a través del dispositivo no es similar a 70 Km/h.

Hipótesis alternativa H1. Cuando la velocidad dada por el tacómetro del vehículo sea 70 Km/h, el dispositivo presentara un valor igual a 70, permitiendo ejecutar así la alarma auditiva.

Tabla 13-4. Análisis estadístico para la muestra de velocidad.

Variables	Valor
T-Test	
Intervalo de confianza al 95%	[68.14 69.58]
Media	68.93
Grados de libertad	29
-p value-	< 2.2e ¹⁶

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Una vez que se han llevado los datos para su procesamiento por software, nos permitió conocer valores que determinaron con un intervalo de confianza del 95%.

A través del *-p value-*, establecemos que la confiabilidad de la muestra tomada al llegar a los 70 Km/h en un vehículo. El dispositivo también indicará dicho valor, con el cual, según los requerimientos planteados, una alarma será ejecutada para alertar que la velocidad permitida es excedida. En la Tabla 13-4 se observa un valor p de $2.2e^{16}$, valor que según Molina Arias (2017), un valor p más alejado del 0.05 y más próximo a 0, los datos muestran una confiabilidad muy elevada. De esta manera se procede a concluir que los datos tomados son fiables y el dispositivo muestra una cantidad de datos confiables al momento de alertar en este valor.

Además del valor de p, se tienen datos como la media de datos, la cual es de 68.93, este valor nos permite tomarlo también para activar la alarma en este límite o a su vez tomar un valor de entre el intervalo de confianza generado, con una cantidad de 29 grados de libertad. Este último significa la cantidad de datos que pueden variar.

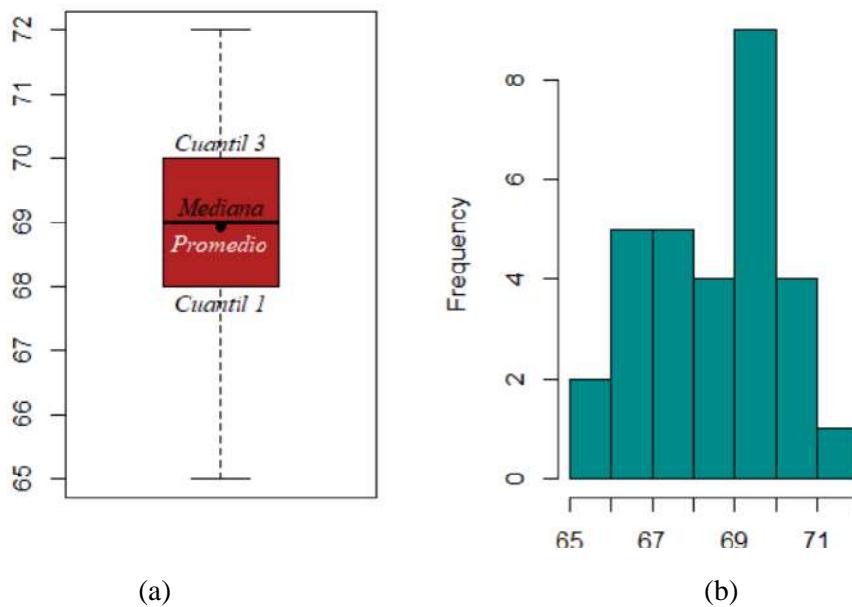


Gráfico 2-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de velocidad.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

En el Gráfico 2-4 se tiene un diagrama de caja en el cual se puede observar los valores en los que se encuentra la mediana y el promedio de la muestra tomada, así como los cuartiles en los que se encuentra situada dicha muestra, los cuales son una media de 69, un máximo de 72 y un mínimo de 65.

Así también se muestra un histograma, el cual presenta la frecuencia con la se repiten los datos tomados, a través de este se puede establecer que entre 69 y 70, surge la mayor cantidad de repetibilidad de datos, afirmando que la hipótesis también se cumple según lo requerido.

4.4.1.2 Tiempo de conexión del módulo de comunicación (Llamadas)

Para la muestra de datos obtenida para el tiempo de comunicación de llamadas y mensajes, en el Capítulo Validación de sensores 4.2 sección 4.2.3, se obtuvieron datos que fueron procesados, de los cuales se obtuvo el siguiente análisis. Para emplear el método estadístico *T-test*, se partió desde la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula H0. La llamada de emergencia no llegará al móvil de ayuda dentro del tiempo establecido.

Hipótesis alternativa H1: La llamada será recibida por el dispositivo móvil del propietario o soporte, el cual fue configurado en el dispositivo a 16 segundos luego de recibir el mensaje de alerta de emergencia.

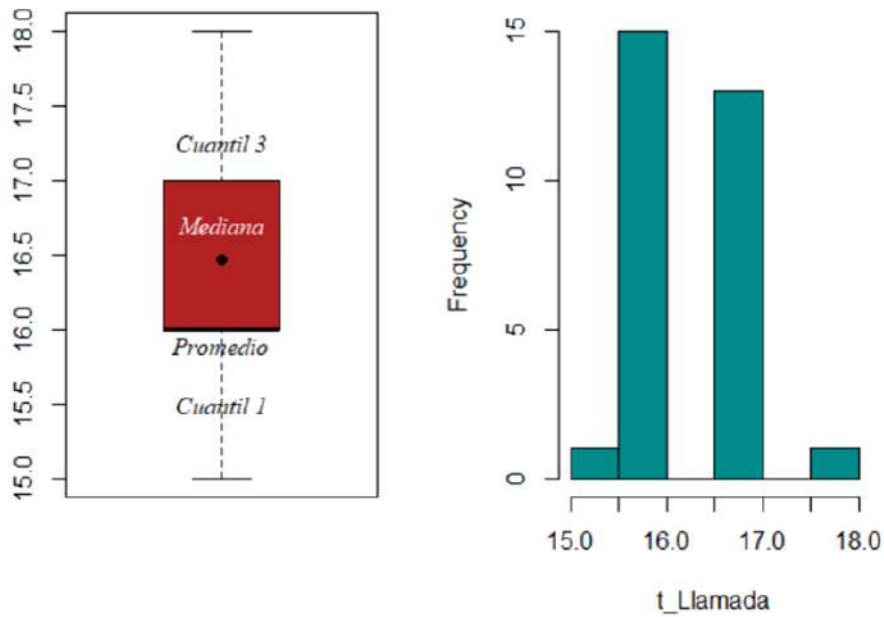
En la Tabla 14-4 se muestran los datos obtenidos por el software.

Tabla 14-4. Análisis estadístico para la muestra de tiempo de comunicación de llamadas.

Variables	Valor
T-Test	
Intervalo de confianza al 95%	[16.23 16.70]
Media	16.46
Grados de libertad	29
-p value-	< 2.2e ¹⁶

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Con un nivel de confianza del 95%, la prueba fue desarrollada para verificar si la hipótesis es válida, de la cual se tiene un valor p de $2.2e^{16}$, el cual indica que la hipótesis alternativa fue correcta y el tiempo de conexión de la llamada será dentro del valor que se analizó. Se tiene una media de 16.46, valor que a partir de la muestra de tiempos considerados, está dentro del tiempo esperado.



(a)

(b)

Gráfico 3-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de tiempo de conexión en llamadas.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

El **Gráfico 3-4** presenta un diagrama de caja (a) en el cual a través de los cuartiles, indica un intervalo generado con el 95% de confianza entre 16.23 y 16.7, demostrando así que el tiempo establecido es válido según lo propuesto y requerido por el sistema, como también un histograma (b) que demuestra la frecuencia en la cual los valores son repetidos y se encuentran dentro del rango establecido como válido.

4.4.1.3 Tiempo de conexión del módulo de comunicación (Mensajes)

Para llevar a cabo este análisis, se realizó siguiendo el procesamiento de los datos para las llamadas, tomando los valores del tiempo de recepción de mensajes entre dispositivos a través de una red móvil GSM, la hipótesis que se planteó para este análisis fue la siguiente:

Hipótesis nula H0. La recepción del mensaje no será al cabo de 6 segundos luego de presionar el botón.

Hipótesis alternativa H1: El tiempo de recepción del mensaje de alerta será de 6 segundos luego de haber pulsado el botón de emergencia.

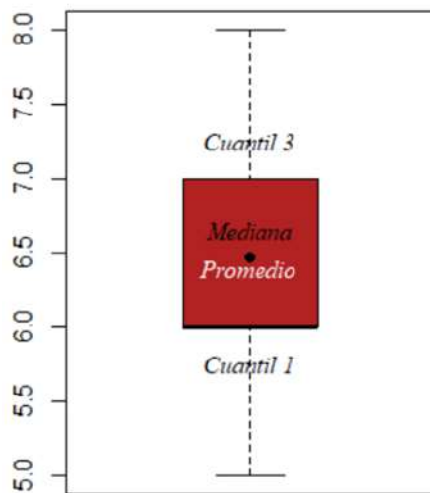
En la Tabla 15-4 se tiene los datos obtenidos aplicando el t-test con el software mencionado para el procesamiento de las muestras.

Tabla 15-4. Análisis estadístico para la muestra de tiempo de recepción de mensajes.

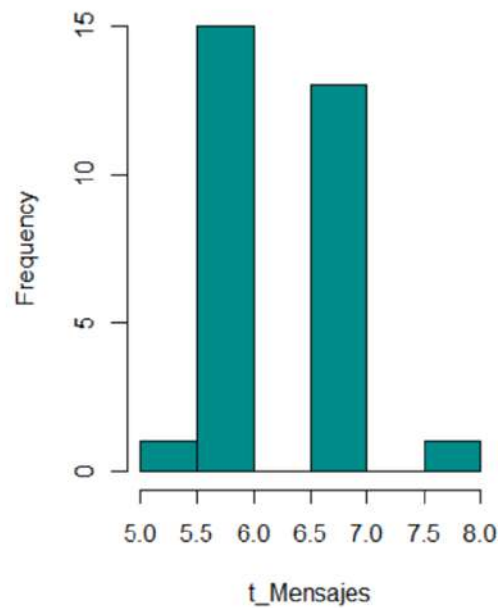
Variablen	Valor
T-Test	
Intervalo de confianza al 95%	[6.23 6.70]
Media	6.46
Grados de libertad	29
-p value-	< 2.2e ¹⁶

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Como se puede observar en la Tabla 15-4, analizando los valores obtenidos del *-p value-*, media, grados de libertad y el intervalo de confianza, se puede concluir que con un nivel de confianza del 95%, la hipótesis alternativa es válida, ya que su valor de p obtenido está por debajo del 5%. Además, el intervalo de confianza determina que el tiempo de recepción será dentro del rango establecido al igual que la media de datos obtenida.



(a)



(b)

Gráfico 4-4. (a) Diagrama de caja; (b) Histograma para la muestra de tiempo de recepción de mensajes.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Analizando el Gráfico 4-4 se puede determinar de manera grafica con su diagrama de caja (a), que representa la tendencia de los datos en los rangos obtenidos y la posición en la cual la muestra es acertada según lo requerido por el sistema, mientras que el histograma de la muestra (b), representa la frecuencia en la cual los tiempos tomados fueron similares y corroboran la hipótesis propuesta y permiten validar el sistema según lo establecido.

4.4.1.4 Identificación del tag por radiofrecuencia (RFID)

En cuanto a la muestra tomada con el lector RFID, se consideraron 30 lecturas efectuadas con éxito, pero con una variación de tiempo de lectura. Esta consideración fue realizada con valores de 1, 0.25 y 0.5, rangos que permitieron determinar un tiempo de lectura más bajo o instantáneo; cabe mencionar que no se tomaron tiempos de lectura en segundos, debido a la rapidez en la cual se efectuaba, además de presentarse una variación al usar baterías o una alimentación.

La muestra tomada se efectuó con una fuente de 12V regulada por convertidor de voltaje a 5V para la placa.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se tomaron los datos de la Tabla 3-4, se estableció la siguiente hipótesis:

Hipótesis nula H0. La tarjeta no será identificada a 3.5cm y la sesión no dará inicio.

Hipótesis alternativa H1: La lectura del código de la tarjeta a una distancia de hasta 3.5 cm será efectuada sin latencia y de manera correcta.

Tabla 16-4. Análisis estadístico para la muestra de identificación del UID por RFID.

Variables	Valor
T-Test	
Intervalo de confianza al 95%	[0.87 1]
Media	0.94
Grados de libertad	29
-p value-	2.2e ¹⁶

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Una vez procesados los valores de la muestra correspondiente a la lectura a través del lector RFID, se obtuvo la Tabla 16-4, en la cual se tienen los parámetros a través de los cuales se puede validar el módulo del sistema. A través del valor de p, se puede deducir que la hipótesis alternativa es válida y funciona de acuerdo con el requerimiento establecido en el capítulo 2. El intervalo de

confianza muestra que la detección se genera dentro de lo establecido como instantáneo y lectura correcta del UID.

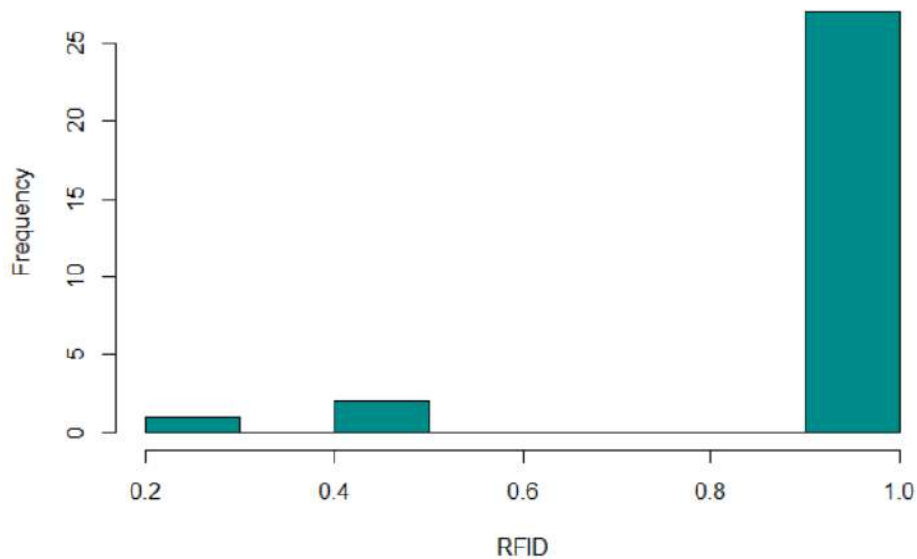


Gráfico 5-4. Histograma para la muestra de lectura del código UID.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Además, en el Gráfico 5-4 se tiene el histograma generado por la muestra analizada, el cual permite verificar que la cantidad de lectura efectiva según lo requerido tiene una mayor frecuencia. Teniendo en cuenta estas consideraciones y analizando los datos presentados, se tiene que la hipótesis planteada es válida y el sistema trabaja según lo planteado.

4.5. Comunicación y mensajes de alerta

El principal objetivo de este apartado se basa en demostrar que el intercambio de información entre el dispositivo y un dispositivo secundario, el cual solicita la información requerida, se realice sin pérdida de datos y sin demoras en la solicitud. Para corroborar lo planteado se realizó una comparación entre la información que se emite desde el dispositivo, visualizada a través del puerto serial de Arduino Ide y la ventana de visualización de la aplicación móvil para enviar y recibir SMS de un teléfono móvil. En la Tabla 17-4 se indican los casos en los cuales el dispositivo establece esta comunicación.

Tabla 17-4. Casos de comunicación GSM del prototipo.

Caso de comunicación		Descripción	Modo de ejecución
1er	Alerta	Desde el dispositivo se emite una alerta de emergencia a través del pulsador de emergencia.	Pulsador de Emergencia
2do	Solicitud	Se solicita información personal del conductor.	@CHOFE
3er		Se solicita información del vehículo en cuestión.	@CARRO
4to		Se solicita información de la ubicación actual del vehículo.	@GPS

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

En la Ilustración 2-4 e Ilustración 3-4 se puede observar cuales fueron las líneas de información emitidas por el dispositivo, las cuales son coordenadas de ubicación en el momento que se genera la solicitud, codificación para entablar la comunicación a través de SIM808. Se muestra además la verificación que el mensaje fue enviado.

```

COM10
[Enviar]
AT+CMGF=1
OK
AT+CNMI=2,2,0,0,0
OK
AT+CGNSPWR=1
OK
3/4 Enviado 808: AT+CGNSPWR=1
AT+CGNSSEQ=RMC
OK
4/4 Enviado 808: AT+CGNSSEQ=RMC
Esperando una accion ....
Boton de pánico detectado...
DEBUG :
*****
Latitude :-1.662007
Longitude :-78.6519
*****
Llamando...
Llamada Finalizada
    
```

Ilustración 2-4. Datos enviados desde Arduino al pulsando el botón de emergencia.

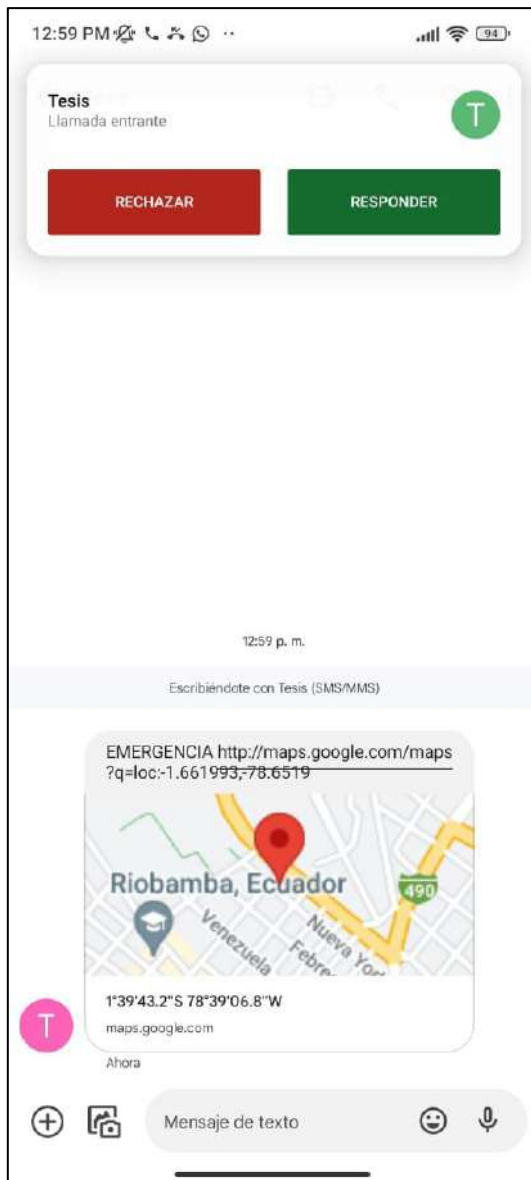
Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022


```
COM10
Esperando recibir mensaje...
MENSAJE RECIBIDO
Verificando codigo y accion...
Mensaje Recibido ++
CHOFE
DATOS CHOFER ENVIADOS...
DEBUG :
*****
Error al abrir el archivo
Esperando recibir mensaje...
MENSAJE RECIBIDO
Verificando codigo y accion...
Mensaje Recibido ++
CARRO
LED DESACTIVADO
DEBUG :
*****
Error al abrir el archivo
Codigo enviado incorrecto
Esperando recibir mensaje...
MENSAJE RECIBIDO
Verificando codigo y accion...
Mensaje Recibido ++
GPS
Codigo correcto GPS
DEBUG :
*****
State :1
Time :20230201211827.000
Latitude :-1.661905
Longitude :-78.6519
*****
```

Ilustración 3-4. Datos generados cuando se ejecuta el comando por SMS emitidos desde el teléfono móvil: @CHOFE, @CARRO y @GPS.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Como se observa en los casos planteados, a través del ide de Arduino se observa la información que es emitida desde el dispositivo hacia un móvil configurado; mientras que la recepción de la información solicitada se puede observar en la Ilustración 4-4, en el teléfono desde el cual se realizó la petición de información y para el primer caso de estudio, se fueron recibiendo los mensajes.



(a)



(b)

Ilustración 4-4. (a) Información recibida al ejecutar el pulsador de emergencia; (b) Respuesta a la solicitud de información por comandos programados en cada caso descrito

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Para comprobar que la comunicación del dispositivo a través de la red hacia el teléfono que configuró como ayuda, se puede analizar cada línea de caracteres enviados fue recibido con un desfase de tiempo que dependerá de la calidad de la red GSM en la cual se encuentre cada dispositivo.

En cuanto a la precisión dada por GPS del sistema, a través del enlace de *Google Maps* generada en el mensaje, se puede ingresar a la ubicación enviada. Al realizar una comparación entre las

coordenadas enviadas por el dispositivo y al ingresar a través de la aplicación Maps de Google, se obtuvo la Ilustración 5-4.

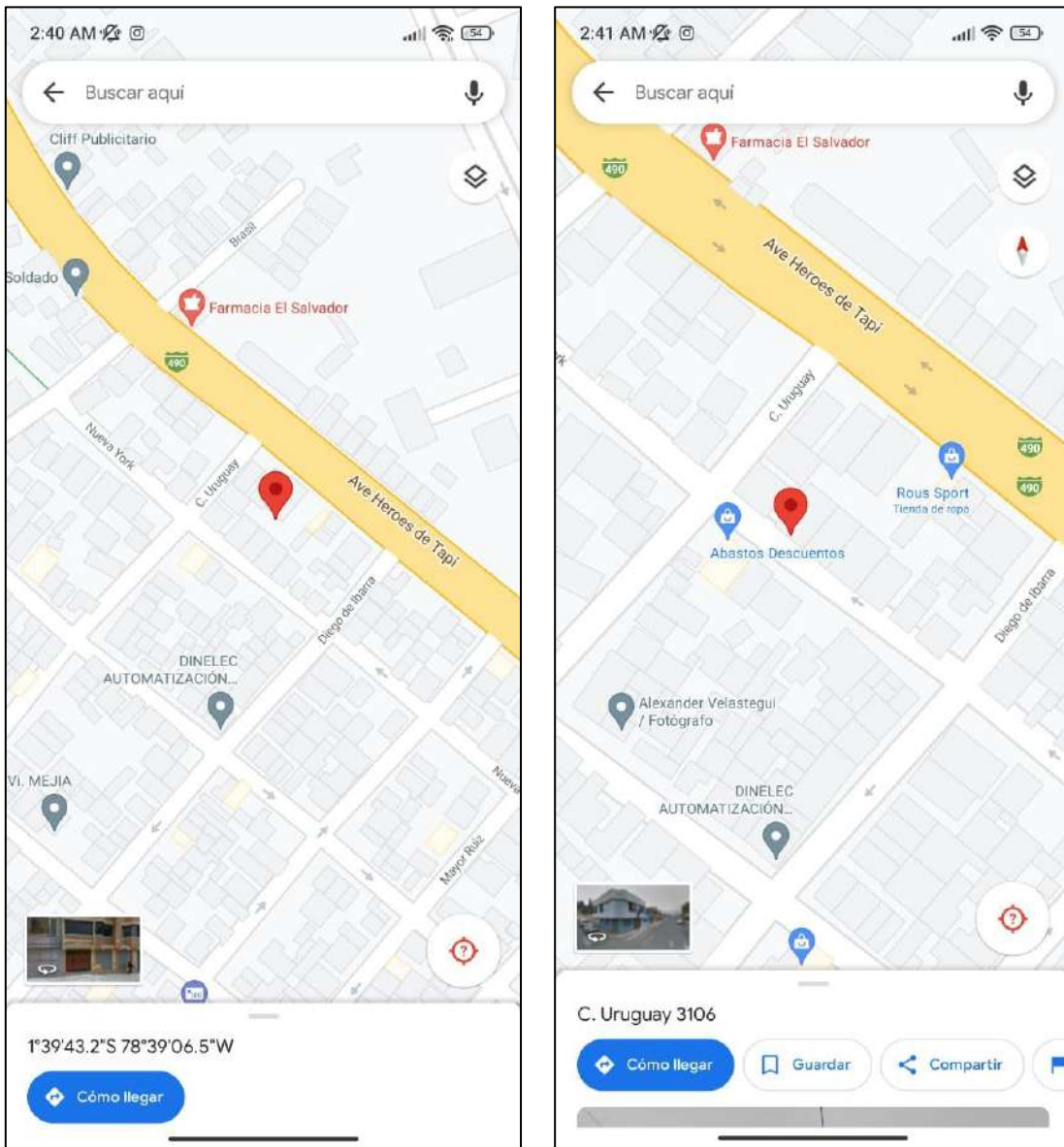


Ilustración 5-4. Ubicación obtenida a través de las coordenadas enviadas por el dispositivo (a); Ubicación obtenida a través del GPS de un teléfono móvil (b).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Si bien la ubicación emitida desde el dispositivo, Ilustración 5-4 (a); muestra una variación de metros con respecto a la obtenida a través del móvil, Ilustración 5-4 (b); esto debido a la red y conexiones satelitales con las que trabajan los teléfonos, mientras que el dispositivo utiliza una conexión GNSS, la cual presenta de fábrica una variabilidad de ± 10 metros de precisión, misma se encuentra en estudios para corregir dicho error y aumentar su precisión. Aun cuando presenta

este error, cabe mencionar que la información obtenida puede ser tomada como válida, ya que al solicitar una ubicación en carretera o una locación más amplia del lugar en el que se encuentre el vehículo, las coordenadas enviadas pueden ser suficientes para determinar el lugar desde donde fue emitida la alerta de emergencia o el reconocimiento del lugar donde esta, de acuerdo con los casos analizados.

4.6. Consumo de energía

El consumo de corriente del dispositivo fue presentado de manera teórica en base a la hoja de datos de cada elemento utilizado en la Tabla 14-3, este apartado se enfoca en obtener los datos bajo pruebas reales de consumo para cada elemento presentado y comparar los datos obtenidos con la autonomía de la batería para el tiempo establecido en los requerimientos en el capítulo 3. La obtención de estos valores se llevó a cabo mediante un multímetro Proskit MT-1710. En la Tabla 18-4 se presentan 10 muestras obtenidas para el consumo general del dispositivo.

Tabla 18-4. Consumo de corriente del dispositivo al establecer las conexiones correspondientes para su funcionamiento.

Muestra	Consumo (I) (mA)
SIM808	350
Nextion	80
Arduino Nano	120
Arduino Pro Mini	180
Módulo RFID	20
Modulo lector SD	10
Indicadores	230
Valor promedio de consumo	990

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Realizando una comparación entre los valores obtenidos en condiciones reales y valores teóricos que se obtuvieron a través de simulación y hoja de datos de cada elemento, se puede determinar que existe una variación de consumo considerable, esto debido a que componentes como el SIM808, Nextion, modulo RFID y lector SD generan un consumo adicional al momento de realizar ciertas acciones como la búsqueda de la conexión a la red y a satélites, la lectura del *tag* y visualización de caracteres en los que una pantalla muestra una variedad más amplia de colores. No obstante, en la tabla se muestran los valores de consumo de los componentes analizados en la Tabla 19-4, una vez que las solicitudes se han realizado y se presenta un consumo constante.

Tabla 19-4. Consumo del dispositivo cuando la conexión de red y satélites se ha realizado.

Muestra	Consumo (I) (mA)
SIM808	250
Nextion	50
Arduino Nano	80
Arduino Pro Mini	120
Módulo RFID	10
Modulo lector SD	10
Indicadores	200
Valor promedio de consumo	720

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Una vez obtenidos los valores de consumo teóricos y bajo condiciones reales, se tienen los siguientes datos, de los que se puede deducir que mientras el dispositivo realice solicitudes o ejecute algunas funciones propias, su consumo aumentara alrededor de 100 mA por componente. Así mismo, si el dispositivo realiza todas las peticiones a la vez, su consumo será aproximadamente de 270 mA más que el valor de consumo mínimo. Realizando este análisis se tiene la Tabla 20-4.

Tabla 20-4. Comparación de valores de consumo ideal y real.

Tipos de consumo	Valor de consumo (mA)
Consumo ideal	806.5
Consumo real (mínimo)	720
Consumo real (máximo)	990
Consumo real promedio	855

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Analizando la Tabla 20-4, los valores de consumo obtenidos muestran que no existe una diferencia muy notable, ya que el consumo de 50 mA puede ser generado por interferencias del sistema o alteraciones ingresadas por el medio.

4.7. Tiempo de carga y descarga de las baterías

Tomando en cuenta que para llevar a cabo este punto, para la prueba de carga de las baterías, estas fueron descargadas en su totalidad para que muestren un valor más efectivo y exacto, sin uso de los demás elementos que conforman el dispositivo. A través de esta prueba se estableció que para

una carga total desde un valor de aproximadamente 0% hasta un 100% se requiere un promedio de tiempo igual a 4 horas. La alimentación del dispositivo fue realizada a través de una fuente de alimentación de 12V suministrada desde un vehículo.

Mientras que, para la descarga de las baterías, se realizó una prueba de funcionamiento y consumo de energía del dispositivo bajo un escenario real. Tomando como inicio la hora en la cual empezó la sesión y sin estar conectado a la red, se pudo determinar que en 6 horas aproximadamente, el dispositivo tiende a drenar la totalidad de su energía. Teniendo en cuenta el consumo energético obtenido y el abastecimiento de las baterías seleccionadas para su autonomía, se puede concluir que las baterías seleccionadas cumplen con la autonomía establecida de manera teórica en el capítulo 3.

4.8. Funcionamiento general

Concluidas las pruebas correspondientes para la validación y estabilidad por sensores, módulos de comunicación y consumo del dispositivo, se llevó a cabo la prueba de funcionalidad bajo un entorno real, en la cual se instaló en un vehículo de la compañía de transporte pesado de la ciudad de Riobamba, “Orozco Trucks” para realizar las acciones para las cuales fue desarrollado.



Ilustración 6-4. Ventana de inicio del dispositivo.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Si bien posee un sistema de abastecimiento energético autónomo, se lo debe conectar a la alimentación de 12 V del vehículo para que entre en funcionamiento. Una vez que la conexión se ha llevado a cabo, se debe configurar la norma bajo la cual se requiere trabajar en cuanto a descansos y proceder a encender el dispositivo; para cuando inicia el sistema, se debe ingresar a

la ventana de identificación del *tag*, en el cual se debe configurar los parámetros que se piden, posterior se debe presionar el botón INICAR JORNADA.



(a)



(b)



(c)



(d)

Ilustración 7-4. Visualización de información del conductor (a), norma de descanso (b), vehículo (c) y configuración de tiempo (d).

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Cuando la jornada de trabajo de inicio, se puede navegar en el dispositivo y verificar que la velocidad obtenida por el módulo sea reflejada en el histórico generado, así como también la emisión de la alarma cuando la velocidad sea superada.



Ilustración 8-4. Visualizador del histórico y valor de velocidad vehicular.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

En cuanto a las situaciones de emergencia que puedan ser suscitadas en el trayecto o ruta recorrida, esta eventualidad puede ser notificada mediante el pulsador de emergencia que enviara la alerta, con una respectiva georreferencia con un enlace de Google Maps, tal como se muestra en la Ilustración 4-4 (a).

Si bien el dispositivo puede alertar de excesos de velocidad al conductor y alertar al número configurado como ayuda, también permite al receptor de esta alerta, conocer los datos que se están manejando en el dispositivo como lo son la información personal del conductor, vehículo y posición actual, misma que puede solicitar mediante los códigos establecidos en cualquier momento que así lo requiere, realizando la solicitud configurada, así como se muestra en la Ilustración 4-4 (b).

Una vez finalizadas las pruebas, se llevó a cabo una entrevista al conductor de la empresa mencionada, a través de la cual remitió sus impresiones acerca del uso del dispositivo, las cuales fueron positivas y según lo establecido en la sección de requerimientos mínimos del sistema.

Adicional, a través de la prueba del funcionamiento general del dispositivo con un integrante del sector para el que fue desarrollado, se emitió un certificado por parte de la compañía Orozco Trucks, en el cual se valida el dispositivo según el propósito propuesto, mismo que se puede observar en la Ilustración 9-4.



Compañía de Transporte Pesado Orozco Trucks
"TRANSOROZTRUKCS" S.A.

CERTIFICADO

Riobamba, 14 de febrero de 2023

A quien le corresponda, Yo Lcdo. Orozco Arévalo Fabián Marcelo, portador de la CI. 0917029134, representante legal de la **COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE CARGA PESADA "OROZCO TRUCKS" S.A.** tengo a bien certificar que el Dispositivo Tecnológico denominado **DISEÑO DE UN SISTEMA PARA GESTIONAR Y CONTROLAR INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL PARA LOS CONDUCTORES DEL TRANSPORTE INTERPROVINCIAL MEDIANTE IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA** diseñado por los señores Cristian Ronaldo Juca Rodríguez y Daniela Alexandra Tarco Chafra estudiantes de la carrera de Electrónica y Automatización de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ha sido probado paulatinamente hasta comprobar su correcto funcionamiento el cual certifico.

En todo cuanto puedo decir en honor a la verdad para que los interesados hagan uso de este documento como creyeran conveniente.



Lcdo. Orozco Arévalo Fabián Marcelo
CI. 0917029134
Representante legal de la COMPAÑÍA DE TRANSPORTE DE CARGA PESADA "OROZCO TRUCKS" S.A.

E-mail: transoroztruckss.a@hotmail.com
Teléfono: 374245
Dirección: Av. Alfonso Chávez y el mensajero

RIOBAMBA – ECUADOR

Ilustración 9-4. Certificado de aceptación de la compañía Orozco Trucks.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

4.9. Evaluación económica

En la Tabla 21-4 se presenta el costo de los componentes, en la cual se puede observar un valor de \$ 217.08, este valor se considera como necesario para implementarlo de manera efectiva. Los componentes descritos funcionan y cumplen los requerimientos establecidos en el capítulo 3.

Tabla 21-4. Costo de los componentes y materiales utilizados para el dispositivo.

Componente	Precio por unidad	Cantidad	Precio
Arduino Nano	\$ 13.99	1	\$13.99
Arduino Pro Mini	\$ 7.99	1	\$ 7.99
Shield SIM808	\$ 39.99	1	\$ 39.99
HMI Nextion 2.8"	\$ 54.99	1	\$ 54.99
Modulo RFID RC522	\$ 7.99	1	\$ 7.99
Lector SD	\$ 4.99	1	\$ 4.99
Tarjeta SD 8 GB	\$ 8.00	1	\$ 8.00
Regulador de voltaje	\$ 4.99	1	\$ 4.99
BMS de 12.6 V a 20A	\$ 7.99	1	\$ 7.99
Batería de litio	\$ 4.00	3	\$ 12.00
Dip Switch	\$ 0.25	1	\$ 0.25
Buzzer	\$ 0.80	1	\$ 0.80
Pulsador	\$ 0.50	2	\$ 1.00
Selector	\$ 0.50	1	\$ 0.50
Resistencia	\$ 0.05	9	\$ 0.45
Capacitor	\$ 0.15	1	\$ 0.15
Transistor	\$ 0.10	1	\$ 0.10
LED	\$ 0.19	2	\$ 0.38
LED RGB	\$ 0.45	1	\$ 0.45
Impresión 3D	\$ 30.00	1	\$ 30.00
Impresión PCB	\$ 20.00	1	\$ 20.00
Total			\$ 217.08

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

El costo obtenido a partir del prototipo desarrollado, realizando una comparación entre los dispositivos existentes en el mercado, se tiene la Tabla 22-4.

Tabla 22-4. Comparación de costo, servicios en el mercado y prototipo.

Nombre	Dispositivo/Servicio	Costo	Modo de pago
Prototipo diseñado	Dispositivo	\$ 217.08	Pago único
Viguloo	Dispositivo y Servicio	\$ 378.00	Renovación de \$ 199.00 anual
TSO Mobile	Servicio	\$ 188.00	Renovación de \$ 188.00 anual

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Analizando la Tabla 22-4, se tiene que el prototipo realizado, si bien no presenta características adicionales o más ventajas a nivel de capacidad con los que se realizó la comparación, su precio es una ventaja notable para competir, ya que el precio por renovación de servicio e instalación se puede llegar a ser alto.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Los países de primer mundo tienen normas que regulan el periodo de trabajo en función de tiempo de trabajo y descanso que un conductor de transporte de carga debe cumplir, sin embargo, Ecuador es uno de los países que no especifica en su normativa esto, echo que conlleva a que se susciten siniestros por somnolencia y fatiga.
- El diseño realizado se llevó a cabo con la implementación de varios software de simulación y desarrollo, mismos que permitieron concluir con la implementación de un prototipo de comunicación, control de información, alerta, incluyendo sensores y módulos de comunicación inalámbrica con un consumo promedio 855mA para el abastecimiento desde un vehículo.
- El error que presentan los sensores utilizados presenta errores relativos menores al 10%, valor considerado como aceptable, de acuerdo con la revisión bibliográfica realizada para la validación de dispositivos electrónicos. El bajo porcentaje de errores permite una estabilidad adecuada en cuanto a la transmisión y adquisición de información.
- Las pruebas realizadas para la validación, si bien se utilizaron métodos para determinar el error que presentan con respecto a su valor patrón, fueron llevados a un procesamiento a través de RStudio, software para análisis estadístico que permitió el validar las hipótesis planteadas, a través de las cuales se validó el comportamiento según lo planteado. Este análisis determinó de manera estadística que los sensores y módulos funcionan satisfaciendo los requerimientos establecidos.
- Para la comunicación del dispositivo se tomaron pruebas de solicitud desde el teléfono configurado como ayuda, el cual a través de los códigos programados pudo obtener información personal y vehicular en cualquier momento, destacando el envío de las coordenadas de la ubicación actual. Este factor depende únicamente de la calidad de red en la que se encuentren tanto emisor como receptor, así como también la fiabilidad de los datos enviados.
- El consumo del dispositivo depende del funcionamiento de sus componentes y la calidad de conexión en la que puede encontrarse, esto debido a que generar un consumo adicional de hasta el 28% mientras la conexión se realiza, no obstante, el consumo es suministrado por la alimentación del vehículo y las baterías funcionan como respaldo de energía con una autonomía próxima a las siete horas, satisfaciendo como máximo el tiempo que dura una jornada en el país (8 horas). Este consumo se considera según los autores y personas que evaluaron el dispositivo, como un tiempo optimo.

- El costo de la implementación de un sistema electrónico como el propuesto se estima en \$217, si bien no se utilizaron componentes de un costo muy elevado, el funcionamiento se considera óptimo según lo requerido. Además, el costo de dispositivos o servicios de similares características que brindan empresas extranjeras, solo en instalación para un primer año es de \$378 (Vigiloo) y de \$188 (TSO Mobile) su precio es más elevado y requieren de una constante renovación de paquetes y un mantenimiento con valores excedentes de hasta \$200. A través de este análisis se considera que el precio total es un valor con el cual se puede competir, sin todas las prestaciones dadas o un nivel de robustez alta, el dispositivo podría ofrecer una competitividad a nivel económico y servicial adecuado.

Recomendaciones

- Extender el tiempo de pruebas, en cuanto a validación y estabilidad de los sensores para determinar posibles fallas y correcciones adecuadas para potenciar dicho sistema.
- La incorporación de un control por inteligencia artificial para una mejor distribución y toma de decisiones en cuanto a control y monitoreo según el entorno presentado, sin la necesidad de la supervisión de una persona.
- Implementar componentes más complejos y con mayores prestaciones en cuanto a la comunicación entre componentes.
- Establecer modelos matemáticos para la corrección de datos en cuanto a la precisión de sensores y módulos de comunicación.
- Incorporar una línea para este tipo de comunicación, ya que demasiadas solicitudes realizadas pueden generar el corte o suspensión de la línea.
- Utilizar una línea móvil en la cual exista una distribución de antenas más precisa y ocupe una conexión más amplia a nivel nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- A VERIZON CONNECT COMPANY. 2021.** MOVILDATA. *Reglas para las horas de conducción y descanso de vehículos pesados*. [Online] Verizon, 2021. [Cited: 10 13, 2022.] <https://movildata.com/recursos/reglas-para-las-horas-de-conduccion-y-descanso-de-vehiculos-pesados/>.
- A., ISAAC. 2019.** Buzzer: todo sobre este dispositivo para emitir sonido. *Hardware libre*. s.l. : Blog Post, 2019.
- AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO. 2021.** *REPORTE NACIONAL DE SINIESTROS DE TRÁNSITO, ENERO - DICIEMBRE 2021*. s.l. : ANT, 2021.
- . **2022.** *TABULADOS DEL REPORTE NACIONAL DE SINIESTROS DE TRÁNSITO, ENERO - AGOSTO 2022*. Ecuador : s.n., 2022.
- AGUIRRE, CLAUDIA. 2020.** *¿Cuál tarjeta de desarrollo elegir?* Mexico : Uelectronics, 2020.
- ARDUINO. 2022.** [Online] 2022. [Cited: Diciembre 2022, 11.] <https://www.arduino.cc/>.
- ARDUINO COMPANY. 2023.** Arduino Pro Mini | Arduino Documentation. s.l. : Arduino.cc, 2023.
- . **2023.** Nano | Arduino Documentation. s.l. : Arduino.cc, 2023.
- ARDUINO. 2022.** Docs.arduino. [Online] Diciembre 07, 2022. [Cited: Diciembre 12, 2022.] <https://docs.arduino.cc/retired/archived-libraries/GSM>.
- ASAMBLEA GENERAL DE NACIONES UNIDAS. 2020.** *Resolucion 70/1: Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*". s.l. : Naciones Unidas, 2020. A/RES/74/299.
- BALBOA, MIGUEL. 2022.** [Online] Junio 06, 2022. [Cited: Diciembre 12, 2022.] <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/mfrc522/>.
- BENITO HERRANZ, ÁLVARO. 2019.** Desarrollo de aplicaciones para IoT con el módulo ESP32. Madrid : Universidad de Alcalá. Escuela Politécnica Superior, 2019.
- CARRO PAZ, ROBERTO AND GONZÁLES GÓMEZ, DANIEL. 2012.** *Identificación Automática*. Buenos Aires, Argentina : Universidad Nacional de Mar del Plata, 2012.
- CHANG, JAE HWA. 2018.** An introduction to using QR codes in scholarly journals. *Science Editing*. 2018. 2288-8063, 2288-7474.
- CNMC. 2018.** Latencia de mensajes SMS y tiempo de espera. *Comision Nacional de Mercados y Competencia*. 2018.
- CONASET. 2016.** *Ficha N°14: Exceso de Velocidad*. Chile : s.n., 2016.
- CORTES, JIMY, VARGAS, JAIRO AND AGUIRRE, FRANCISCO. 2010.** Implementación de un sistema de posicionamiento global utilizando el módulo GPS SIRFSTARIII. *MTI-6 de STARSNAV*. 2010. Vol. 2.

- DE ALCANTARA, BRUNO MARTIN, ET AL. 2018.** Model-Based Development of an Engine Control Module for a Spark Ignition Engine. *Control Module for a Spark Ignition Engine*. s.l. : IEEE Access, 2018. Vol. 6. 2169-3536.
- DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 2008.** Estimación e interpretación del coeficiente de variación de la encuesta cocensal. *Dirección de Censos y Demografía*. s.l. : DANE, 2008.
- DIRECCION GENERAL DE TRÁFICO. 2020.** *Conducir con sueño o cansancio*. Madrid : DRIMWAY STUDIOS, 2020. M-27387-2014.
- DOT-US. 2018.** Exceso de Velocidad. *NHTSA en español*. 04 20, 2018.
- ECUADOR, IMPORTACIONES. 2022.** *Transporte Terrestre*. [Online] 01 01, 2022. [Cited: 10 06, 2022.] <https://www.importacionesecuador.com.ec/transito-internacional/transporte-terrestre/>.
- EDITORIAL ETECÉ. 2021.** Enciclopedia Concepto. [Online] Editorial Etecé, 07 16, 2021. [Cited: 10 08, 2022.] <https://concepto.de/transporte-de-carga/>.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA. 2022.** QR Code. *Encyclopedia Britannica*. [Online] Encyclopedia Britannica, Septiembre 26, 2022. [Cited: Octubre 23, 2022.] <https://www.britannica.com/technology/QR-Code>.
- FEDERAL MOTOR CARRIER SAFETY ADMINISTRATION . 2020.** *Regulaciones de Horas de Servicio*. s.l. : New Jersey, 2020.
- FINKENZELLER, KLAUS. 2010.** *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*. [ed.] John Wiley & Sons. s.l. : Google Books, 2010.
- FUNDACIÓN CEA. 2015.** *El sueño y la fatiga en la conducción*. España : Fundación CEA, 2015.
- . **2022.** Seguridad Vial. *Factores físicos que afectan al conductor*. Madrid : Comisariado Europeo Automovilístico, 2022.
- FUNDACIÓN MAPFRE. 2021.** 18. SUEÑO Y FATIGA, Y SU INFLUENCIA AL VOLANTE. *Enfermedades neurológicas*. Madrid : Médicos por la seguridad vial, 2021.
- GARRIDO VILLÉN, NATALIA. 2016.** Sistemas GNSS. *Introducción a los sistemas posicionamiento global*. [Online] Septiembre 09, 2016.
- GEXTEL. 2020.** Latencia de comunicacion en llamadas. *FAQ*. 2020.
- GROVER, JAZMÍN. 2021.** Battery: Definition, Applications, Primary & Secondary Battery. *Collegedunia*. [Online] Diciembre 14, 2021. <https://collegedunia.com/exams/battery-definition-applications-primary-secondary-battery-articleid-2520>.
- GRUPO ELECTROSTORE. 2023.** BUZZER ZUMBADOR 5V ACTIVO. 2023.

- . **2023**. MÓDULO LECTOR RFID RC522 MIFARE: TARJETA, LECTOR Y LLAVERO. 2023.
- . **2023**. PANTALLA NEXTION 2,8" NX3224T028 HMI SERIAL. Riobamba : s.n., 2023.
- . **2023**. SHIELD GSM Y GPS SIM808 CON ANTENAS. Riobamba : s.n., 2023.
- HARDZONE. 2019**. Raspberry Pi vs Arduino. *Características técnicas y diferencias*. 2019.
- HART, MIKAL. 2022**. Arduino. [Online] Septiembre 20, 2022. [Cited: Diciembre 12, 2022.] <https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/tinygpsplus/>.
- HERNANDEZ, LUIS. 2017**. [Online] Agosto 11, 2017. [Cited: Agosto 05, 2022.] <http://noticias.espanol.autocosmos.com/2017/10/11/los-peligros-y-consecuencias-de-manejar-con-exceso-de-velocidad>.
- HERNÁNDEZ, MARIO. 2022**. Divulgación de Programas Digitales. *El Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR) como una herramienta de la divulgación académica*. Mexico : ResearchGate, 2022.
- HERRERA ACOSTA, EDUARDO JAVIER. 2016**. Estudio, diseño e implementación de un prototipo de Entrenador de módulo Raspberry Pi. . *TRABAJO DE TITULACIÓN*. Quito : UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL, 2016.
- HERRERA, PAVEL. 2021**. Riesgos del exceso de velocidad en la conducción. [Online] SURA, Marzo 03, 2021. [Cited: Agosto 12, 2022.] <https://segurossura.com/co/blog/movilidad/riesgos-del-exceso-de-velocidad-en-la-conduccion/>.
- HIRAK, GHAEL. 2020**. A Review Paper on raspberry Pi and its Applications. *Article*. 2020.
- . **2020**. A Review Paper on Raspberry Pi and its Applications. 2020.
- ISAAC. 2021**. ATtiny85. *Componentes Electrónicos*. Barcelona : HardwareLibre, 2021.
- ISO/IEC 19762 COMITÉ TÉCNICO. 2016**. ISO/IEC 19762-5:2008. ISO : s.n., 2016.
- ITEAD STUDIO. 2011**. Nextion Editor Guide. [Online] 2011. [Cited: Diciembre 24, 2022.] https://nextion.tech/editor_guide/.
- KAMRAN, AHSAN, HANIFA, SHAH AND PAUL, KINGSTON. 2010**. RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study. *RFID Applications*. 2010.
- KAZIMIERCZUK, MARIAN K. 2008**. "Introduction," in *Pulsewidth Modulated DC-DC Power*. s.l. : Wiley, 2008. 978-0-470-69465-7.
- KINGSTON TECHNOLOGY. 2018**. Tarjeta de memoria microSDHC. *Medio de almacenamiento Flash*. 2018. 4900181-001.A00 .
- La conectividad Inalámbrica: un enfoque para el alumno*. **FEDERACION DE ENSEÑANZA DE CC.OO. 2010**. Anadaluca : Feandalucia, 2010. 1989-4023.

La identificación por radiofrecuencia (RFID) y sus aplicaciones. **SAN JOSE VIECO, JOSE IVAN, ET AL. 2015.** 289-311, Cuenca : Investigación y Transferencia en la Escuela Politécnica de Cuenca, 2015.

LA VANGUARDIA. 2019. Historia del transporte. *Historia del transporte: de la rueda al coche volador.* [Online] La Vanguardia, 09 26, 2019. [Cited: 10 08, 2022.] <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20190926/47634596827/historia-transporte-rueda-coche-nave-avion.html>.

LAARCOM. 2020. LAARCOM GPS. Quito : s.n., 2020.

LAI, YUK M. 2018. 20 - Power Supplies. [ed.] Muhammad H. Rashid. *Power Electronics Handbook (Fourth Edition)*. Cuarta. s.l. : Butterworth-Heinemann, 2018, Vol. IV, pp. 659-684. Power supplies, Linear regulators, Switching regulators, Pulse-width modulation.

LAINES, ANA SILVIA, et al. 2015. Aplicación de código de barras. *APLICACIÓN DE LOS CODIGOS DE BARRAS*. s.l., Guatemala : Universidad Mariano Galvez, Noviembre 2015.

LANDALUCE, HUGO, et al. 2020. A Review of IoT Sensing Applications and Challenges Using RFID and Wireless Sensor Networks. *Sensors (Basel, Switzerland)*. Basel : s.n., 2020.

LEE, J. 2019. Global Positioning. *Elsevier*. s.l. : International Encyclopedia of Human Geography, 2019. pp. 548-555. 9780080449104.

LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL. 2018. DE LAS CLASES DE SERVICIOS DE TRANSPORTE TERRESTRE. [book auth.] Consorcio para el Derecho Socio-Ambiental. *Legislacion Relevante*. Quito : Constitución de la República del Ecuador, 2018.

LLAMAS, LUIS. 2016. Ingeniería, informática y diseño. *Leer y escribir en una tarjeta SD o micro SD con Arduino*. 2016.

LLERENA CAICEDO, EDISON SANTIAGO AND SUÁREZ TORRES, ENRIQUE LIZANDRO. 2015. Sistema de navegación para personas no videntes, mediante el uso del sistema de posicionamiento híbrido (GPS & GLONAS), para la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE. *Sistema de navegación para personas no videntes, mediante el uso del sistema de posicionamiento híbrido (GPS & GLONAS)*. s.l. : repositorio.espe.edu.ec, 2015.

LOCATION WORLD. 2021. Carsync. [Online] 2021. <https://www.carsync.com/terminos-y-condiciones-del-servicio>.

LOZANO DÍEZ, ALICIA. 2019. Reconocimiento de voz basado en características DNN Bottleneck. [ed.] Irene Martín Calle. *Reconocimiento de voz basado en características DNN Bottleneck*. Madrid : Universidad Autónoma de Madrid, 2019.

LUCEA, CARLOS ALONSO. 2019. Library. *Estudio y análisis de la tarjeta Thunderboard Sense y su aplicación en la adquisición de señales ultrasónicas*. [Online] Enero 08, 2019.

- LUCHETTI, SEBASTIÁN. 2021.** *Arduino vs Raspberry Pi | ¿Cómo elegir? ¿Para qué sirven?* Madrid : Tribalyte, 2021.
- MACHADO, JONATHAN. 2022.** Gobierno presenta campaña para reducir los accidentes de tránsito. [Online] 2022. [Cited: Febrero 13, 2023.] <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/accidentes-transito-muertos-heridos/>.
- MERTIND LTDA. BOLIVIA. 2022.** Estaciones Totales: Posicionamiento Híbrido. *GNSS and robotic connected*. s.l. : GNSS and robotic connected, 2022.
- MINISTERIO DE TRABAJO . 2015.** *REGULAR LAS RELACIONES DE TRABAJO ESPECIALES DE SECTOR DEL TRANSPORTE TERRESTRE DE PASAJEROS Y DE CARGA, EN TODAS SUS MODALIDADES*. 2015. ACUERDO MDT-2015-0262.
- MINISTERIO DEL TRABAJO. 2015.** Normativa Jurídica del Ecuador. [Online] 11 25, 2015. [Cited: 10 09, 2022.] <https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/ELECTRONIC/101714/122681/F1502994600/ACUERDO%20MDT-2015-0262%20%20ECUADOR.pdf>.
- MIRANDA, CARLOS. 2019.** Derecho Ecuador. [Online] 03 01, 2019. [Cited: 10 06, 2022.] <https://derechoecuador.com/el-transporte-terrestre-en-el-ecuador/>.
- MOLINA ARIAS, M. 2017.** ¿Qué significa realmente el valor de p? s.l. : SciELO, 2017. Vol. 19, pp. 377-381. 1139-7632.
- MUNDIVAN. 2021.** *Mundivan Moving Express*. [Online] 09 11, 2021. [Cited: 10 08, 2022.] <https://www.mudanzasmundivan.com/que-es-transporte-de-carga/>.
- NATIONAL COORDINATION OFFICE FOR SATELLITE POSITIONING, NAVIGATION, AND CHRONOMETRY. 2020.** El Sistema de Posicionamiento Global. *GPS.gov*. [Online] Space-Based Positioning Navigation & Things, Marzo 12, 2020. [Cited: 10 22, 2022.]
- NAYLAMP MECHATRONICS. 2021.** Convertidor Voltaje DC-DC Step-Up 2.5A XL6009. Perú : s.n., 2021.
- NAYLAMP. 2022.** Módulo lector de memoria SD card. *Lector de tarjetas SD para Arduino*. 2022.
- NAYYAR, ANAND AND PURI, VIKRAM. 2017.** Raspberry Pi- A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form Factor Computer: A Review. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. Punjab : KCL Institute of Management and Technology, 2017. Vol. 5, 12. 2277 128X.
- NORMA OFICIAL MEXICANA. 2018.** Regula SCT horas de manejo en el autotransporte federal. *THE LOGISTICS WORLD | Conéctate e inspírate*. [Online] 07 03, 2018. [Cited: 10 13, 2022.] <https://thelogisticsworld.com/historico/regula-sct-horas-de-manejo-en-el-autotransporte-federal/>.

- NOVALES, A. 2010.** Análisis de regresión. s.l. : Universidad Complutense de Madrid, 2010.
- NOVATRONIC. 2020.** Nextion NX3224T028 2.8 inch. *Pantalla Nextion NX3224T028 2.8 inch.* s.l. : Novatronic, 2020.
- OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DE SEGURIDAD VIAL. 2015.** *VII Informe Iberoamericano de Seguridad Vial 2015-2016.* s.l. : OISEVI, 2015.
- OCHOA, DIEGO ALVEIRO RESTREPO. 2013.** Grounded Theory as a methodology for the integration of structural and processual analysis in the investigation of Social Representations. Bogota : Universidad CES, 2013.
- OMS. 2017.** *Control de Velocidad.* SWITZERLAND : Organización mundial de la salud, 2017.
- . **2022.** *Traumatismos causados por el tránsito.* s.l. : OMS, 2022.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. 2017.** *La velocidad y los siniestros viales.* Washington, D.C : OPS, 2017. OPS/NMH/17-007.
- PAREDES, GALO, VILLAFUERTE, LUIS AND FALCONES, SÍXIFO. 2015.** Fuentes de Alimentación. *Diseño de una Fuente de Alimentación de dos Etapas: AC-DC con Corrección de Factor de Potencia y DC-DC con un Convertidor de Retroceso de dos Conmutadores (Two-Switch Flyback Converter) e Implementación de su Etapa AC-AC.* s.l., Guayaquil, Ecuador : ESPOL, 2015. p. 2.
- PARKASH, DAVINDER, KUNDU, TWINKLE AND KAUR, PREET. 2012.** The RFID technology and its applications: A review. *The RFID technology and its applications.* Faridabad : Trans Stellar, 2012.
- PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. 2006.** *Reglamento relativo a la armonización de determinadas disposiciones en materia social en el sector de los transportes por carretera.* s.l. : Unión Europea, 2006. 102.
- PATHAK, AMRITA. 2022.** Tecnología GNSS vs GPS. [En línea] 18 de Agosto de 2022. [Citado el: 23 de Octubre de 2022.] <https://geekflare.com/es/gnss-vs-gps-technology/>.
- PEÑA MILLAHUAL, CLAUDIO. 2020.** *Descubriendo Arduino.* Argentina : RedUsers, 2020. 9789874958242.
- PEÑA, CLAUDIO. 2020.** *Arduino IDE: Domina la programación y controla la placa.* Argentina : RedUsers, 2020. 9874757973.
- PETROPOULOS, GEORGE AND SRIVASTAVA, PRASHAT. 2021.** Chapter 2 - Fundamentals of structural and functional organization of GNSS. *GPS and GNSS Technology in Geosciences.* 2021.
- PORTILLO GARCIA, JAVIER I., BERMEJO NIETO, ANA BELEN AND BERNARDOS BARBOLLA, ANA M. 2018.** *Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID).* Colección de Informes de Vigilancia Tecnológica Madrid, CITIC; Universidad Politécnica de Madrid; CEDITEC; ETSIT. Madrid : Fundación Madrid para el conocimiento, 2018. p. 31.

- PORTUONDO PAISAN, YOEL AND PORTUONDO MORET, JUAN. 2010.** La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento e la calidad de los procesos de medición. *Tecnología química*. Santiago de Cuba : Universidad de Oriente, 2010.
- PRIMICIAS. 2022.** *¡Alerta!, no se quede dormido en el volante*. [Online] Marzo 14, 2022. [Cited: Septiembre 20, 2022.] https://www.primicias.ec/nota_comercial/autos/garage/talleres/alerta-no-se-queda-dormido-en-el-volante/#gsc.tab=0.
- PRIYA ISRAVEL, DEVA, et al. 2020.** Systems Simulation and Modeling for Cloud Computing and Big Data Applications. [ed.] Peter J. Dinesh and Steven L. Fernandes. *A novel framework for quality care in assisting chronically impaired patients with ubiquitous computing and ambient intelligence technologies*. s.l. : Academic Press, 2020, pp. 61-79.
- PROFETTO, LAURA, MONICA, GHERARDELLI AND LADANZA, ERNESTO. 2022.** Radio Frequency Identification (RFID) in health care: where are we? A scoping review. *5 Radio Frequency Identification (RFID) in health care*. s.l. : Health Technol., 09 01, 2022. Vol. 12, pp. 879-891.
- QUONTY. 2018.** *Tecnología inalámbrica*. [Online] Febrero 21, 2018. [Cited: Octubre 16, 2022.]
- RACC. 2016.** El «efecto túnel», ¿cómo afecta en la conducción? 02 25, 2016.
- RACE. 2017.** Los efectos del estrés al volante aumentan un 28% el riesgo de sufrir un accidente de tráfico | RACE. 06 29, 2017.
- ROCKETSCREAM. 2022.** *Lightweight Low Power Arduino Library – Rocket Scream*. [Online] 2022. [Cited: Diciembre 11, 2022.] <https://www.rocketcream.com/blog/2011/07/04/lightweight-low-power-arduino-library/>.
- RODRIGUES, HELDER. 2020.** [Online] 2020. [Cited: Noviembre 2022, 20.] https://github.com/itead/ITEADLIB_Arduino_Nextion.
- RODRÍGUEZ NAVARRO, DAVID. 2017.** Sistema de Posicionamiento Local en Interiores basado en PSD. *Tesis Doctoral*. Madrid : Universidad de Alcalá, 2017.
- RUALES AGUILAR, DIEGO MANUEL. 2017.** Definición de código de barras. [ed.] César Campos Contreras. *Implementación de un sistema de código de barras para mejorar la trazabilidad de los materiales en un warehouse de una empresa de servicios de mantenimiento de turbinas*. Lima, Perú : UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, 2017. p. 15.
- SAINI, RUPINDER AND RANA, NARINDER. 2014.** Comparison of Various Biometric Methods. s.l. : Rayat Institute of Engineering and IT, Marzo 2014. Vol. 2.
- SALEEM, HUSSAIN, ALI KHAN, MUHAMMAD ZAMIN AND AFZAL, SHIRAZ. 2012.** RFID Technology. *Review of Various Aspects of Radio Frequency Identification (RFID) Technology*. s.l. : IOSR Journal of Computer Engineering, 2012. 89.

- SAN JOSÉ VIECO, JOSÉ IVÁN, et al. 2015.** La identificación por radiofrecuencia (RFID) y sus aplicaciones. s.l. : Ediciones de la Universidad de Castilla-la Mancha, 2015.
- SANTO, MARISA AND LECUMBERRY, GRACIELA. 2018.** Análisis y comunicación de datos experimentales. *El proceso de medición*. Buenos Aires : Universidad Nacional de Rio Cuarto, 2018.
- SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. 2016.** *Clasificación Vehicular*. Quito : NTE INEN 2656, 2016. ICS:43.020.
- SILAS HUGHES. 2020.** Arduino UNO. *A review about Arduino Uno*. s.l. : Weebky, 2020.
- SIM COMPANY. 2022.** Módulo SIM808 con antena GSM y GPS. *SIM808*. s.l. : Mactronica, 2022.
- SOFTWARE EVALUATION. 2022.** ERP. *Comparison between RFID and barcode technologies*. 2022.
- STEAMTRACK. 2021.** Vigilo - Rastreo Satelital GPS Ecuador. [Online] 2021. [Cited: Octubre 23, 2022.] <http://www.vigilo.ec/>.
- SYED, P. S. 2014.** Batteries. 2014.
- Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño.* **PALMA CASTRO, CRISTIAN DAVID AND RODRÍGUEZ OSORIO, STEPHANIE. 2018.** s.l. : Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Agosto 2018, Letras ConCiencia TecnoLógica, pp. 43-52.
- TEOJAMA COMERCIAL. 2022.** 8 RECOMENDACIONES ESENCIALES PARA VIAJES LARGOS EN CARRETERA. [Online] Marzo 07, 2022. [Cited: Septiembre 20, 2022.] <https://www.teojama.com/blog/8-recomendaciones-esenciales-para-viajes-largos-en-carretera/>.
- TOLOSA BORJA, CÉSAR AND GIZ BUENO, ÁLVARO. 2015.** Sistemas Biométricos. *Funcionamiento de los sistemas biométricos*. 2015.
- TORRENTE, ÓSCAR. 2013.** *Arduino: Curso práctico de formación*. Mexico : Alpha Editorial, 2013. 6077079979.
- TRACKING SOLUTIONS. 2021.** TSO Mobile. [Online] Junio 20, 2021. [Cited: Octubre 23, 2022.]
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. 2020.** FMCSA - Federal Motor Carrier Safety Administration. *Regulaciones de las Horas de Servicio*. [Online] Federal Motor Carrier Safety Administration, 10 05, 2020. [Cited: 10 13, 2022.] <https://www.fmcsa.dot.gov/international-programs/mexico/resumen-de-las-regulaciones-de-horas-de-servicio>.
- VARELA, JAVIER. 2017.** RACE. *El estrés y el cansancio, enemigos al volante*. 09 04, 2017.
- VEDANTU. 2020.** Learn Live Online. *Uses of battery*. [Online] Learn Live Online, 2020. <https://www.vedantu.com/physics/uses-of-battery>.

VOLCA. 2019. Tipos de transporte de carga . *Volca Freight Forwarders: Logística internacional de excelencia.* [Online] 12 24, 2019. [Cited: 10 08, 2022.] <https://volca.com/tipos-de-transporte-de-carga/>.

WALFRONT. 2022. Placa de protección PCB BMS de 3Series 20A de 12.6V. s.l. : Amazon.com, 2022.

WORLD LIFE EXPECTANCY. 2020. World Life Expectancy. [Online] Accidentes de tránsito en Ecuador, 2020. <https://www.worldlifeexpectancy.com/es/ecuador-road-traffic-accidents>.

ANEXOS

Anexo A: Resultados de las encuestas

1: ¿Cuántos años ha trabajado como conductor en el sector de transporte terrestre de carga?

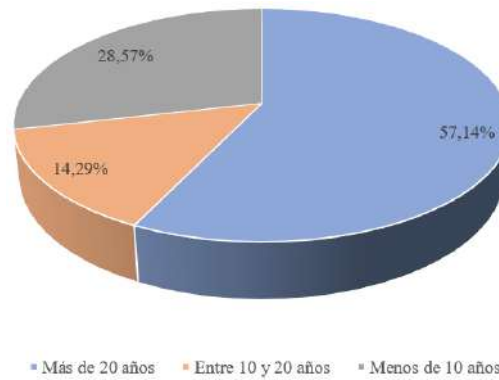


Gráfico 6-2. Muestra porcentual: Años de experiencia de los conductores.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

2: ¿Cuántos viajes largos realiza a la semana? y ¿De cuantas horas generalmente?

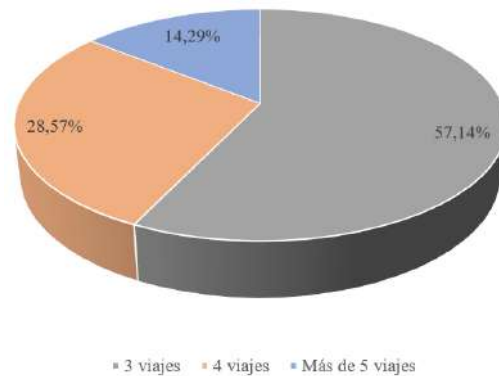


Gráfico 7-2. Estadísticas de la cantidad de viajes que realizan en una semana.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

3: ¿Cuántas veces descansa durante la ruta? y ¿De cuánto tiempo generalmente es el descanso?

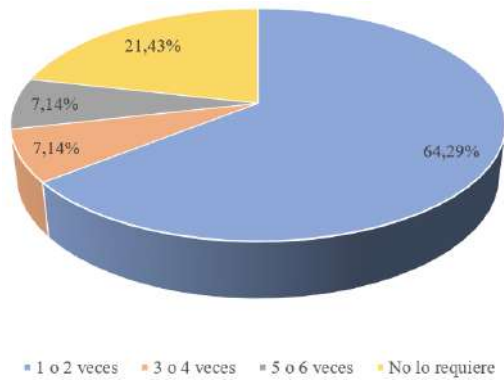


Gráfico 8-2. Muestra de tiempos de descanso por ruta

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

4: ¿Qué actividades lleva a cabo cuando toma un descanso en la ruta?

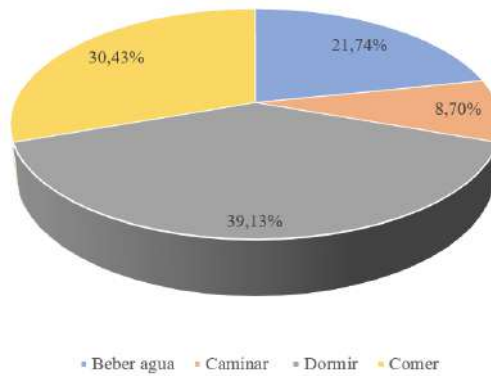


Gráfico 9-2. Actividades desarrolladas por un conductor en su tiempo de descanso

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

5: Ha conducido en estado de somnolencia o malas condiciones físicas (estresado, enfermo, irritable, abrumado, etc):

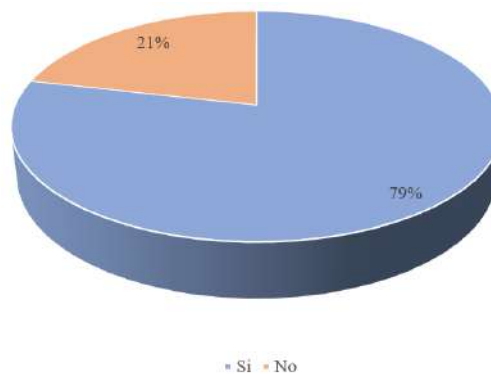


Gráfico 10-2. Muestra tomada de conductores que condujeron en mal estado físico

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

6: En alguna ruta durante su jornada laboral, ¿se ha visto involucrado en un siniestro de tránsito?

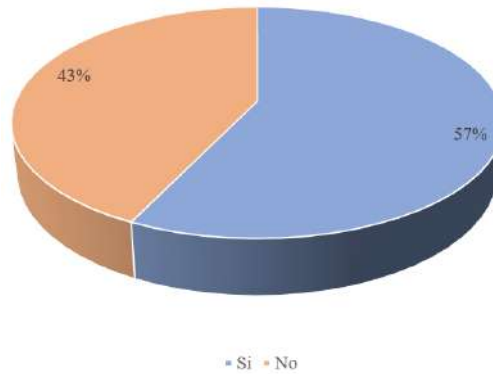


Gráfico 11-2. Porcentaje de accidentes en los que se han visto involucrados

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

7: En caso de sufrir algún desperfecto con el vehículo u otro acontecimiento que le impida cumplir con su ruta, ¿cuál es el protocolo a seguir?

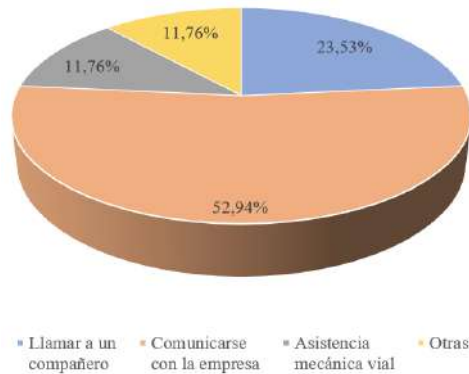


Gráfico 12-2. Clasificación de las acciones que realizan los conductores cuando se presentan eventos como fallas o accidentes.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

8: Durante la conducción, ¿ha sufrido de micro-sueños?

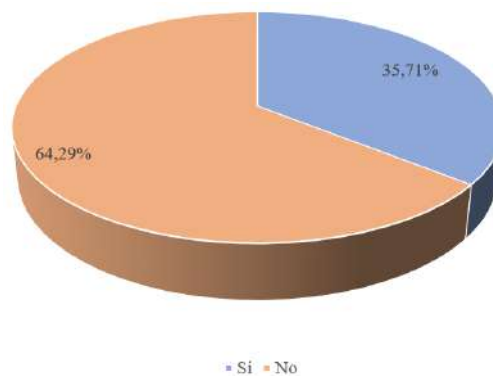


Gráfico 13-2. Porcentaje que ha padecido micro-sueños durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

9: Durante la conducción, ¿ha experimentado somnolencia?

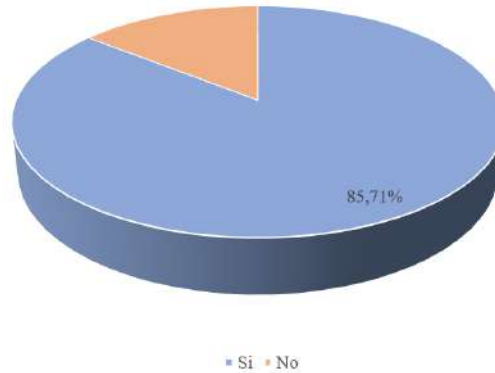


Gráfico 14-2. Porcentaje que ha padecido somnolencia durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

10: Durante la conducción, ¿ha sentido pérdida de la concentración?

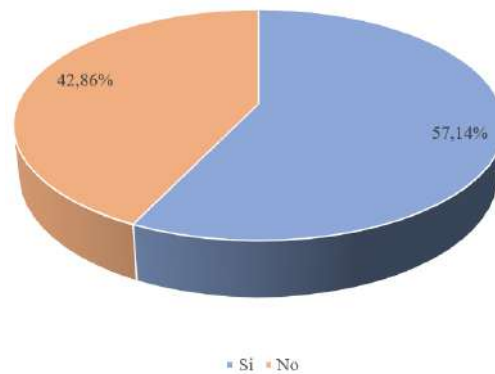


Gráfico 15-2. Porcentaje que ha padecido pérdida de la concentración durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

11: Durante la conducción, ¿ha experimentado parpadeo constante de los ojos?

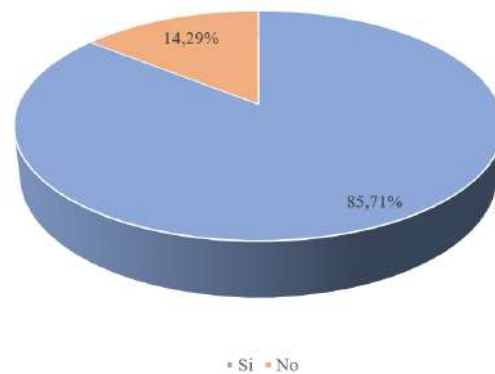


Gráfico 16-2. Porcentaje que ha padecido parpadeos constantes durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

12: Durante la conducción, ¿ha padecido dolores de espalda como consecuencia de manejar por largas jornadas?

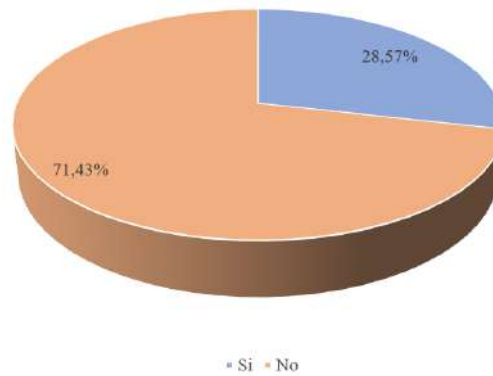


Gráfico 17-2. Porcentaje de conductores que ha padecido dolores de espalda durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

13: Durante la conducción, ¿ha sentido calambres como consecuencia de manejar por largas jornadas?

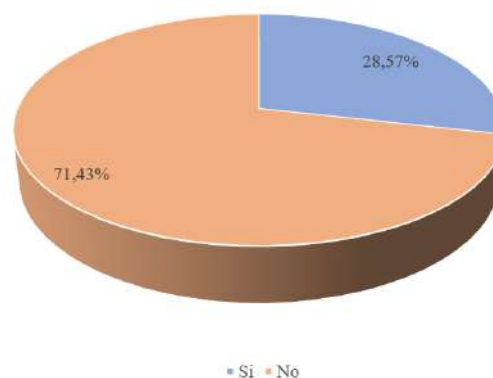


Gráfico 18-2. Porcentaje de conductores que ha padecido calambres durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

14: Antes de embarcarse en un largo viaje, ¿usted descansa 8 horas?

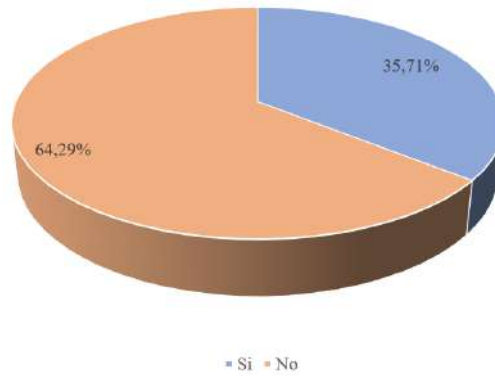


Gráfico 19-2. Estadística porcentual de los conductores que descansan 8 horas antes de un viaje.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

15: Durante su jornada laboral, ¿ha sentido cansancio excesivo?

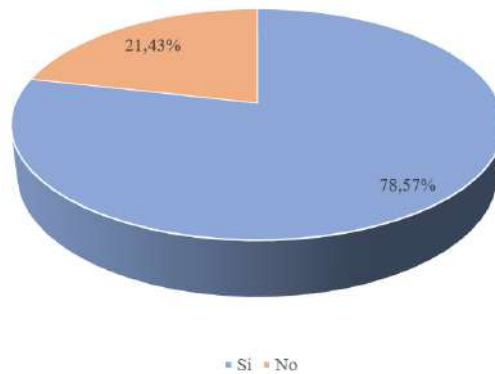


Gráfico 20-2. Porcentaje de conductores que ha sentido cansancio durante la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

16: Durante la conducción, ¿ha experimentado el efecto túnel?

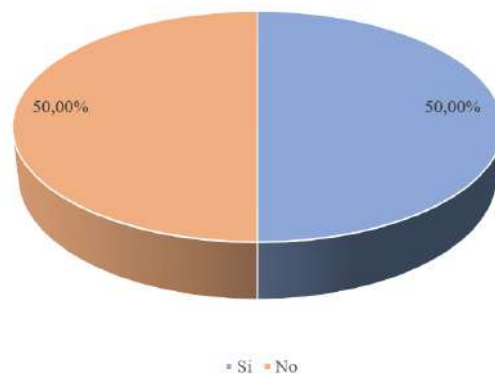


Gráfico 21-2. Porcentaje de conductores que han experimentado el efecto túnel en la conducción.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

17: Durante la conducción, ¿se ha percatado a qué velocidad va?

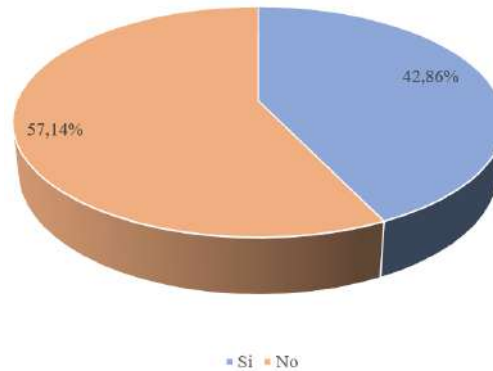


Gráfico 22-2. Muestra de conductores que se han percatado de la velocidad a la que circula en una ruta.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

18: Durante la conducción, ¿ha notado si ha excedido la velocidad?

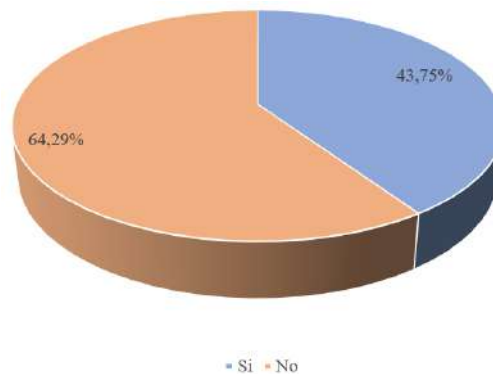


Gráfico 23-2. Porcentaje de conductores que han excedido la velocidad y lo han notado.

Realizado por: Juca, C.; Tarco D. 2022

Fuente: Encuestas, 2022

19: ¿La empresa cuenta con un servicio de gestión y control para de información para los conductores que transportan la carga?

La respuesta de la mayoría fue negativa, pues el monitoreo y/o que se les realiza a los conductores encuestados es a través del GPS del vehículo.

Anexo B: Código para el dispositivo

Arduino Nano

```
//////////////////////////////////////
//                                LIBRERIAS                                //
#include <SPI.h>                   // incluye bus SPI
#include <Nextion.h>               // Libreria para el HMI
#include <MFRC522.h>               // Especifica para MFRC522, RFID
#include <Time.h>                  // Libreria para configurar el reloj de tiempo real
#include <TimeLib.h>              // Libreria para configurar el reloj de tiempo real
#include <TinyGPS++.h>            // Libreria para usar el GPS
#include <SoftwareSerial.h>       // Libreria para la comunicacion con el GPS
//////////////////////////////////////
//                                DEFINICION DE PINES                    //
#define RST_PIN 9                 // Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10                 // Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
#define LED_RFID 14              // Pin 14 para el indicador de lectura rfid

#define EUR_PIN 16                // Pin 16, ingreso del dip switch para la N. Europea
#define USA_PIN 17               // Pin 17, ingreso del dip switch para la N. EE.UU.
#define MEX_PIN 18               // Pin 18, ingreso del dip switch para la N. Mexicana

#define R_PIN 3                  // Pin 3, para el color R del led RGB
#define G_PIN 5                  // Pin 5, para el color G del led RGB
#define B_PIN 6                  // Pin 6, para el color B del led RGB
#define VIN_PIN 15               // Pin 15, alimentacion del led RGB

#define RX_NEO 7                 // Definir el pin 7 como receptor del NEO_6M
#define TX_NEO 8                 // Definir el pin 8 como transmisor del NEO_6M

#define ALARMA 4                 // Definir el pin 4 para la alarma de exceso de velocidad

MFRC522 rfid(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522
SoftwareSerial neogps(RX_NEO,TX_NEO); //Indica la comunicacion serial para NEO-6M
//////////////////////////////////////

time_t fecha;

String VECTOR = "";
int hr;
int mn;
int sg;
float Velocidad;
int Vel;
int i = 0;
TinyGPSPlus gps;
//////////////////////////////////////
//                                DECLARACION DE LOS OBJETOS DEL HMI NEXION //
//-----//
// BOTONES
NexButton b0 = NexButton(0, 2, "b0"); // Agregar boton
NexButton b1 = NexButton(1, 3, "b1"); // Agregar boton
NexButton b2 = NexButton(1, 7, "b2"); // Agregar boton
NexButton b3 = NexButton(2, 2, "b3"); // Agregar boton
NexButton b4 = NexButton(2, 3, "b4"); // Agregar boton
NexButton b5 = NexButton(2, 5, "b5"); // Agregar boton
```

```

NexButton b6 = NexButton(5, 16, "b6"); // Agregar boton
NexButton b7 = NexButton(10, 19, "b7"); // Agregar boton
NexButton b8 = NexButton(10, 15, "b8"); // Agregar boton
NexButton b9 = NexButton(12, 4, "b9"); // Agregar boton

//NUMBER
NexNumber nCI = NexNumber(8, 13, "nCI"); // Number añadido
NexNumber nUID = NexNumber(8, 12, "nUID"); // Number añadido
NexNumber nDia = NexNumber(5, 4, "nDia"); // Number añadido
NexNumber nMes = NexNumber(5, 7, "nMes"); // Number añadido
NexNumber nYear = NexNumber(5, 8, "nYear"); // Number añadido
NexNumber nHor = NexNumber(5, 11, "nHor"); // Number añadido
NexNumber nMin = NexNumber(5, 12, "nMin"); // Number añadido

NexNumber nSeg = NexNumber(5, 13, "nSeg"); // Number añadido
NexNumber nEDV = NexNumber(12, 7, "nEDVg"); // Number añadido

NexNumber nDSR = NexNumber(12, 8, "nDSR"); // Number añadido
NexNumber sped = NexNumber(11, 4, "sped"); // Number añadido
NexNumber nHI = NexNumber(10, 4, "nHI"); // Number añadido
NexNumber nMI = NexNumber(10, 6, "nMI"); // Number añadido
NexNumber nSI = NexNumber(10, 8, "nSI"); // Number añadido
NexNumber nHPD = NexNumber(10, 10, "nHPD"); // Number añadido
NexNumber nMPD = NexNumber(10, 12, "nMPD"); // Number añadido
NexNumber nSPD = NexNumber(10, 14, "nSPD"); // Number añadido
NexNumber nH = NexNumber(10, 16, "nHPD"); // Number añadido
NexNumber nM = NexNumber(10, 17, "nMPD"); // Number añadido
NexNumber nS = NexNumber(10, 18, "nSPD"); // Number añadido

//TEXT BOX
NexText txtName = NexText(8, 9, "txtName"); // Number añadido
NexText txtBL = NexText(8, 10, "txtBL"); // Number añadido
NexText txtLC = NexText(8, 11, "txtLC"); // Number añadido

NexText txtPL = NexText(9, 6, "txtPL"); // Number añadido
NexText txtCH = NexText(9, 5, "txtCH"); // Number añadido
NexText txtMR = NexText(9, 9, "txtMR"); // Number añadido
NexText txtTV = NexText(9, 13, "txtTV"); // Number añadido
NexText txtPR = NexText(9, 10, "txtPR"); // Number añadido
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
NexTouch *nex_listen_list[] = {
    &b1, // Boton agregado
    &b6, // Boton agregado
    NULL // String terminated
};
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void setup() {

    Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicaci3n serial

    neogps.begin(9600);
    nexInit();
    SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI

```

```

rfid.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//                                     DECLARACION DE LOS PINES                                     //
pinMode (LED_RFID, OUTPUT);
pinMode (R_PIN, OUTPUT);
pinMode (G_PIN, OUTPUT);
pinMode (B_PIN, OUTPUT);
pinMode (VIN_PIN, OUTPUT);
pinMode (ALARMA, OUTPUT);
pinMode (EUR_PIN, INPUT);
pinMode (USA_PIN, INPUT);
pinMode (MEX_PIN, INPUT);

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

b1.attachPush(b1PushCallback, &b1); // Presionar el boton
b6.attachPush(b6PushCallback, &b6); // Presionar el boton

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
digitalWrite(VIN_PIN, HIGH);

for (int i=0; i<=10; i++){
  N_EUROPA ();
  checkbox_ER ();

  N_USA ();
  checkbox_US ();

  N_MEX ();
  checkbox_MX ();
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
delay(3000);
}

void loop() {
  nexLoop(nex_listen_list);
  set_tiempo();

//-----//
//                                     ACTIVA LA EXTRACCION DE DATOS GPS PARA VISUALIZARLOS                                     //
boolean newData = false;
for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
{
  while (neogps.available()) // Si existen datos, el modulo los obtiene
  {
    if (gps.encode(neogps.read())) // Obtiene las coordenadas y las almacena
    {
      newData = true;
    }
  }
}

if(newData == true) // Si existen datos, ingresa en el bucle
{
  newData = false;
  velocidad(); // Llama la funcion de transformacion de velocidad
  int v_max = 70;
  if (gps.speed.kmph()>=v_max) //Si la velocidad es excedida, inicia la alarma
  {
    for (int i=0; i<=5; i++){

```



```

        digitalWrite (ALARMA, HIGH);
        delay (60);
        digitalWrite (ALARMA, LOW);
        delay (70);
    }
}
}else{
    Serial.println("No hay datos");    //Si no hay datos obtenidos, no se accionara
}
//-----//
grafica();
}
//-----//
void b1PushCallback(void *ptr) // Evento cuando se pulsa el boton b1
{
    LECTURA_RFID ();
}

void LECTURA_RFID () {
    if ( rfid.PICC_IsNewCardPresent() ) { // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
        VECTOR = "";
        if ( rfid.PICC_ReadCardSerial() ) { // Seleccionamos una tarjeta
            for (byte i = 0; i < rfid.uid.size; i++) {
                VECTOR.concat(String(rfid.uid.uidByte[i], DEC));
                ONRFID_IND (); // Activacion del indicador de Lectura RFID
            }
            VECTOR.toUpperCase (); // Cambia a mayusculas todos los caracteres

            ESCRITURA_RFID_HMI (); //Escritura del codigo HMI

            rfid.PICC_HaltA(); // Detiene la comunicacion con la tarjeta

            rfid.PCD_StopCryptol(); // Detiene la encriptacion en PCD

            RDRFID ();
        }
    }
}
//-----//
void ONRFID_IND () {
    digitalWrite(LED_RFID, HIGH);
    delay (1000);
    digitalWrite(LED_RFID, LOW);
}
//-----//
void complete() {
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
    Serial.write(0xff);
}
//-----//
void ESCRITURA_RFID_HMI () {
    Serial.print ("n2.val=");
    Serial.print (VECTOR.substring(1));
    complete();
}
//-----//

```

```

void RDRFID () {
  if (LED_RFID != LOW) {
    Serial.print("n0.val=");
    Serial.print(1);
    complete();
  }
}
//-----//
void N_EUROPA () {
  if(digitalRead(EUR_PIN) == HIGH){ //
    digitalWrite(VIN_PIN, LOW);
    setColor(0,0,255);// azul

    delay(1000);
    setColor(0,0,0);
  }
}
void N_USA () {
  if(digitalRead(USA_PIN) == HIGH){ //
    digitalWrite(VIN_PIN, LOW);
    setColor(255,255,255);// light azul
    delay(400);
    setColor(0,0,0);
  }
}
void N_MEX () {
  if(digitalRead(MEX_PIN) == HIGH){ //
    digitalWrite(VIN_PIN, LOW);
    setColor(0,255,0);// verde
    delay(400);
    setColor(0,0,0);
  }
}

void checkbox_ER () {
  if (digitalRead(USA_PIN) == LOW && digitalRead(MEX_PIN) == LOW) {
    Serial.print ("n3.val=");
    Serial.print (1);
    complete();
  }
}

void checkbox_US () {
  if (digitalRead(EUR_PIN) == LOW && digitalRead(MEX_PIN) == LOW) {
    Serial.print ("n3.val=");
    Serial.print (2);
    complete();;
  }
}
void checkbox_MX () {
  if (digitalRead(EUR_PIN) == LOW && digitalRead(USA_PIN) == LOW) {
    Serial.print ("n3.val=");
    Serial.print (3);
    complete();
  }
}

void setColor(int red, int green, int blue){
  analogWrite(R_PIN, green);
  analogWrite(G_PIN, green);
  analogWrite(B_PIN, blue);
}

```

```

}
//-----//

////////////////////////////////////

void set_tiempo(){
    Serial.print ("nH.val=");
    Serial.print (hour());

    complete();

    Serial.print ("nM.val=");
    Serial.print (minute());
    complete();

    Serial.print ("nS.val=");
    Serial.print (second());
    complete();
}

//-----//
//      IMPRIME LA VELOCIDAD A PARTIR DE LA TRADUCCION DE COORDENADAS
void velocidad(){

    if (gps.location.isValid() == 1)    //Si la localizacion es valida, obtiene los datos
    {
        Velocidad = gps.speed.kmph();    //Almacena la velocidad obtenida
        Vel = int(Velocidad);
        Serial.print ("speed.val=");    //Envia los datos al HMI
        Serial.print (Vel);
        complete();
    }
}

//-----//
void grafica(){
    //GRAFICA
    int graph = int(gps.speed.kmph());
    String Tosend = "add ";
    Tosend +=2;
    Tosend +=",";
    Tosend +=1;
    Tosend +=",";
    Tosend +=graph;
    Serial.print(Tosend);    //Envio de los datos para el historico de la velocidad
    complete();
}

//-----//
void b6PushCallback(void *ptr){ // Evento cuando se pulsa el boton b6
    uint32_t hora = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de hora
    nHor.getValue(&hora); // Lea el valor configurado de hora
    uint32_t minu = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de minutos
    nMin.getValue(&minu); // Lea el valor configurado de hora
    uint32_t segu = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de segundos
    nSeg.getValue(&segu); // Lea el valor configurado de hora
    uint32_t dia = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de dia
    nDia.getValue(&dia); // Lea el valor configurado de hora
    uint32_t mes = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de mes
    nMes.getValue(&mes); // Lea el valor configurado de hora
    uint32_t yer = 0; // Crea una variable para almacenar el valor de año
    nYear.getValue(&yer); // Lea el valor configurado de hora
    setTime(hora, minu, segu, dia, mes, yer);
}

```

Arduino Pro-Micro

```
////////////////////////////////////
//-----LIBRERIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO-----//
#include <SD.h> // Libreria para usar las funciones de lectura SD
#include <DFRobot_SIM808.h> // Adquiere las funciones para manipular los comandos AT del SIM808
#include <sim808.h> // Permite utilizar funciones para cada capacidad del SIM808
#include <SPI.h> // Enciende el BUS SPI
////////////////////////////////////
//-----VARIABLES DE TEXTO Y CARACTERES-----//
#define DEBUG true
char phone_no[] = "0992172571"; // Numero de telefono configurado
String data[5]; // Variable para almacenar los datos del SIM808
String state,timegps,latitude,longitude; // Variables para obtener los datos del GPS
int panico=9; // Pin declarado para el boton de auxilio
int pan; // Variable para almacenar el valor a comparar con el estado de auxilio
int i=0; // Contador
int j=0; // Contador
int led = 8; // Pin declarado para encender el LED de recepcion SMS
char DAT; // Cadena de caracteres para almacenar el mensaje recibido a comparar
char DAT_dos; // Cadena de caracteres para almacenar el mensaje recibido a comparar
char DAT_GPS; // Cadena de caracteres para almacenar el mensaje recibido a comparar

char coordenada_gps; // Cadena de caracteres para almacenar el mensaje recibido a comparar
char datosSERIAL[30];
char clave_uno[]={'C','H','O','F','E'}; // Codigo para recibir la informacion del chofer
char clave_dos[]={'C','A','R','R','O'}; // Codigo para recibir informacion del vehiculo
char clave_gps[]={'G','P','S'}; // Codigo para recibir la posicion actual del vehiculo
char mensaje=0;
File myFile; // Valor para obtener los datos de la SD

void setup() {
  Serial1.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  lectura_SD(); // Funcion para inicializar la SD
  delay(50);
  Serial.println("Iniciando...");
  pinMode(panico, INPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  delay(150); //150
  //-----INICIA EL ENVIO DE COMANDOS AT PARA ACTIVAR LAS FUNCIONES DEL SIM808-----//
  Serial.println("1/4 Enviado 808: AT+CSMP=17,167,0,0"); // Pregunta si se encontro un mensaje o esta vacio
  delay(150);
  Serial1.println("AT+CMGF=1\r");// // Establece la comunicacion a traves de texto
  delay(150); //150
  Serial1.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r");// //Codigo para ver mensajes
  delay(150);
  Serial.println("2/4 Enviado 808: AT+CMGF=1");
  delay(400);
  sendData("AT+CGNSPWR=1",1000,DEBUG); //,DEBUG
  sendTabData("AT+CGNSINF",1000,DEBUG); //,DEBUG
  delay(150); //150
  Serial.println("3/4 Enviado 808: AT+CGNSPWR=1");
  delay(150);
  sendData("AT+CGNSSEQ=RMC",1000,DEBUG); //DEBUG GGA - RMC
  delay(150); //150
  Serial.println("4/4 Enviado 808: AT+CGNSSEQ=RMC");
  delay(150);
  Serial.println("Esperando una accion ....");
}
////////////////////////////////////
```

```

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void loop() {

  leer_mensajes_control(); // Espera la lectura del mensaje SMS recibido hacia el dispositivo

  pan=digitalRead(panico); // Se inicia la accion del pulsador de emergencia, una vez se haya accionado
  if (pan==LOW)
  {
    auxilio();           // Llama a la funcion que genera el SMS de emergencia o auxilio
    llamada();
  }
}

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//----- FUNCION PARA INICIAR LA LECTURA DE LA TARJETA SD-----//
void lectura_SD(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Iniciando SD ...");
  if (SD.begin(3)) {
    Serial.println("No se pudo inicializar");
    return;
  }else{

    Serial.println("inicializacion exitosa");
  }
}

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

void texto_datos(){
  myFile = SD.open("chofer.txt");//abrimos el archivo
  if (myFile) {
    Serial.println("chofer.txt:");
    mensaje='chofer.txt';
    while (myFile.available()){
      Serial.write(myFile.read());
      Serial1.write(myFile.read());
    }
    myFile.close(); //cerramos el archivo
  } else {
    Serial.println("Error al abrir el archivo");
  }
}

//////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
//          FUNCION PARA REALIZAR UNA LLAMADA DE EMERGENCIA Y ALERTA DE AUXILIO          //
void llamada(){
  Serial1.print("ATD");           // Comando para habilitar la llamada de voz
  Serial1.print("0992172571");    // Indica el numero de telefono para llamar
  Serial1.println(";");           // Establece que la llamada sera de voz y no FAX
  Serial.println("Llamando...");  // Muestra el estado del comando ejecutado
  delay(25000);                   // Tiempo de duracion de la llamada (25 segundos)
  Serial1.println("ATH");         // Comando para finalizar la llamada
  Serial.println("Llamada Finalizada"); // Indica que la llamada ha finalizado
}
//-----//

```

```

//-----//
void auxilio(){
  Serial.println("Boton de pánico detectado..."); // Indica que el pulsador de emergencia ha sido accionado
  Serial.println("DEBUG :");
  if (state !=0) {
    Serial.println("*****");
    Serial.println("Latitude :"+latitude); // Escribe la latitud del dispositivo
    Serial.println("Longitude :"+longitude); // Escribe la longitud del dispositivo
    Serial.println("*****");
    Serial.print("AT+CMGS=\""); // Comando para enviar el mensaje
    Serial.print(phone_no); // Enviar mensaje de texto al numero de telefono configurado
    Serial.println("\"); // Inicializa el SMS emitido
    delay(150);
    Serial.print("EMERGENCIA http://maps.google.com/maps?q=loc:"); // Envia la locacion con Google Maps
    Serial.print(latitude); // Envia la latitud del dispositivo
    Serial.print(",");
    Serial.print(longitude); // Envia la longitud del dispositivo
    delay(200);
    Serial.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
    delay(200);
    Serial.println();
    delay(10000);
    Serial.flush();
  } else {
    Serial.println("Iniciar GPS");
  }
}

//-----//
// FUNCION PARA REALIZAR UNA LLAMADA DE EMERGENCIA Y ALERTA DE AUXILIO //
void sendTabData(String command , const int timeout , boolean debug){
  Serial.println(command);
  long int time = millis();
  int i = 0;
  while((time+timeout) > millis()){
    while(Serial1.available()){
      char c = Serial1.read();
      if (c != ',') {
        data[i] +=c;
        delay(100);
      } else {
        i++;
      }
    }
    if (i == 5) {
      delay(100);
      goto exitL;
    }
  }
exitL:
  if (debug) {
    state = data[1];
    timegps = data[2];
    latitude = data[3];
    longitude = data[4];
  }
}

String sendData (String command , const int timeout ,boolean debug){
  String response = " ";
  Serial.println(command);
  long int time = millis();
  int i = 0;
  while ( (time+timeout) > millis()){
    while (Serial1.available()){
      char c = Serial1.read();
      response +=c;
    }
  }
  if (debug) {
    Serial.print(response);
  }
  return response;
}

```

```

void leer_mensajes_control() {
  mensaje:
  if (Serial1.available()>0) {
    char DAT = Serial1.read();
    if (DAT=='@') {
      Serial.println("Esperando recibir mensaje....");
      Serial.println(" MENSAJE RECIBIDO");
      while(true) {
        if (Serial1.available()>0) {
          char DAT_dos=Serial1.read();
          datosSERIAL[j]=DAT_dos;
          j++;
          if (DAT_dos=='\n') {
            Serial.println("Verificando codigo y accion....");
            Serial.println("Mensaje Recibido ++");
            for (int i=0;i<=j;i++){
              Serial.print(datosSERIAL[i]);
            }
            led_on();
            led_off();
            gps_on();
            error_de_codigo();
            delay(10);
            for(int i=0;i<=j;i++){ //Borra los datos del array
              datosSERIAL[i]=0;
              DAT_dos=0;
              DAT=0;
            }
            j=0; //Borra el acumulador
            goto mensaje; //Sale de todos los codigos y reinicia todo al inicio
          }
        }
      }
    }
  }
}

//*****
//-----FUNCION PARA COMPARAR LOS CODIGOS RECIBIDOS POR SMS-----//
void led_off() {
  if (datosSERIAL[0]==clave_dos[0] && datosSERIAL[1]==clave_dos[1] && datosSERIAL[2]==clave_dos[2] && datosSERIAL[3]==clave_dos[3] && datosSERIAL[4]==clave_dos[4]) {
    digitalWrite(led,LOW);
    Serial.println("LED DESACTIVADO");
    mensaje_apagado();
    texto_datos();
  }
}
//*****
void led_on() {
  if (datosSERIAL[0]==clave_uno[0] && datosSERIAL[1]==clave_uno[1] && datosSERIAL[2]==clave_uno[2] && datosSERIAL[3]==clave_uno[3] && datosSERIAL[4]==clave_uno[4]) {
    digitalWrite(led,HIGH);
    Serial.println("DATOS CHOFER ENVIADOS...");
    mensaje_encendido(); //envia mensaje al numero configurado
    texto_datos();
  }
}
//*****
void error_de_codigo() {
  if (datosSERIAL[0]==clave_uno[0] && datosSERIAL[1]==clave_uno[1] && datosSERIAL[2]==clave_uno[2] && datosSERIAL[3]==clave_uno[3] && datosSERIAL[4]==clave_uno[4]) {
    if (datosSERIAL[0]==clave_dos[0] && datosSERIAL[1]==clave_dos[1] && datosSERIAL[2]==clave_dos[2] && datosSERIAL[3]==clave_dos[3] && datosSERIAL[4]==clave_dos[4]) {
      Serial.println("Codigo enviado correcto");
    }
  }else{
    Serial.println("Codigo enviado incorrecto");
  }
}
//*****

```

```

void gps_on(){
  if (datosSERIAL[0]==clave_gps[0] && datosSERIAL[1]==clave_gps[1] && datosSERIAL[2]==clave_gps[2]){
    Serial.println("Codigo correcto GPS");
    //activacion_gps();
    envio_mensaje_gps_coordenada(); //Envia lat y long al telefono programado
    Serial.println("Lectura GPS enviada al celular inscrito...");
  }
}
//*****//
void mensaje_apagado(){
  Serial.println("DEBUG :");
  if (state !=0) {
    Serial.println("*****");
    Serial.print("AT+CMGS=\"");
    Serial.print(phone_no); //Enviar mensaje de texto
    Serial.println("\");
    delay(150);
    Serial.print("LED APAGADO");
    delay(200);
    Serial.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
    delay(200);
    Serial.println();
    delay(20000);
    Serial.flush();
  }
}
//*****//
void mensaje_encendido(){
  Serial.println("DEBUG :");
  if (state !=0) {
    Serial.println("*****");
    Serial.print("AT+CMGS=\"");
    Serial.print(phone_no); //Enviar mensaje de texto
    Serial.println("\");
    delay(150);
    Serial.print("LED ENCENDIDO");
    delay(200);
    Serial.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
    delay(200);
    Serial.println();
    delay(20000);
    Serial.flush();
  }
}
//*****//
void envio_mensaje_gps_coordenada(){
  Serial.println("DEBUG :");
  if (state !=0) {
    Serial.println("*****");
    Serial.println("State :"+state);
    Serial.println("Time :"+timegps);
    Serial.println("Latitude :"+latitude);
    Serial.println("Longitude :"+longitude);
    Serial.println("*****");
    Serial.print("AT+CMGS=\"");
    Serial.print(phone_no); //Enviar mensaje de texto
    Serial.println("\");
    delay(150);
    Serial.print("UBICACION ACTUAL http://maps.google.com/maps?q=loc:");
    Serial.print(latitude);
    Serial.print(",");
    Serial.print(longitude);
    delay(200);
    Serial.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
    delay(200);
    Serial.println();
    delay(20000);
    Serial.flush();
  }
}
//*****//

```


Anexo C: Páginas de la interfaz HMI

Página 1



Página 2



Página 3



Página 4



Página 5



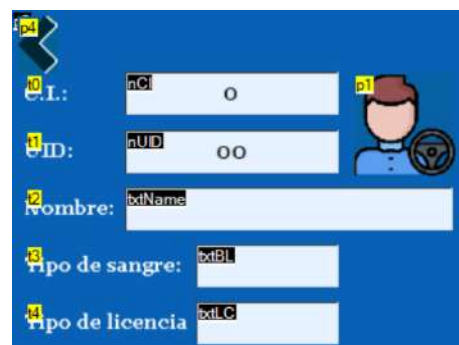
Página 6



Página 7

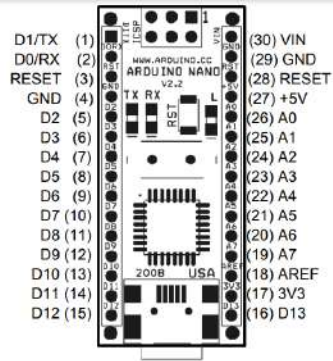


Página 8



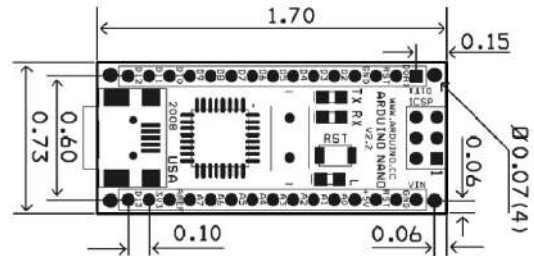
Anexo D: Datasheet Arduino Nano

Denominación de Pines



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

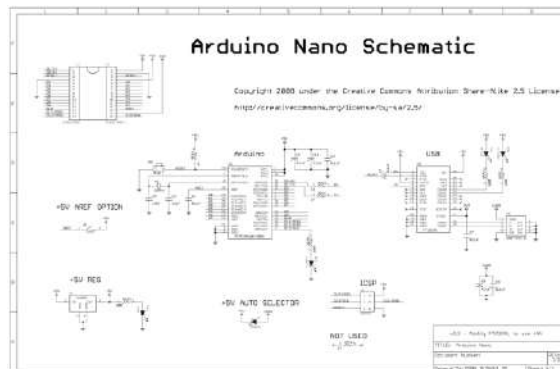
Dimensiones



Materiales

Item Number	Qty.	Ref. Desc.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1µF 50V 30%	C0805C104K50ACTU	Siemens	80-C0805C104K50	Mouser
2	3	C2,C6,C10	Capacitor, 4.7µF 50V 30%	T491M058030AT	Siemco	80-T491M058030	Mouser
3	2	C5,C8	Capacitor, 10µF 50V 5%	C0805C107K050ACTU	Siemco	80-C0805C107K050	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	1N5932B15	ON/Sem	80-1N5932B15	Mouser
5	1	U1,U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pin, ISP	68000-130-EP	FTDI	048-0000-13048.F	Mouser
6	1	H	Connector, Mini-B Recept	67508-1002	Molex	538-07602-0020	Mouser
7	1	IS	Header, 22P2.54mm	67995-272-EP	FCI	048-07995-27214.F	Mouser
8	1	U01	LED, Super Bright RED 300mcd 940nm 110degree	AP72025R0PHU	Kingbright	80L-AP72025R0PHU	Mouser
9	1	U02	LED, Super Bright GREEN 300mcd 570nm 110degree	AP72025R0GPHU	Kingbright	80L-AP72025R0GPHU	Mouser
10	1	U03	LED, Super Bright ORANGE 300mcd 600nm 110degree	AP72025R0OPHU	Kingbright	80L-AP72025R0OPHU	Mouser
11	1	U04	LED, Super Bright BLUE 300mcd 470nm 110degree	AP72025R0BPHU	Kingbright	80L-AP72025R0BPHU	Mouser
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5%	YC154-B-071KEL	Yageo	YC154-B-08CT-40	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 100 +/-5%	YC154-B-07100EL	Yageo	YC154-B-08CT-40	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact 20x11.5x4mm	813-1100P	Dipswi	SW1100CT-110	Digikey
15	1	U3	IC, Microcontroller AVR ATmega168 28 Pin, ISP	ATmega168-28AU	Atmel	506-ATMELGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pin, ISP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	Capacitor, 100nF 5V 20ppm	UA78M55C03R5G3	TI	593-UA78M55C03R5G3	Mouser
18	1	V1	IC, 3.3V 50mA Low Profile	ARL18-0006V2-82	Atraco	815-ARL-16-82	Mouser

Plano esquemático



Anexo F: Datasheet SIM808

Diagrama funcional

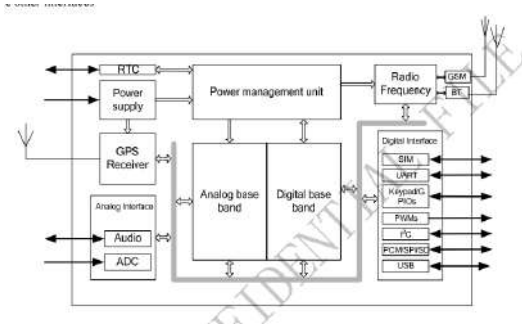
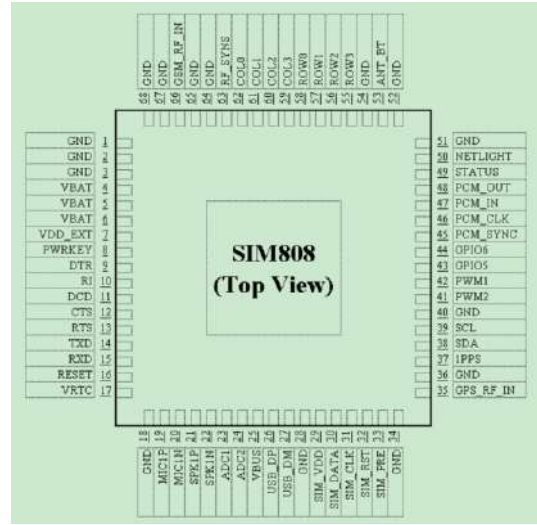


Diagrama de pines de salida



Esquema de alimentación ON/OFF

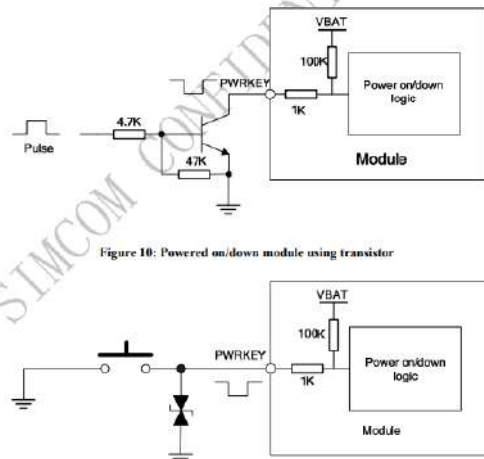
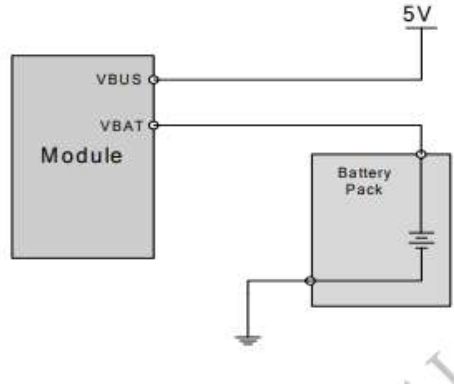


Diagrama de alimentación/carga



Anexo G: Datasheet HMI Nextion

Especificaciones

	Data	Description
Color	64K 65536 colors	16 bit 565, 5R-6G-5B
Layout size	85(L)×49.8(W)×4.6(H)	NX3224T028_011N
	85(L)×49.8(W)×5.8(H)	NX3224T028_011R
Active Area (A.A.)	70.2mm(L)×49.8mm(W)	
Visual Area (V.A.)	57.6mm(L)×43.2mm(W)	
Resolution	320×240 pixel	Also can be set as 240×320
Touch type	Resistive	
Touches	> 1 million	
Backlight	LED	
Backlight lifetime (Average)	>30,000 Hours	
Brightness	200nit (NX3224T028_011N)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
	180 nit (NX3224T028_011R)	0% to 100%, the interval of adjustment is 1%
Weight	32g (NX3224T028_011N)	
	29.5g (NX3224T028_011R)	

Características electrónicas

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Operating Voltage		4.75	5	7	V
Operating Current	VCC=+5V, Brightness is 100%	-	65	-	mA
	SLEEP Mode	-	15	-	mA
Power supply recommend: 5V, 500mA, DC					

Ambiente de trabajo

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Working Temperature	5V, Humidity 60%	-20	25	70	°C
Storage Temperature		-30	25	85	°C
Working Humidity	25°C	10%	60%	90%	RH

Rendimiento de las interfaces

	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
Serial Port Baudrate	Standard	2400	9600	115200	bps
Output High Voltage	IOH=-1mA	3.0	3.2		V
Output Low Voltage	IOL=1mA		0.1	0.2	V
Input High Voltage		2.0	3.3	5.0	V
Input Low Voltage		-0.7	0.0	1.3	V
Serial Port Mode	TTL				
Serial Port	4Pin_2.54mm				
USB interface	NO				
SD card socket	Yes (FAT32 format), support maximum 32G Micro SD Card * microSD card socket is exclusively used to upgrade Nextion firmware /HMI design				

Características de la memoria

Memory Type	Test Conditions	Min	Typical	Max	Unit
FLASH Memory	Store fonts and images			4	MB
RAM Memory	Store variables			3584	BYTE

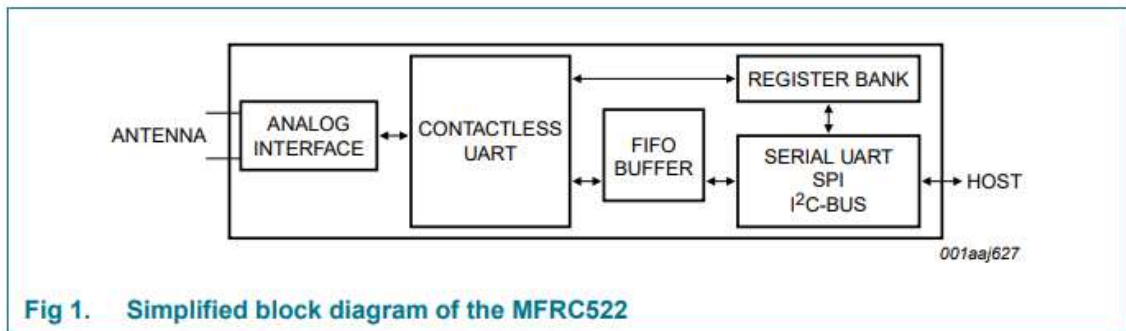
Anexo H: Datasheet módulo RFID RC522

Tabla de referencia de datos

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V _{DDA}	analog supply voltage	$V_{DD(PVDD)} \leq V_{DDA} = V_{DDD} = V_{DD(TVDD)}$; $V_{SSA} = V_{SSD} = V_{SS(PVSS)} = V_{SS(TVSS)} = 0\text{ V}$	[1][2] 2.5	3.3	3.6	V
V _{DDD}	digital supply voltage		2.5	3.3	3.6	V
V _{DD(TVDD)}	TVDD supply voltage		2.5	3.3	3.6	V
V _{DD(PVDD)}	PVDD supply voltage		[3] 1.6	1.8	3.6	V
V _{DD(SVDD)}	SVDD supply voltage	$V_{SSA} = V_{SSD} = V_{SS(PVSS)} = V_{SS(TVSS)} = 0\text{ V}$	1.6	-	3.6	V

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
I _{pd}	power-down current	$V_{DDA} = V_{DDD} = V_{DD(TVDD)} = V_{DD(PVDD)} = 3\text{ V}$				
		hard power-down; pin NRSTPD set LOW	[4] -	-	5	μA
		soft power-down; RF level detector on	[4] -	-	10	μA
I _{DDD}	digital supply current	pin DVDD; V _{DDD} = 3 V	-	6.5	9	mA
I _{DDA}	analog supply current	pin AVDD; V _{DDA} = 3 V, CommandReg register's RcvOff bit = 0	-	7	10	mA
		pin AVDD; receiver switched off; V _{DDA} = 3 V, CommandReg register's RcvOff bit = 1	-	3	5	mA
I _{DD(PVDD)}	PVDD supply current	pin PVDD	[5] -	-	40	mA
I _{DD(TVDD)}	TVDD supply current	pin TVDD; continuous wave	[6][7][8] -	60	100	mA
T _{amb}	ambient temperature	HVQFN32	-25	-	+85	°C

Diagrama de bloques



Información de pines

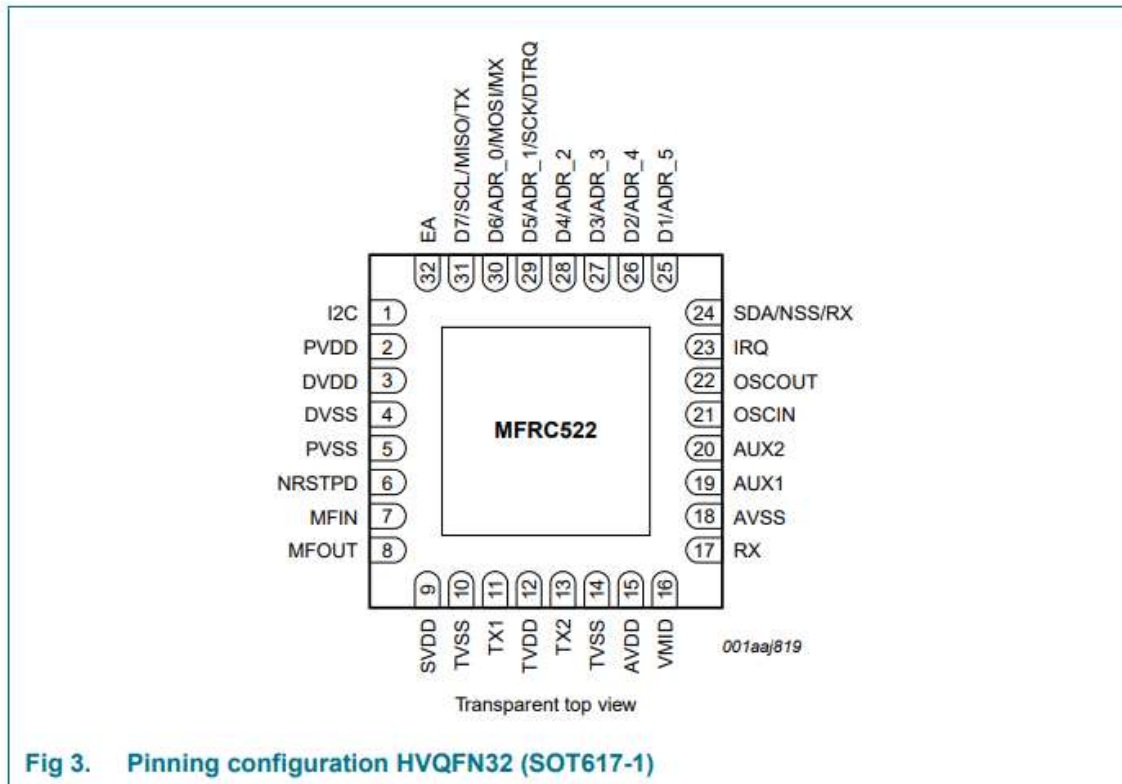


Fig 3. Pinning configuration HVQFN32 (SOT617-1)

Descripción de pines

Pin	Symbol	Type ^[1]	Description
1	I2C	I	I ² C-bus enable input ^[2]
2	PVDD	P	pin power supply
3	DVDD	P	digital power supply
4	DVSS	G	digital ground ^[3]
5	PVSS	G	pin power supply ground
6	NRSTPD	I	reset and power-down input: power-down: enabled when LOW; internal current sinks are switched off, the oscillator is inhibited and the input pins are disconnected from the outside world reset: enabled by a positive edge
7	MFIN	I	MIFARE signal input
8	MFOUT	O	MIFARE signal output
9	SVDD	P	MFIN and MFOUT pin power supply
10	TVSS	G	transmitter output stage 1 ground
11	TX1	O	transmitter 1 modulated 13.56 MHz energy carrier output
12	TVDD	P	transmitter power supply: supplies the output stage of transmitters 1 and 2
13	TX2	O	transmitter 2 modulated 13.56 MHz energy carrier output
14	TVSS	G	transmitter output stage 2 ground
15	AVDD	P	analog power supply



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/03/2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: CRISTIAN RONALDO JUCA RODRÍGUEZ DANIELA ALEXANDRA TARCO CHAFLA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Fernanda Arévalo M.



0553-DBRA-UPT-2023