



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN
SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MONITOREO Y
CONTROL DE ESTACIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA
CIUDAD DE AMBATO

Proyecto de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y DE LA COMUNICACIÓN

AUTOR: NOEMÍ ABIGAIL ALDÁS ROVAYO

TUTOR: ING. VÍCTOR SANTIAGO MANZANO VILLAFUERTE

AMBATO- ECUADOR

Febrero 2018

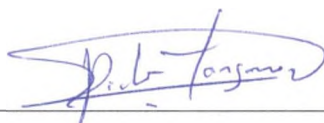
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del trabajo de Investigación sobre el Tema:

“SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE ESTACIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO”, de la señorita, NOEMÍ ABIGAIL ALDÁS ROVAYO estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Febrero de 2018.

EL TUTOR

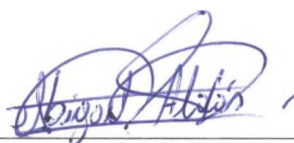


Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg.

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE ESTACIONES DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA CIUDAD DE AMBATO. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Febrero de 2018.



Noemí Abigail Aldás Rovayo

CC. 1803223666

DERECHOS DEL AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación. Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, Febrero de 2018.



Noemí Abigail Aldás Rovayo

CC. 1803223666

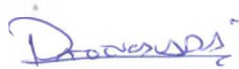
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO PARA ACUARIOS UTILIZANDO TECNOLOGÍAS GSM Y VOIP”, presentado por la señorita Jessica Andrea Vivanco Correa de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



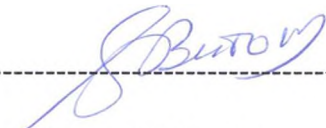
Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Patricio Encalada, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Geovani Brito, Mg.

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional otorgado a lo largo de mi vida. Por el cuidado, cariño, educación y valores impartidos que han marcado mi vida.

A mis hermanos por su apoyo, compañía y aliento en todo tiempo, a mis amigos y compañeros por el apoyo brindado en el transcurso de mi vida y carrera, lo que ha hecho posible el cumplimiento de mis metas y objetivos.

Noemí Abigail Aldás Rovayo

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mis pasos, haber cuidado de mí y mi familia, por su provisión y amor del cual he sido testigo toda mi vida. A mi familia por todo su esfuerzo y amor, a Isaí y Dana por su compañía incondicional y ternura. A todos mis amigos y a todos mis profesores durante mi educación en la primaria, secundaria y universidad, porque han marcado mi vida y me han llenado de muchos momentos memorables, porque me han ayudado a soñar con metas y logros más grandes, a todos quienes me han sido compañeros en el aprendizaje de la vida. Muchas gracias a todos.

Noemí Abigail Aldás Rovayo

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	i
AUTORÍA	ii
DERECHOS DEL AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción	xvi
Glosario Técnico y Acrónimos	xvii
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Delimitación	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Generales.....	5
1.5.2 Específicos	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes Investigativos	6
2.2 Fundamentación Teórica	11

2.2.1	El transporte urbano y la ciudad inteligente.....	11
2.2.2	Paradas Tradicionales, Paradas Innovadoras y Paradas Inteligentes ...	12
2.2.3	Sistema de Información.....	13
2.2.4	Actividades del sistema de información.	13
2.2.5	Comunicación Inalámbrica	14
2.2.6	Comunicación SPI.....	15
2.2.7	Sistemas Embebidos.	16
2.2.8	Servidor Web.	17
2.2.9	Base de Datos.....	18
2.2.10	LAMP.....	19
2.2.11	Aplicaciones móviles.	21
2.3	Propuesta de Solución	22
CAPÍTULO III.....		23
METODOLOGÍA		23
3.1	Modalidad de la Investigación	23
3.2	Recolección de Información.....	23
3.3	Procesamiento y Análisis de Datos	24
3.4	Desarrollo del Proyecto	24
CAPÍTULO IV		26
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		26
4.1.	Análisis de la situación actual de las paradas de transporte urbano existentes en la ciudad. 26	
4.2.	Requerimientos del Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano.....	31
4.3.	Diseño del Sistema de Información	33
4.3.1.	Selección de Equipos	36
4.3.2.	Módulo de la Unidad Móvil.....	44

4.3.3. Módulo de la Unidad de Procesamiento.	47
4.3.4. Servidor WEB.	47
4.3.5. Diseño del Sitio Web.	48
4.3.6. Informativo Unidad de Procesamiento.....	56
4.3.7. Aplicación para smartphone.....	57
4.3.8. Dispositivos Finales.	62
4.3.9. Funcionamiento del Sistema.	65
4.4. Análisis de Resultados	73
4.4.1. Análisis de Costos	75
CAPÍTULO V.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1 Conclusiones	77
5.2 Recomendaciones.....	78
MATERIALES DE REFERENCIA.....	79
Bibliografía	79
Anexos	85
ANEXO A: INFORMACIÓN PROVISTA POR LA UNIDAD DE TRANSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD DEL GAD AMBATO	85
ANEXO B: HOJA TÉCNICA DEL CONTROLADOR ATmega328P.....	96
ANEXO C: HOJA TÉCNICA DE LA PLACA RASPBERRY PI 3.....	105
ANEXO D: HOJA TÉCNICA MÓDULO DE COMUNICACIÓN NRF24L01.....	107
ANEXO E: HOJA TÉCNICA PANTALLA LCD-TFT TÁCTIL.....	113
ANEXO F: INSTALACIÓN DEL SERVIDOR WEB	115
ANEXO G: CÓDIGO MAPA PARADAS INNOVADORAS.....	124
ANEXO H: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO PRESENTE EN LA UNIDAD MÓVIL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	129

ANEXO I: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO PRESENTE EN LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	134
ANEXO J: ALGORITMO UNIDAD DE PROCESAMIENTO (UP).....	138
ANEXO K: ALGORITMO UNIDAD MÓVIL (UM).....	140
ANEXO L: ALGORITMO PARA VISUALIZACIÓN DE TABLERO DE UNA RUTA, DIRECCIÓN Y SIGUIENTE BUS EN LLEGAR.	153
ANEXO M: PRUEBAS DE COMUNICACIÓN NRF24L01.....	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de las paradas innovadoras de la ciudad de Ambato.	27
Tabla 2: Nomenclatura de Líneas de Transporte público urbano de la ciudad de Ambato.	29
Tabla 3: Comparación de controladores para su uso en la Unidad Móvil.	36
Tabla 4: Comparación de controladores para la Unidad de Procesamiento.	37
Tabla 5: Comparación de módulos para la comunicación entre la Unidad Móvil y la Unidad de Procesamiento.	41
Tabla 6: Características técnicas del módulo NRF24L01.	42
Tabla 7: Distribución de pines tarjeta MicroSD.	45
Tabla 8: Información enviada a la UP desde la UM.	68
Tabla 9: Tiempo de carga del informativo del SII.	74
Tabla 10: Consumo energético del prototipo de la Unidad de Procesamiento.	74
Tabla 11: Consumo energético del prototipo de la Unidad Móvil.	75
Tabla 12: Costo de implementación prototipo Unidad Móvil.	75
Tabla 13: Costo de implementación prototipo Unidad de Procesamiento.	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama comunicación SPI.	15
Figura 2: Mapa de la ciudad de Ambato con la localización de las paradas innovadoras.	28
Figura 3: Información de transporte público presente en las paradas innovadoras ...	29
Figura 4: Comunicación Parada de Transporte y Unidad Móvil.	32
Figura 5: Comunicación entre el usuario y la parada.	33
Figura 6: Diagrama del Sistema de Información Integrado para el monitoreo y control de estaciones de transporte público urbano.	33
Figura 7: Raspberry PI 3 Modelo B.	40
Figura 8: GPIO Raspberry Pi.	41

Figura 9: Distribución de pines del módulo nRF24101.....	43
Figura 10: Pantalla LCD Táctil de 2,4 pulgadas.....	44
Figura 11: Diagrama tarjeta MicroSD.....	45
Figura 12: Diagrama divisor de voltaje.....	46
Figura 13: Proceso de Instalación del Servidor WEB.....	48
Figura 14: Sitio web del Sistema de Información Integrado.....	49
Figura 15: Sitio web, mapa ruta La Joya.....	49
Figura 16: Sitio web, ruta La Joya información detallada.....	50
Figura 17: Sitio web, mapa Paradas Innovadoras.....	50
Figura 18: Sitio web, información detalla Paradas Innovadoras.....	51
Figura 19: Sitio web, consulta horarios paradas innovadoras fuera del horario de funcionamiento.....	51
Figura 20: Sitio web, consulta horarios paradas innovadoras dentro del horario de funcionamiento.....	52
Figura 21: Código mapa Paradas Innovadoras.....	53
Figura 22: Menú Monitoreo y Control.....	53
Figura 23: Portal de autenticación.....	54
Figura 24: Panel de monitoreo general.....	54
Figura 25: Panel de monitoreo para administradores de unidad.....	55
Figura 26: Panel de monitoreo para Cooperativa.....	55
Figura 27: Historial de Consulta.....	56
Figura 28: Informativo paradas Innovadoras.....	56
Figura 29: Informativo paradas Innovadoras.....	57
Figura 30: Plataforma de programación AppInventor.....	58
Figura 31: Pantalla de Inicio App.....	58
Figura 32: Pantalla Principal App.....	58
Figura 33: Menú App.....	58
Figura 34: Mapa con localización del usuario y ubicación de Paradas Innovadoras.....	59
Figura 35: Mapa ruta La Joya.....	59
Figura 36: Opciones de Consulta App.....	60
Figura 37: Resultados de la Consulta App.....	60
Figura 38: Sitio Web App.....	61
Figura 39: Paradas Innovadoras Sito Web App.....	61

Figura 40: Información detallada Paradas Innovadoras Sitio Web App.....	61
Figura 41: Ruta La Joya Sitio Web App.	61
Figura 42: Información detallada ruta "La Joya" Sitio Web App.	61
Figura 43: Opción Ayuda App.	62
Figura 44: Diagrama del prototipo presente en la Unidad Móvil.	63
Figura 45: Placa del dispositivo de la Unidad Móvil.	63
Figura 46: Prototipo final de la Unidad Móvil.....	64
Figura 47: Diagrama de Conexión de la Unidad de Procesamiento.	64
Figura 48: Placa del dispositivo de la Unidad de Procesamiento.	65
Figura 49: Prototipos Finales.	65
Figura 50: Funcionamiento de la Unidad de Procesamiento.	66
Figura 51: Funcionamiento de la Unidad Móvil.	69
Figura 52: Tabla informativa.	70
Figura 53: Diagrama ruta "La Joya - Parque Industrial".....	71
Figura 54: Diagrama ruta "Ruta 2".	71
Figura 55: Algoritmo tablero de horarios.	72

Resumen

Mejorar el servicio de transporte público de una ciudad, conlleva a mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Un eje importante es proveer a los usuarios información en tiempo real acerca del servicio, anticipando su llegada y reduciendo el tiempo de abordaje al mismo, evitando congestión de tráfico en la urbe.

El presente proyecto de titulación diseña un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de transporte público urbano en la ciudad de Ambato. El sistema mantiene informados a los usuarios acerca de las paradas, rutas y horarios del transporte público; monitorea los registros del recorrido del bus, actividad de las cooperativas y paradas. Se hace uso de dispositivos de radiofrecuencia para la realización de comunicación inalámbrica entre el automotor y la estación de transporte público, la cual recibe la información entregada por la unidad móvil y la envía a una base de datos presente en un servidor WEB, donde es procesada y reenviada a la estación para su socialización con el usuario.

El servicio WEB y la aplicación móvil permiten al usuario observar la localización de las paradas y la ruta que realizan las unidades, y un portal web permite el monitoreo del servicio. Además el proyecto cuenta con un sistema de audio que brinda información del recorrido a las personas a través de un parlante ubicado en la estación y en la unidad móvil, facilitando el uso del servicio de transporte público a los usuarios con discapacidad visual y a la población analfabeta. El sistema fue probado en tres paradas y con dos buses, comprobando la correcta comunicación con un alcance mayor a 20 metros y una rápida respuesta del sistema, con un tiempo aproximado de 1 segundo desde el registro del bus a la parada hasta la actualización del dato en el sitio web.

Abstract

Improving the public transport service of a city entails improving the quality of life of its inhabitants. An important axis is to provide users with real-time information about the service, anticipating their arrival and reducing the time of boarding, avoiding traffic congestion in the city.

The present project designs an Integrated Information System for the Monitoring and Control of Stations of urban public transport in the city of Ambato. The system keeps users informed about the stops, routes and schedules of public transportation; It monitors the route of the bus, activity of the cooperatives and stations of public transport. Radio frequency devices are used for the realization of wireless communication between the bus and the public transport station, which receives the information delivered by the mobile unit and sends it to a database present on a WEB server, where it is processed and forwarded to the station for its socialization with the user.

The WEB service and the mobile application allow the user to observe the location of the stops and the route made by the units, and a web portal allows the monitoring of the service. In addition, the project has an audio system that provides information of the route to people through a speaker located in the station and the mobile unit, facilitating the use of public transport service to users with visual disabilities and the population illiterate. The system was tested in three stops and with two buses, verifying the correct communication with a range greater than 20 meters and a rapid response of the system, with an approximate time of 1 second from the bus registration to the stop until the update of the data on the website.

Introducción

El servicio de transporte público de una ciudad es un eje importante para el desarrollo de la misma, permitiendo a los ciudadanos una movilización eficiente para la realización de sus diferentes actividades económicas.

El proyecto se encuentra estructurado de tal manera que en el Capítulo I se describe la problemática generada debido a la falta de un sistema de información que permite el monitoreo y control del servicio de transporte público.

En el Capítulo II se detalla un análisis sobre los trabajos investigativos previos relacionados con sistemas de información de transporte público y paradas inteligentes, también se encuentra la fundamentación teórica que sustenta la realización del presente proyecto, finalizando con la propuesta que da solución a la problemática descrita en el capítulo I.

El Capítulo III describe la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto investigativo.

En el Capítulo IV se detalla de forma específica la elaboración del prototipo del sistema de información integrado, analizando los requerimientos técnicos y comparando distintas tecnologías para su uso, buscando los que mejor se adapten para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Finalmente en el Capítulo V se redactan las conclusiones y recomendaciones resultantes de la elaboración de este proyecto de investigación, para su uso como referencia para la elaboración de proyectos futuros.

Glosario Técnico y Acrónimos

BD: Base de datos.

CE: Pin selector que habilita el modo de transmisión (Tx) o recepción (Rx) en comunicación SPI.

CS: Pin selector de dispositivo esclavo en comunicación SPI.

CSI: Interfaz de cámara.

DSI: Interfaz de pantalla.

FTP: File Transfer Protocol. Protocolo para la Transferencia de Archivos.

GPIO: General Purpose Input/Output. Entradas y Salidas de propósito general.

GPRS: General Packet Radio Services. Servicio general de transferencia de paquetes vía radio.

GPS: Global Positioning System. Sistema de Posicionamiento Global.

GUI: Graphical User Interface. Es una interfaz gráfica para el usuario, permite al usuario interactuar de forma fácil y entendible con aplicaciones electrónicas.

HTTP: Protocolo de transferencia de hipertexto.

I2C: Protocolo de comunicación serial, establece una comunicación maestro-esclavo, permite a varios maestros controlar múltiples esclavo.

IDE: Integrated Development Environment. Es un ambiente integrado para el desarrollo de aplicaciones o software, consiste en un editor de código, herramientas para la construcción y depuración de código.

LAMP: Modelo de pila de soluciones para servicios WEB, nombrado por el acrónimo de sus componentes, sistema operativo Linux, servidor Apache HTTP, sistema de administración de bases de datos MySQL y lenguaje de programación PHP:

LCD: Pantalla de Cristal Líquido.

LNA: Amplificador de bajo ruido, es un amplificador electrónico que amplifica una señal de muy baja potencia sin degradar la relación señal a ruido, están diseñados para minimizar el ruido adicional.

MISO: Master Input Slave Output. Salida de datos del esclavo hacia el maestro.

MOSI: Master Output Slave Input. Salida de datos del maestro hacia el esclavo.

PCM: Modulación por pulsos codificados.

PWM: modulación de ancho de pulso. Los pines PWM (presentes en microcontroladores) permiten realizar esta modulación en sus salidas.

RF: Radio Frecuencia.

RFID: Identificación por radio frecuencia.

SCLK: Pin de reloj para comunicación SPI.

SD: Secure Digital. Seguridad Digital, formato de tarjeta de memoria para dispositivos portátiles.

SGBD: Software para la gestión de Base de Datos.

SII: Sistema de Información Integrado.

SOA: Arquitectura Orientada a Servicios.

SPI: Serial Peripheral Interface. Interfaz Periférica Serial.

SSL: Secure Socket Layer. Protocolo de seguridad entre aplicaciones mediante claves de cifrado.

TCP: Protocolo de control de transmisión, es uno de los principales del conjunto de protocolos que utiliza Internet.

TFT-LCD: Thin film transistor-liquid crystal display. Es una variante de una pantalla de cristal líquido LCD que utiliza tecnología de transistor de película delgada TFT para mejorar las cualidades de la imagen.

TICS: Tecnologías de la Información y Comunicación.

TLS: Transport Layer Security o seguridad en capas de transporte, es un protocolo criptográfico que garantiza las comunicaciones en Internet.

UART: Receptor/Transmisor asíncrono universal. Es una interfaz de comunicación serie.

UM: Unidad Móvil (autobus).

UP: Unidad de procesamiento (presente en la estación o parada).

WAV: Waveform audio file format. Formato de archivos de audio

XML: Lenguaje de programación “eXtensible Markup Language” (Lenguaje de marcado extensible).

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema de Investigación

Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano en la ciudad de Ambato.

1.2 Planteamiento del Problema

El transporte público urbano representa una base importante para el desarrollo de la sociedad ya que permite la movilización de todos quienes la conforman teniendo efecto en el avance económico de una nación, por lo que el acceso a información acerca de este sistema de movilización es primordial para su mejor uso. La falta de información acerca del transporte público urbano hacia sus usuarios, provoca incomodidad, así como una falta de eficiencia en el desempeño del mismo dentro de la ciudad. A nivel nacional se requiere de estaciones o paradas de transporte público urbano, especialmente de buses, que provean información al usuario acerca del recorrido, así como del tiempo de partida del último bus y el tiempo estimado de llegada del siguiente; además se requiere que éstas sean amigables con usuarios no videntes y con personas que no puedan leer correctamente, ya que para este sector de la población el uso del transporte público urbano puede representar todo un reto por el que deben pasar día a día [1].

La ausencia de un sistema de información en las paradas de buses dificulta a los usuarios poder organizar sus horarios para el viaje o prever si necesitaran un medio de transporte alternativo para llegar a tiempo a su destino, provocando a su vez congestión del tráfico en la urbe y causando demora en los tiempos de abordaje al transporte, además de no facilitar el desplazamiento de turistas dentro de la ciudad.

Hoy en día se hablan de paradas inteligentes, algunas de estas ya han sido implementadas en ciertas ciudades del país, como es el caso de la ciudad de Ibarra, que en el año 2016 fueron inauguradas las primeras ocho de 150 que serán implementadas hasta el 2019, las mismas que constan de un monitor por el que se brinda información sobre la rutas de los autobuses y tiempo de llegada, esto mediante señal de GPS de cada unidad [2], pero éstas no poseen un sistema de información audible para personas no videntes, además es importante mencionar que estas paradas tienen un alto costo de implementación.

Actualmente en la provincia de Tungurahua no se dispone de paradas inteligentes que muestren información acerca de recorridos del transporte público urbano como tiempos de arribo y partida; las paradas innovadoras disponibles en el cantón Ambato solo cuentan con Internet gratuito mediante WiFi con alcance de hasta 300 metros, tomas de corriente para conexión de aparatos electrónicos y acceso al informativo municipal por medio de pantallas LED [3]. Para el 2016 estuvo prevista la colocación de 50 paradas de este tipo [4], pero es importante que aparte de mostrar publicidad en las pantallas, también se pueda proveer de un sistema de información para los usuarios acerca de los recorridos y horarios, además es necesario el facilitar información audible para las personas que lo necesiten con el fin de ayudarlos en el uso del servicio del transporte público.

1.3 Delimitación

El presente proyecto se desarrolló bajo los siguientes lineamientos.

Área Académica: Ingenierías.

Línea de Investigación: Tecnologías de la Información y de la Comunicación.

Delimitación espacial: El proyecto se encuentra proyectado para uso dentro del Cantón Ambato en la Provincia de Tungurahua.

Delimitación Temporal: El proyecto se desarrolló en el período Febrero 2017 – Febrero 2018 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Justificación

En el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, no se cuenta con paradas inteligentes que provean información a los usuarios del transporte público urbano acerca de los recorridos y tiempos de arribo y partida de los autobuses, y que a la vez faciliten esta información de manera audible para ayudar el uso de este servicio a los usuarios no videntes o que no puedan leer, además se necesita de un sistema que permita el control y monitoreo de las rutas de los automotores; por lo que surge la necesidad de desarrollar un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano en la Ciudad de Ambato que permita un uso más eficiente de la ciudadanía hacia este servicio.

El ofrecer un servicio de movilización más preciso en cuanto a horarios, ayuda a reducir los retrasos en el abordaje de pasajeros, a la vez de ayudar a turistas y visitantes movilizarse con facilidad. Un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano permitirá controlar el paso de los automotores por las paradas para recolección de pasajeros, anticipando a los usuarios acerca de lo que será el viaje y ofreciendo a su vez soluciones alternativas de

desplazamiento. De este modo se ofrece un mejor servicio, así como ayudar a una mejor organización en la ciudadanía para su respectiva movilización; además de tener la habilidad de observar si la frecuencia de transporte es la adecuada para el número de usuarios según cada recorrido.

Según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Censos, en el Cantón Ambato habitan 236,473, de las cuales 5,457 poseen discapacidad visual y 16,496 personas de la población es analfabeta [5]. La Unidad de Transporte Municipal de Ambato, estima que alrededor de 172,000 personas viajan por día en 459 buses [6]; por lo que con la realización del Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano se tiene como beneficiarios directos principalmente a los usuarios regulares del transporte público urbano, así como a visitantes y turistas, y a la vez facilita el uso de este servicio a personas no videntes o que no puedan leer permitiendo la inclusión de toda la población al uso del sistema de transporte público urbano, además permite el beneficio de las instituciones u organizaciones a cargo del control del transporte público urbano y de tránsito en general, ya que les permite tener un mejor control sobre el mismo; también se benefician indirectamente la población en general, ya que se ayuda a tener una mejor organización en la ciudad y por ende una mejor fluidez de tráfico. El proveer de un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano a la ciudadanía, además de contribuir con el desarrollo tecnológico de la ciudad, permite acercarla cada vez más a ser una ciudad inteligente.

La investigación a realizarse para el presente proyecto posee importancia teórica - práctica referente a las Comunicaciones Inalámbricas y a sistemas electrónicos embebidos, ya que se desarrolla un sistema de información de estaciones de buses urbanos, esta investigación puede servir de base para la implementación de futuros proyectos en relación a redes inalámbricas en sistemas de información. Además que hoy en día se cuenta con una amplia gama de tecnologías que permiten la implementación de este sistema a un bajo costo gracias a la disposición de hardware y software libre.

1.5 Objetivos

1.5.1 Generales

Implementar el prototipo de un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

1.5.2 Específicos

- Analizar la situación actual de las paradas de transporte público urbano en la ciudad de Ambato.
- Determinar las tecnologías que serán necesarias utilizar para el desarrollo del Sistema de Información Integrado de estaciones de transporte público urbano.
- Determinar las tecnologías que serán necesarias utilizar para el desarrollo del Sistema de Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano.
- Diseñar el prototipo del Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Una vez realizada la investigación bibliográfica en diferentes repositorios de Universidades y de Organizaciones internacionales de Ingeniería afines a la carrera, se han encontrado trabajos similares al planteado en este proyecto de investigación.

Edison Ojeda y Maricela Semanate en su trabajo de titulación realizaron el diseño e implementación del hardware y software de un sistema de monitoreo de paradas de buses de una compañía de transporte público del Distrito Metropolitano de Quito usando tecnologías inalámbricas como el Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS) y Servicio General de Paquetes de Vía Radio (General Packet Radio Service, GPRS) con el fin de controlar el uso indebido de las paradas de transporte público y optimizar tiempos en el recorrido realizado, este sistema utilizó el módulo GPS que permite obtener datos de la localización de la unidad de transporte que posteriormente son enviados hacia un sitio web diseñado exclusivamente para este sistema por medio de tecnología GPRS, los datos en el servidor web reflejaron el recorrido realizado por la unidad de transporte para posteriormente ser analizados y evaluados para establecer un patrón de tiempos empleados, proceder de recorrido y faltas cometidas por el conductor con el fin de mejorar la calidad de servicio brindado por la compañía. El sistema diseñado es presentado como una herramienta potencial para controlar y sancionar contravenciones [7].

En 2015, José Nieto realizó la implementación y programación de un sistema GPS para geolocalización vía internet de un midibus de transporte público; esto con el fin de tener información sobre las rutas establecidas conociendo los valores de posición, velocidad, aceleración, para la realización de este proyecto hizo uso de placas micro-controladas para la programación, comunicación y entrega de datos, así como de un módulo GPS para la recolección de los mismos; con el desarrollo de esto, se puede conocer si el chofer de la unidad se encuentra fuera de los límites de velocidad permitidos, si la ruta realizada es la correcta y además frente a alguna eventualidad inesperada, su sistema de monitoreo remoto le permitirá una pronta respuesta de organismos de socorro [8].

XIE Zhaohong, en su publicación “Diseño de tablero electrónico humanista de la estación de autobuses en el Sistema de Tráfico Público”, muestra la implementación de un tablero informativo en tiempo real acerca del servicio de transporte urbano con datos de los tiempos de llegada y partida de buses de estaciones, se trata de un sistema dinámico en tiempo real con sistema de visualización utilizando tecnología infrarroja para la comunicación entre bus y estación, además de dispositivos diseñados por el mismo autor para la realización de la etapa de control del proyecto, pero la implementación de estos dispositivos posee un costo relativamente alto comparado con otras tecnologías que actualmente se encuentran en el mercado [9].

Liu Lu y Dong Baotian hablan en su publicación “Design of Mobile Electronic Bus Station Board Based on BPEL” acerca de la implementación de SOA (Arquitectura orientada a Servicios) y BPEL (Business Process Execution Language, es un lenguaje basado en XML que permite servicios Web en un SOA para interconectar y compartir datos) [10], la implementación de estas tecnologías se lo realiza en terminales en las que se puede consultar información acerca de autobuses introduciendo la ruta y dirección de la estación, los usuarios pueden adquirir la información dentro de la estación o fuera de ellas mediante una aplicación móvil, pero que los usuarios solo puedan consultar autobuses introduciendo las rutas y las estaciones que ya conocen

resulta inútil en un ambiente extraño, por lo que también se introducen para mejorar la eficacia del desarrollo y funcionamiento de estas estaciones, mejorando el servicio para las personas no locales; se recoge los datos pertinentes del sistema y se los convierte en servicios web para luego integrarlos con BPEL, el cual permite dar una representación más gráfica acerca del mecanismo del sistema para el entendimiento de los usuarios [11].

Rohit Verma, Aviral Shrivastava y Bivas Mitra en su proyecto “UrbanEye: An Outdoor Localization System for Public Transport” desarrollan el sistema “UrbanEye”, el cual es un sistema de localización para exteriores enérgicamente eficiente para la navegación de rutas y la predicción del tiempo de viaje para los viajeros urbanos. UrbanEye utiliza speed-breakers, vueltas y paradas como puntos de referencia, estima el tiempo de viaje con una precisión media de $\pm 2,5$ minutos y produce una precisión de localización media de 50 m. No hace uso de GPS, sino que se basa en un nuevo marco para identificar con precisión los puntos de referencia físicos volátiles y no volátiles. Con el fin de manejar la incertidumbre de los puntos de referencia volátiles y consultas de navegación de proceso, se introduce un autómata programado probabilístico especializado (PTA). Una extensa experimentación en dos ciudades diferentes revela que UrbanEye proporciona sorprendentemente una mejor estimación del tiempo de viaje comparado con el popular servicio de Google-maps [12].

Suresh Sankarananrayanan y Paul Hamilton en su proyecto “Mobile Enabled Bus Tracking and Ticketing System” han llevado a cabo una investigación GPS hacia el seguimiento de buses junto con tecnología RFID en semáforos, paradas de autobús, intersecciones, etc., y mostrar los tiempos de llegada prevista en Pantalla LCD en las paradas de autobús junto con sus posiciones actuales, teniendo en cuenta estos aspectos, han desarrollado un sistema de seguimiento de autobuses móviles que permite a los viajeros hacer un seguimiento al autobús de su elección y también conocer los tiempos de llegada previstos. Además del seguimiento, el sistema propuesto también notifica al móvil de los pasajeros del estado de créditos en su RFID (Billetes inteligentes para viajar) por anticipado a su horario de viaje, el sistema propuesto ha sido implementado

para usuarios Android, con esto buscan dar solución a los retos a los que se enfrentan los viajeros referente al horario de los autobuses en sitios estáticos o Pantalla LCD que informaría la hora prevista de llegada del próximo autobús, pudiendo así acceder a esta información desde cualquier parte [13].

Marcus Handle, Stefan Foell, Stephan Wagner, Gerd Kortuem y Pedro Marrón en su trabajo investigativo “An Internet-of-Things Enabled Connected Navigation System for Urban Bus Riders” plantean un sistema que permite embeber la tecnología inteligente dentro de un contexto urbano a diario. Es aplicado al dominio del transporte público y presentado como el Urban Bus Navigator. Este proyecto utiliza la tecnología GPS para el posicionamientos de las unidades, una conexión 3G para una conectividad constante a internet, un sistema microcontrolado “on-board computer” para el control del proyecto. Este sistema provee de dos servicios de información; primero, micro-navegación y segundo, recomendación de ruta para el público. La micro-navegación se refiere a la orientación contextual de los pasajeros a lo largo de un viaje en autobús reconociendo los vehículos de autobús abordados y siguiendo el progreso del viaje del pasajero y la recomendación de la ruta multipropósito recoge y predice los niveles de multitud en los viajes en autobús para sugerir rutas mejores y menos concurridas a los pasajeros de autobuses [14].

Prashanth Lakshmi, Ashwin Karthik y Shubham Chandrodaya en su trabajo “Multimodal Transport Model” presentan un sistema de transporte compartido para ayudar al tráfico dentro de las grandes ciudades, mencionando que el impacto de compartir la movilidad se pueden mejorar mediante la colaboración efectiva entre los diferentes entes participantes; sin embargo, para una integración perfecta de vehículos de transporte público en tela de transporte urbano, la difusión de información en tiempo real sobre las llegadas de vehículos y su disponibilidad futura es esencial. Se propone un nuevo modelo para facilitar la colaboración efectiva entre los programas de movilidad que involucran vehículos públicos y privados mediante la formación de una multi-red de transporte modal; el enfoque propuesto identifica una estación de tránsito simple a lo largo de la trayectoria del pasajero que podría ser utilizado para

cambiar a un vehículo de transporte público que va hacia el destino deseado, esto con la ayuda de algoritmos de aprendizaje automático como RVS y ANN que se emplean para predecir los tiempos de llegada, disponibilidad y tiempos de espera asociados de los autobuses en cada estación de tránsito a lo largo de la ruta para ayudar a una selección por parte del usuario [15].

Martynova, Martynov, Musfatina y Asmolovskiy presentan un estudio para la optimización del uso de transporte urbano, este estudio presenta un modelo de optimización para un diseño de redes de tránsito de transporte urbano de pasajeros. Su objetivo es maximizar el número de viajeros directos por unidad de longitud, es decir, la densidad del viajero directo, sujeto a la longitud de la ruta y la velocidad no lineal (Relación entre la longitud de una ruta y la distancia más corta entre el origen y el destino). El algoritmo de optimización de colonia de hormigas es uno de los posibles enfoques metaheurísticos, que se utilizan para encontrar una ruta óptima utilizando gráficas. La esencia de este método es que su modelo derivado del estudio del comportamiento de hormigas reales como la creación del algoritmo fue inspirado por estos invertebrados. Los datos recogidos en Tomsk, Rusia, se utilizaron para probar el modelo y el algoritmo. Los resultados mostraron que la red de tránsito optimizada ha reducido significativamente las transferencias y el tiempo de viaje [16].

Santos presenta el diseño de un sistema interactivo para el transporte mediante buses en la ciudad y las personas con discapacidad visual usando comunicación inalámbrica, smartphone y sistemas embebidos. Se trata de un sistema embebido y un smartphone; al llegar a una parada, el smartphone del usuario mediante el uso de tecnología bluetooth y una aplicación móvil, automáticamente se vincula a la palabra y se da una señal audible al usuario de que se encuentra vinculado, así como se da aviso cuando el bus esté próximo a arribar a la parada o a su vez ya haya arribado; en el autobús también recibe una señal visible y audible de que en la parada se encuentra una persona con discapacidad para poder brindar la ayuda apropiada y el sistema registra si la persona recibió la atención requerida o no. Con el fin de ayudar a las personas con

ceguera parcial o total el uso del transporte público, el trabajo propone una solución de bajo costo, bajo consumo y un sistema de fácil uso para el usuario [17].

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 El transporte urbano y la ciudad inteligente

El concepto de Ciudad Inteligente o Smartcity, es un tema que no ha pasado desapercibido. Garantizar el desarrollo sostenible de una ciudad mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación para solucionar y facilitar la vida de las personas, es una de sus bases fundamentales. Las ciudades inteligentes no deben imaginarse como ciudades del futuro: pueden ser las ciudades del presente. Hacia fines de la década actual, muchas tecnologías indispensables para una ciudad inteligente, como las de monitoreo y sensores, y los sistemas de tránsito inteligente y de gestión de la energía para edificios, se habrán implementado en todos los continentes. Y si bien no existe una solución única que defina la ciudad "inteligente", las tecnologías que se están implementando en la actualidad son piezas para la misma [18].

Poner el servicio de transporte público como prioridad se ha convertido en una estrategia para todas las ciudades del mundo, este servicio ha sido cada vez más importante para aliviar el bloqueo de tráfico en una ciudad y por ende fomentar el desarrollo de la misma, buscando agilizar el desplazamiento de sus usuarios; por lo que es un aspecto muy importante a tratar dentro de una ciudad inteligente, en donde se busca crear comunidades en red interconectadas las veinticuatro horas del día, por medio de seguimiento logístico y de información pública, complementada a su vez con aplicaciones móviles. Todo esto en tiempo real para una gestión inteligente de los recursos de la misma [9].

2.2.2 Paradas Tradicionales, Paradas Innovadoras y Paradas Inteligentes

Paradas tradicionales.

Se definirá como paradas tradicionales a aquellas que ofrecen las comodidades básicas a los usuarios mientras esperan por el abordaje del transporte público urbano, tales como cubierta para días soleados o lluviosos y asientos para la espera.

Paradas Innovadoras

Son aquellas paradas que además de ofrecer confort a los usuarios, es decir, a parte de ofrecer los servicios de una parada tradicional, las paradas innovadoras también proveen el servicio de internet gratuito y conectores de corriente para la carga de dispositivos móviles.

Paradas Inteligentes

Los grandes retos del sector del transporte por autobús cuentan con dos principales ejes: por un lado, la optimización de los costes de explotación y por el otro, la mejora de la calidad del servicio prestado a nivel de la puntualidad y de información al viajero. Los sistemas de transporte inteligentes son un pilar para cumplir con estos desafíos. A través de la innovación constante en la tecnología, se busca responder a todas las necesidades de sistemas inteligentes para el transporte en equipamiento y servicios en estaciones [19].

La información para el bienestar del pasajero del transporte público comienza a ser prioritarias en varias ciudades del mundo, las cuales han empezado a construir novedosas paradas implementando nuevas tecnologías para el uso de los usuarios. En algunas ciudades se instalan paradas interactivas, con valiosa información sobre tiempos de espera, alternativas y recorridos turísticos. En todas estas paradas inteligentes se puede encontrar que como principal servicio es proveer conexión a la

red a los usuarios, además de un lugar cómodo para su espera a la vez de proporcionar información que permita un uso del transporte urbano más eficiente.

2.2.3 Sistema de Información

Un sistema de información se puede definir técnicamente como un conjunto de componentes relacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización [20].

En esencia un sistema de información consiste en un conjunto de procesos con el fin de recolectar datos y presentarlos como información, dichos elementos son [21]:

- **Procesos Formales:** Todo sistema de información es una secuencia ordenada de entradas (datos), tratamientos (instrucciones) y salidas (información). Por lo tanto cualquier sistema de información, atienda a lo que atienda, se construye sobre el principio mencionado, siendo el software quien se encarga de ejecutar la mencionada secuencia.
- **Bases de datos:** Los sistemas de información actúan convirtiendo datos en instrucciones. Es por ello necesario identificar y guardar los datos que se estimen convenientes.
- **Transformar los datos en información:** A través de un modelo de recolección de datos y las correctas instrucciones para tratar los datos almacenados, podemos transformarlos en información útil para los usuarios.

2.2.4 Actividades del sistema de información.

Las actividades que se realizan dentro de un Sistema de Información, son las siguientes [21]:

- **Entrada:** La captura y recolección de datos se realizará mediante el uso de dispositivos de radiofrecuencia para la comunicación entre el autobús y la estación de bus, los datos que la estación recibirá son:

- Identificador del autobús.
 - Ruta o línea a la que pertenece.
 - Hora de llegada.
-
- **Procesamiento:** Todos los datos recogidos en las paradas serán enviados a una base de datos situada en un servidor web en el cual se realizará el procesamiento de la entrada para finalmente ser mostrada.

 - **Salida:** La transferencia de la información procesada a los usuarios se lo realizará mediante paneles o pantallas de información situados en la parada o estación de bus o a su vez mediante una aplicación móvil con comunicación con el sitio web dedicado para este fin.

2.2.5 Comunicación Inalámbrica

La comunicación inalámbrica o sin cables, es aquella en la que se realiza la transmisión de información o mensaje entre el emisor y el receptor sin la intervención de un medio físico que los una como lo son los cables de par trenzado, cable coaxial o fibra óptica entre otros, sino que la comunicación inalámbrica se realiza mediante la propagación de ondas electromagnéticas a través del aire, permitiendo de este modo ser usada en aplicaciones donde la movilidad de los dispositivos es necesaria, la podemos ver en la telefonía móvil, en tecnologías como bluetooth o wifi [22].

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información entre dos lugares, esto se logra convirtiendo la información original en energía electromagnética, para transmitirla a continuación a una o más estaciones receptoras, la información es enviada en forma de ondas de radio emitidas hacia el espacio libre, el dispositivo capaz de hacer esto es conocido como transmisor de radio frecuencia [23].

2.2.6 Comunicación SPI.

SPI (Serial Peripheral Interface) en español Interfaz Periférica Serial, se trata de un bus de tres líneas sobre el cual se transmiten paquetes de información. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación es full dúplex. Dos de estas líneas transfieren datos, una en cada dirección, y la tercera es la del reloj.

Los dispositivos conectados al bus son definidos como maestros y esclavos, siendo el maestro quien inicia la transferencia de información sobre el bus, generando señales de reloj y control.

El esclavo es el dispositivo controlado por el maestro mediante la línea “chip select o select slave”, por lo tanto es activado solo cuando esta línea es seleccionada.

La Figura 1, muestra el diagrama de comunicación mediante SPI.

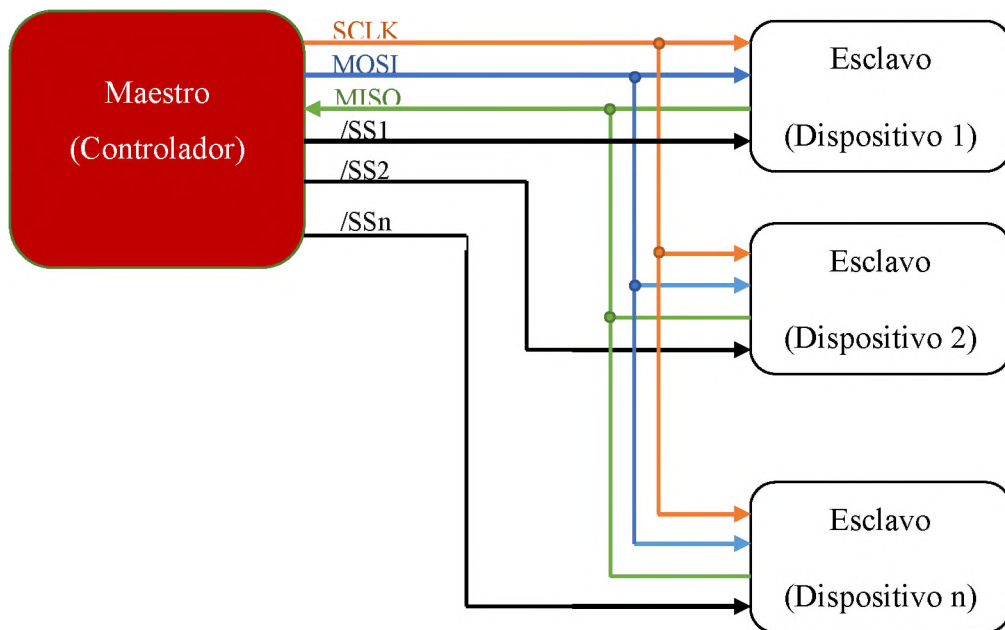


Figura 1: Diagrama comunicación SPI.

Fuente: Investigador

- SCLK: La señal sobre la línea de reloj es generada por el maestro y sincroniza la transferencia de datos.

- MOSI (Master Out Slave In): Transporta los datos del maestro hacia el esclavo.
- MISO (Master In Slave Out): Transporta los datos del esclavo hacia el maestro.
- SS (Select Slave): Línea de selección de esclavo, selecciona el esclavo con el que se establecerá la comunicación; dependiendo del dispositivo maestro dependerá el número de esclavos a los que puede controlar [24].

2.2.7 Sistemas Embebidos.

Los sistemas embebidos se encuentran disponibles a cada momento de nuestra vida. El horno microondas, el auto, el ascensor, el equipo de audio, el avión son controlados por computadoras que normalmente no poseen una pantalla, un teclado o disco rígido, y no responden a lo que comúnmente denominamos PC. Los sistemas embebidos a pesar de no ser muy nombrados están en muchas partes, en realidad, es difícil encontrar algún dispositivo cuyo funcionamiento no esté basado en algún sistema embebido, desde vehículos hasta teléfonos celulares e incluso en algunos electrodomésticos comunes como refrigeradores y hornos microondas. Los sistemas embebidos suelen tener en una de sus partes una computadora con características especiales conocida como microcontrolador que viene a ser el cerebro del sistema; este no es más que un microprocesador que incluye interfaces de entrada/salida. Normalmente estos sistemas poseen un interfaz externa para efectuar un monitoreo del estado y hacer un proceso del sistema [25].

Un sistema embebido puede definirse como una máquina computacional que emplea componentes de hardware y de software para la realización de una función específica, es decir, un sistema embebido no está diseñado para realizar varias tareas, simplemente es creado para una, esto es para concentrarse sólo en ella y realizar el trabajo con eficiencia.

A continuación se muestra algunas características de Hardware y Software que poseen estos sistemas [26] :

Requisitos de Hardware:

- Procesador: Es el encargado de ejecutar las tareas de software.

- Memorias: Debe disponerse de dos tipos de memorias:
 - No volátil: Donde se guardan datos constantes como la manera de arrancar el sistema operativo. En esta memoria los datos se mantienen aun cuando el aparato se apaga.
 - Volátil: Los datos se borran cuando el aparato se apaga o deja de recibir corriente eléctrica, este tipo de memoria es utilizada para almacenar variables de ejecución y estructuras de datos.
- Periféricos: Dispositivos de entrada y salida.

Requisitos de Software:

- Compilador: El encargado de traducir todas las sentencias escritas en código fuente (que entienden los humanos) a código máquina (lenguaje de las computadoras) para que puedan ser ejecutadas.
- Sistema operativo: Normalmente los sistemas embebidos están unidos con un sistema operativo de tiempo real, en el cual el tiempo es sumamente importante.

En los últimos años han surgido herramientas que permiten a las personas interesadas en crear sistemas digitales embebidos, desarrollar desde los más sencillos hasta los más complejos a un costo muy accesible y con conocimientos básicos de circuitos y programación, algunos ejemplos de esas herramientas son los Arduinos y los Raspberry pi, la gente ahora puede hacer desde sistemas de seguridad que detecten cuando alguien entra a un cuarto, hasta sistemas que prendan o apaguen las luces de un edificio mediante sensores de luz solar. Esto demuestra el crecimiento que están teniendo los sistemas embebidos y el gran potencial que poseen [26].

2.2.8 Servidor Web.

En un entorno Web y en una arquitectura cliente/servidor aparece la parte “servidor”. Por definición, un servidor web es una aplicación informática del lado del servidor que realiza conexiones bidireccionales y/o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente generando una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación del lado del

cliente. Dicho esto, el código recibido por el programa cliente suele ser interpretado y ejecutado por un navegador web. Para la transmisión se utiliza el protocolo HTTP, el cual pertenece a la capa de aplicación del modelo OSI. Al protocolo HTTP se le asigna habitualmente el puerto TCP 80 [27].

2.2.9 Base de Datos.

Una base de datos es un conjunto de datos almacenados sin redundancias innecesarias en un soporte informático y accesible simultáneamente por distintos usuarios y aplicaciones. Los datos deben estar estructurados y almacenados de forma totalmente independiente de las aplicaciones que la utilizan.

Componentes [28]:

- Datos: Es el componente primordial de la base de datos, los datos por sí mismo no aportan conocimiento, hay que procesarlos y transformarlos en un lenguaje entendible para la aplicación en la que se los desea utilizar.
- Software SGBD: Se trata de un sistema de gestión de base de datos, es un software o conjunto de programas que permite crear y mantener una base de datos. El SGBD actúa como interfaz entre los programas de aplicación (Usuarios) y el sistema operativo. El software facilita el proceso de definir, construir y manipular bases de datos para diversas aplicaciones.
 - Definir: Consiste en especificar los tipos de datos que se va recibir, las estructuras y las restricciones de estos datos.
 - Construir: Es el proceso de almacenar los datos en algún medio de almacenamiento controlado por el SGBD, una vez definida la base de datos.
 - Manipular: Es consultar los datos para obtener información, Actualizar la base de datos y Generar informes a partir de los datos almacenados.

2.2.10 LAMP

LAMP es un acrónimo utilizado para la descripción de un sistema de infraestructura de internet que hace uso de las siguientes herramientas:

- Linux como sistema operativo.
- Apache como servidor web.
- MySQL/MariaDB como gestor de bases de datos.
- Python, Perl, o PHP como lenguajes de programación

La combinación de estas herramientas se usan principalmente para describir la infraestructura de un servidor WEB, utilizando un paradigma de programación para el desarrollo. Aunque el origen de estos programas o softwares de código abierto no han sido dedicadamente diseñados para trabajar interactuando entre sí, esta combinación alcanzó popularidad debido a su bajo costo de adquisición y presencia de sus componentes (ya que vienen pre-instalados en la mayoría de distribuciones Linux por defecto). Cuando trabajan en conjunto, representan un conjunto de soluciones que soportan servidores de aplicaciones [29, 30].

Linux: Linux es un sistema operativo tales como MacOS y Windows; es decir, Linux posee el software necesario para que un ordenador ejecute diversos programas y funcione de forma correcta. La principal característica de Linux es que es un sistema operativo de software libre, así que no es necesario pagar por su adquisición o uso, además es un sistema de código abierto, por lo que es accesible para que cualquier usuario pueda modificarlo según sus propios requerimientos y necesidades [31].

Dependiendo de su versión, este sistema operativo es usado en servidores con aplicaciones específicas, como en computadoras personales. Linux posee diferentes variantes denominadas como distribuciones, entre las más conocidas figuran Red Hat-Fedora, Debian, Ubuntu entre otras. Raspbian es la distribución de Linux utilizada por Raspberry PI y se encuentra basada en Debian [31].

Apache: Apache es un servidor web de software libre y código abierto de multiplataforma por lo que es usado en diferentes sistemas operativos y mantener un excelente rendimiento. A continuación se describen algunas ventajas y desventajas que posee este servidor [32, 33].

a) Ventajas:

- Instalación/Configuración; por ser un programa de código abierto
- Costo. El servidor web Apache es de adquisición gratuita.
- Funcionalidad y Soporte; posee una alta aceptación en la red, esto hace que muchos usuarios y programadores de todo el mundo contribuyan constantemente con mejoras, que están al alcance de cualquier persona que haga uso del servidor web y que Apache se actualice constantemente.
- Multi-plataforma: puede ser instalado en diversos sistemas operativos, es compatible en Linux, Windows y MacOS.
- Rendimiento; alta capacidad, puede manejar más de un millón de visitas por día, posee soporte de seguridad TLS y SSL.

b) Desventajas:

- Al ser open source o código abierto, no posee formatos de configuración no estandarizados.
- Su entorno de configuración no es fácil.

MySQL: MySQL es un sistema de gestión de bases de datos desarrollado por MySQL AB, es de código abierto por lo que cualquier persona puede usar y modificar según sus necesidades específicas. MySQL está basado en lenguaje de consulta estructurado SQL, a pesar de que se lo puede usar en una amplia gama de aplicaciones, su uso es más asociado con aplicaciones web [34].

PHP: PHP Hypertext Preprocessor es uno de los lenguajes de programación más utilizados, su principal uso es para el desarrollo y gestión de sitios web. A continuación se citan algunas de sus principales características [35]:

- Es libre y gratuito, es de código abierto, por lo que permite a los programadores de aplicaciones poder sacar provecho de sus beneficios de manera totalmente gratuita.
- Disponibilidad. Aunque PHP no es la única alternativa al momento de desarrollar aplicaciones web evidentemente es la más popular. PHP está disponible para los siguientes sistemas operativos: Mac OS, Microsoft Windows, Unix y sus subdivisiones (Linux, HP-UX, Mac OS X, OpenBSD, Solaris).
- Soporte para múltiples bases de datos como DBase, Informix, MsqL, MySQL, Oracle, entre otras más.
- Evolución. Ya que PHP no es propiedad de ninguna empresa comercial las continuas mejoras y avances se debe a la gran comunidad de desarrolladores que contribuyen a los avances de las versiones de PHP.
- Facilidad de aprendizaje. Una de las características más fuertes de PHP es su simpleza, por lo que es fácil de usarlo.

2.2.11 Aplicaciones móviles.

De acuerdo al estándar 729 de la IEEE el “Software es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados, que forman parte de las operaciones de un sistema de computación”. Teniendo en cuenta la definición anteriormente mencionada por la IEEE y por otras organizaciones relacionadas con el software, se concluye que el software tiene un propio ecosistema de análisis, diseño, construcción, pruebas, implementación, documentación, entre muchos otros temas, los cuales están en funcionamiento constante con los diferentes dispositivos computacionales. En referencia a la Aplicación Móvil, teniendo en cuenta las definiciones anteriormente presentadas, y enfocándolo en el área de la computación móvil, las aplicaciones móviles son los conjuntos de instrucciones lógicas, procedimientos, reglas, documentación, datos e información asociada a estas que funcionan específicamente en dispositivos móviles, como por ejemplo teléfonos inteligentes, televisores inteligentes, tabletas, reloj, entre otros [36].

APP Inventor: App Inventor es un lenguaje visual en bloques para la construcción de aplicaciones Android de libre uso. Es una herramienta fácil de usar y de libre licencia que permite a las personas un acercamiento al mundo de la programación gracias a su entorno gráfico y a la gran cantidad de guías y tutoriales que se puede hallar en internet [37].

2.3 Propuesta de Solución

El Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano de la ciudad de Ambato, permite a los usuarios del transporte público programar u organizar sus viajes con antelación, reduciendo el tiempo de espera en el abordaje y ayudando a la organización vehicular, además de acercar cada vez más a la ciudad de Ambato hacia una ciudad inteligente, facilitando el uso de este servicio para personas no videntes o que no puedan leer, así como a visitantes o turistas.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

El presente trabajo se define como Proyecto de Investigación Aplicada, porque se realizó una implementación física como producto de la investigación realizada.

Se utilizó la Modalidad Bibliográfica, para la recolección de información de documentos, libros, artículos publicados, así como de proyectos de investigación previos.

Además se realizó Investigación de Campo para la obtención de información de la situación actual de las paradas de transporte público urbano, así mismo del recorrido que estos realizan; también se utilizó Investigación Experimental para el desarrollo de pruebas del sistema y correcciones.

3.2 Recolección de Información

En la recolección de información para el desarrollo del proyecto, se utilizó Documentos, como libros, proyectos de investigación previos, tomados de los repositorios pertenecientes a la Universidad Técnica de Ambato, así como de otros repositorios de instituciones educativas afines, actas de conferencias y papers investigativos, además de informes técnicos acerca de los elementos a utilizar.

Se hizo uso de investigación de campo para la recolección de información acerca de la situación actual de las paradas de transporte urbano existentes en la ciudad de Ambato, así como de las rutas que realizan los automotores.

Además que se recolectó información acerca del diseño del prototipo de un Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de estaciones de transporte público urbano y de las tecnologías que se pueden ser aplicables dentro del proyecto.

3.3 Procesamiento y Análisis de Datos

Análisis de la situación actual de las paradas de transporte urbano existente en la ciudad de Ambato.

Realización de cuadro comparativo entre los diferentes dispositivos micro-controlados que pueden ser aplicables al proyecto, tomando en cuenta varias características para la elección del más óptimo según su funcionalidad dentro del sistema.

Realización de cuadro comparativo sobre las tecnologías para la comunicación inalámbrica, comparando costos, alcance, tecnología, requerimiento de permisos para el uso de frecuencias, estandarización y escalabilidad.

3.4 Desarrollo del Proyecto

- Análisis de la situación actual de las paradas de transporte urbano existentes en la ciudad.
- Determinación de los requerimientos necesarios para la implementación del sistema integrado.
- Análisis de las tecnologías que pueden ser aplicables para el desarrollo del Sistema de Información Integrado.
- Determinación de las tecnologías a utilizar para el desarrollo del Sistema de Información Integrado.

- Análisis de las tecnologías que pueden ser aplicables para el desarrollo del Sistema de Monitoreo y Control.
- Determinación de las tecnologías a utilizar para el desarrollo del Sistema de Monitorización y Control.
- Selección de equipos.
- Diseño y simulación de los circuitos electrónicos necesarios en el Sistema de Información Integrado.
- Diseño y simulación de los circuitos electrónicos necesarios en el Sistema de Monitoreo y Control.
- Implementación física del prototipo.
- Realización de todos los enlaces de comunicación necesarios en el Sistema.
- Diseño de la interfaz de interacción del usuario con el sistema.
- Realización de pruebas y corrección de errores.
- Elaboración del Informe Final.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Análisis de la situación actual de las paradas de transporte urbano existentes en la ciudad.

Conforme a la información obtenida de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad perteneciente al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato (véase Anexo A); el cantón Ambato de la Provincia de Tungurahua no cuenta con paradas inteligentes para el transporte público urbano; sino que cuenta con paradas tradicionales y con paradas innovadoras.

Los beneficios que proveen las paradas innovadoras son:

- Internet vía wi-fi gratis de 4 megabytes por punto.
- Home de la plataforma para La Municipalidad.
- Video informativo de la Municipalidad tipo spot de máximo 20 segundos el que es actualizado cada 10 días.
- A demás posee adaptadores de corriente de 5 y 110 voltios para carga de dispositivos móviles.

En la Tabla 1 se muestra la ubicación de cada parada Innovadora que posee la ciudad de Ambato.

Tabla 1: Ubicación de las paradas innovadoras de la ciudad de Ambato.

N°	Plataforma	Dirección	Sector
1	P1	Av. Colombia – UTA	UTA
2	P1	Av. Miraflores – Colegio La Inmaculada	Colegio la Inmaculada
3	P1	Av. Miraflores – León Becerra	Redondel Miraflores
4	P1	García Moreno y Unidad Nacional	Colegio Ambato
5	P1	Eugenio Espejo – Mercado Artesanal	Mercado Artesanal
6	P1	Av. 12 de Noviembre – Terminal	Terminal
7	P1	Av. 12 de Noviembre y 5 de Junio	Escuela Teresa Flor
8	P1	Av. 12 de Noviembre y Juan León Mera	Parque
9	P2	Av. Los Guaytambos y Las Frutillas	
10	P2	Av. Los Guaytambos entre Las Delicias y Juan Montalvo.	Supermaxi
11	P2	Av. Los Guaytambos y Membrillos	
12	P3	Av. Bolivariana – Coliseo	Coliseo
13	P3	Av. Bolivariana espacio en Fernandina	
14	P3	Av. Atahualpa y Quis Quis	Policía
15	P3	Av. Quis Quis entre García Lorca y Manrique	Parque Los Sauces
16	P3	Av. Atahualpa – Mall de los Andes	Mall de Los Andes
17	P3	Av. Manuela Sáenz y Víctor Hugo	Colegio Indoamérica
18	P3	Av. Atahualpa – Redondel Huachi	Escuela 3 de Noviembre
19	P3	Av. Atahualpa entre César Silva y Chabi	Aquí
20	P3	Av. Atahualpa entre Shirys y Leonidas Plaza	Entrada a la Presidencial
21	P3	Av. Atahualpa y Jácome Clavijo	Frente Secretaría Nacional de Riesgos
22	P3	Av. Cordillera del Cóndor	Salida Mayorista
23	P3	Av. Los Chasquis – UTA	UTA
24	P3	Av. Julio Jaramillo – Entrada Mayorista.	Entrada al Mayorista
25	P3	Av. Manuela Sáenz	Universidad Católica
26	P3	Av. Atahualpa	Nuevo edificio municipal
27	P4	Indoamérica y Pedro Vásquez	Ex redondel de Izamba
28	P4	Av. Rodrigo Pachano y 22 de Enero	Entrada a Atahualpa
29	P4	Panamericana Norte	Entrada Parque Industrial

Elaborado por: Investigador.

Fuente: Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad del GAD Ambato.

La Figura 2 muestra un mapa del cantón Ambato en el que se puede observar la ubicación de las paradas innovadoras.

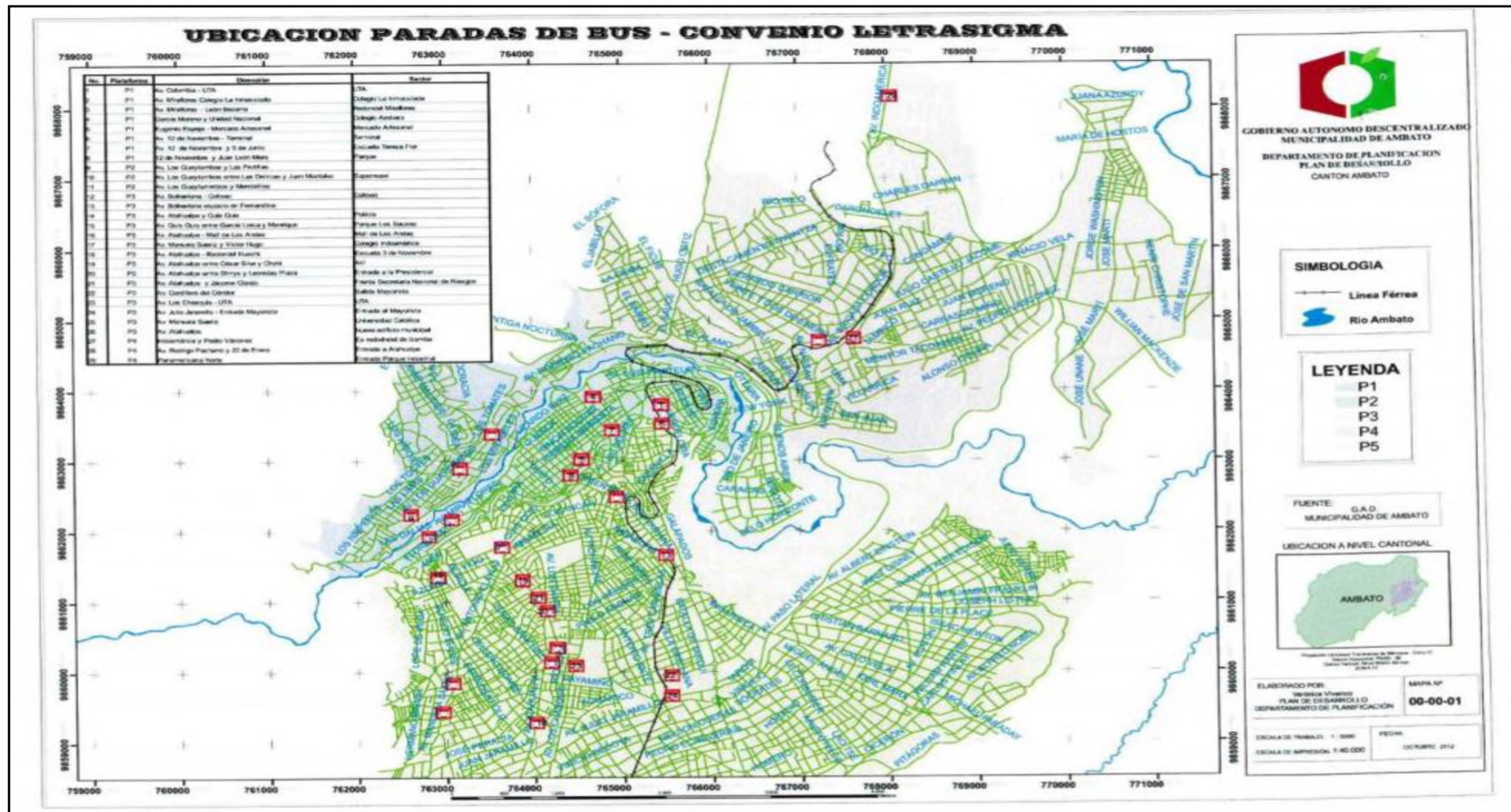


Figura 2: Mapa de la ciudad de Ambato con la localización de las paradas innovadoras.

Fuente: Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad del GAD Ambato.

Las pantallas publicitarias ubicadas en las paradas innovadoras muestran publicidad municipal e información sobre las líneas y un breve resumen de las rutas que realizan, así se observa en la Figura 3 [38].



Figura 3: Información de transporte público presente en las paradas innovadoras





Fuente: El Investigador

Según la dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, los rótulos de buses urbanos se pueden diferenciar por colores de acuerdo a la ruta que realizan y al sector al que atienden, cada línea se encuentra identificada por un número, en la Tabla 2 se describe la información mostrada en las vallas publicitarias de cada línea.

Tabla 2: Nomenclatura de Líneas de Transporte público urbano de la ciudad de Ambato.

LINEA	RUTA	COOPERATIVA	COLOR
1	Techo Propio Mercado América Andiglata	Los Libertadores	 LÍNEA 1 • Techo Propio • Mercado América • Andiglata
2	La Florida 4 Esquinas Cashapamba	Los Libertadores	 LÍNEA 2 • La Florida • 4 Esquinas • Cashapamba
3	La Península Centro Las Orquídeas	Los Libertadores	 LÍNEA 3 • La Península • Centro • Las Orquídeas

4	Seminario Mayor Ingahurco Bajo	Los Libertadores	 LÍNEA 4 • Seminario Mayor • Ingahurco bajo
5	Tangaiche Shuyurco Macasto - Pondoá	Los Libertadores	 LÍNEA 5 • Tangaiche • Shuyurco • Macasto - Pondoá
6	Ingahurco Miraflores	Tungurahua	 LÍNEA 6 • Ingahurco • Miraflores
7	Letamendi Atocha El Mirador	Tungurahua	 LÍNEA 7 • Letamendi • Atocha • El Mirador
8	Montalvo El Recreo	Tungurahua	 LÍNEA 8 • Montalvo • El Recreo
9	Terminal Terrestre Huachi Progreso Izamba – Quillán	Tungurahua	 LÍNEA 9 • Terminal Terrestre • Huachi Progreso • Izamba – Quillán
10	Terminal Terrestre Barrio Solís Mercado Mayorista Augusto N. Martínez	Tungurahua	 LÍNEA 10 • Terminal Terrestre • Barrio Solís • Mercado Mayorista • Augusto N. Martínez
11	Pucarumi Cunchibamba Tiugua	Tungurahua	 LÍNEA 11 • Pucarumi • Cunchibamba • Tiugua
12	La Libertad Centro	Tungurahua	 LÍNEA 12 • La Libertad • Centro
14	Ficoa Terremoto Totoras	Tungurahua Unión Ambateña	 LÍNEA 14 • Ficoa • Terremoto • Totoras
15	La Joya El Pisque Parque Industrial	Unión Ambateña	 LÍNEA 15 • La Joya • El Pisque • Parque Industrial
16	Pinllo Centro Nueva Ambato	Unión Ambateña	 LÍNEA 16 • Pinllo • Centro • Nueva Ambato
17	Picaihua Centro Cdla. España	Unión Ambateña	 LÍNEA 17 • Picaihua • Centro • Cdla. España
18	San Juan Pisque Barrio Amazonas	Unión Ambateña	 LÍNEA 18 • San Juan • Pisque • Barrio Amazonas

19	San Pablo Santa Rosa Plaza Pachano	Vía Flores	 LÍNEA 19 • San Pablo • Santa Rosa • Plaza Pachano
20	Juan Benigno Vela La Concepción Ex redondel de Izamba	Vía Flores	 LÍNEA 20 • Juan Benigno Vela • La Concepción • Ex redondel de Izamba
21	Manzana de Oro Huachi Grande Puerto Arturo	Jerpazsol S.A.	 LÍNEA 21 • Manzana de Oro • Huachi Grande • Puerto Arturo
22	Los Angeles Atocha Izamba	Jerpazsol S.A.	 LÍNEA 22 • Los Angeles • Atocha • Izamba

Elaborado por: Investigador.

Fuente: Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad del GAD Ambato.

4.2. Requerimientos del Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano.

Una vez realizado un análisis de la situación actual de las paradas o estaciones de transporte público, se ha determinado los servicios y beneficios que prestará el Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano, descritos a continuación:

- Información de Rutas Disponibles
- Horario de salida del último bus y arribo del siguiente
- Información audible en las paradas para personas con discapacidad visual o para personas que no puedan leer.
- Aviso a los pasajeros acerca de la ruta. Al pasar por una parada, en el bus se reproduce un audio con información acerca de la ubicación actual y la ruta que realiza el vehículo abordado.
- Control y Monitoreo de que el automotor haya pasado por la ruta correspondiente, adquisición de datos acerca de los horarios de buses, tiempo que el automotor permanece en la parada, actividad de cada parada, unidad móvil y cooperativa.
- Información para consulta de los usuarios mediante internet o a través de aplicaciones móviles.

- Portal de monitoreo y control en tiempo real destinado a los administradores de los autobuses, responsables de las cooperativas que prestan el servicio a la ciudadanía y a los organismos de control de tránsito respectivos.

El objetivo del Sistema de Información Integrado es proveer al usuario la información necesaria para un mejor uso del transporte público urbano; para ello el sistema se subdivide en las siguientes fases de comunicación ilustradas en las Figuras 4 y 5:

- Comunicación Parada y Bus:

Esto es realizado mediante dispositivos de radiofrecuencia, debido a la necesidad de movimiento del bus; por otro lado, la parada se comunica con el servidor mediante wifi o Ethernet.

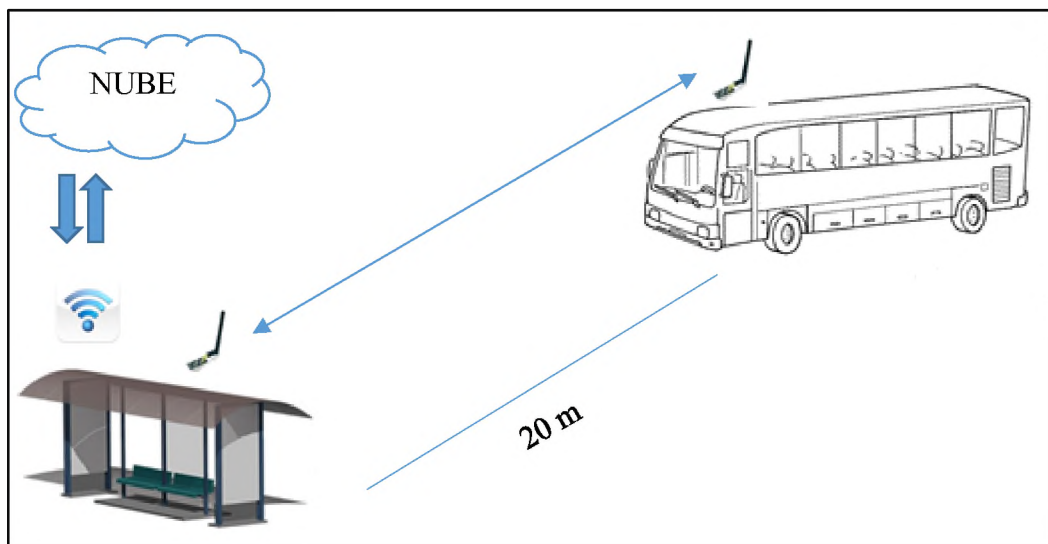


Figura 4: Comunicación Parada de Transporte y Unidad Móvil.

Fuente: El Investigador

- Comunicación Usuario y Parada

El usuario adquiere la información recabada por la parada mediante internet, esto través del servidor.

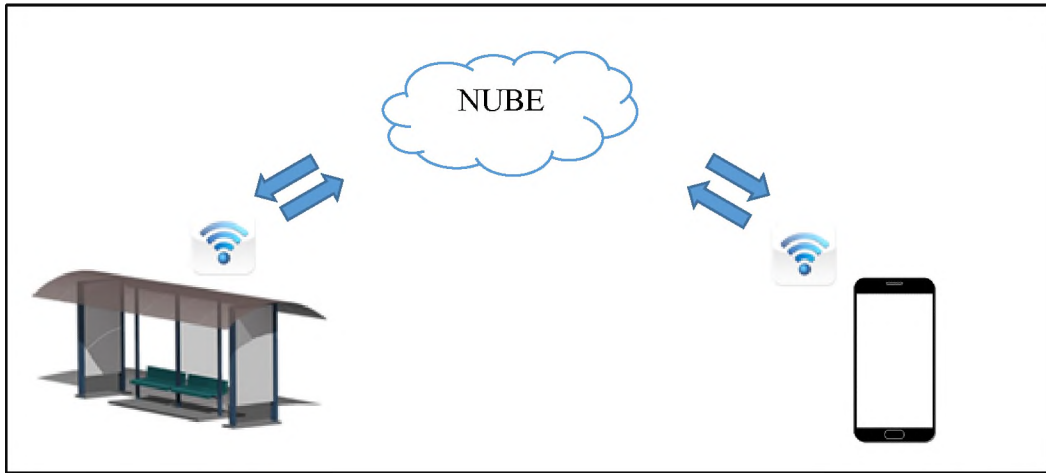


Figura 5: Comunicación entre el usuario y la parada.

Fuente: El Investigador.

4.3. Diseño del Sistema de Información

En base al análisis de la situación actual de las paradas de transporte público urbano en el cantón Ambato y la determinación de características y servicios que ofrecerá el Sistema de Información Integrado, se propone el siguiente diseño representado bajo el esquema descrito en la Figura 6.

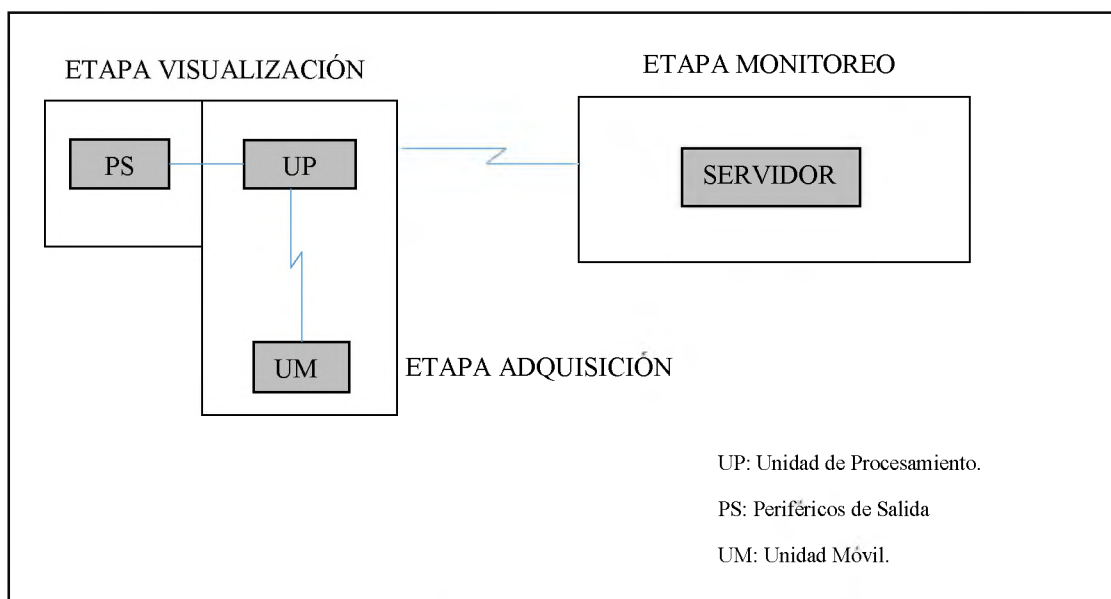


Figura 6: Diagrama del Sistema de Información Integrado para el monitoreo y control de estaciones de transporte público urbano.

Fuente: El Investigador.

El diagrama muestra el Diseño del Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano, el mismo que consta de tres etapas:

- Adquisición.
- Monitoreo
- Visualización

Etapas de Adquisición: Consiste en el establecimiento de comunicación entre las diferentes unidades UM, UP y Servidor para la adquisición de datos. Se inicia con la comunicación de la UM quien envía los datos correspondientes de ruta, cooperativa a la que pertenece y el número identificador de unidad hacia la UP, la UP controla y valida si la información recibida pertenece a las rutas que transitan por su parada, si es así, esta información es enviada a la base de datos ubicada en el servidor web para su procesamiento y un aviso de confirmación es enviado a la UM el cual activa un mensaje audible; caso contrario la información es desechada.

Etapas de Monitoreo: En esta etapa se realiza el procesamiento de datos recolectados con el fin de convertirlos en información que es entregada a la etapa de visualización. Esta etapa se encuentra conformada por un servidor que mediante LAMP y MySQL, entrega servicios web, también se realiza la gestión de la base de datos.

Etapas de Visualización: Constituye la interfaz entre el Sistema de Información Integrado (SII) y el Usuario. La información es mostrada mediante los siguientes elementos:

- Un informativo en tiempo real ubicado en la parada, este también provee información audible.
- Servicios Web, permite al usuario acceder al SII mediante un sitio web y consultar la ubicación y horarios de todas las paradas y rutas, además posee un portal para los administradores de las unidades móviles, organizaciones que brindan el servicio, así como para los organismos de control que requieran información sobre la actividad del transporte público. El portal entrega información en forma detallada y en tiempo real de acuerdo a la consulta que se realice previa autenticación de seguridad.

- Aplicación Android, el usuario puede conocer su ubicación respecto a las paradas de transporte mediante el uso de GPS y consultar las rutas y horarios disponibles.

La arquitectura del sistema ilustrado en la Figura 6 requiere los siguientes elementos:

Controlador

Ubicado uno en unidad móvil (UM) y otro en la parada o unidad de procesamiento (UP), estos controladores se harán cargo de la comunicación entre estas dos unidades, además el controlador ubicado en la UP deberá ser capaz de comunicarse con la etapa de monitoreo (EM) para la recolección de información y a la vez mostrarla en los periféricos de salida (PS).

Tecnologías de Comunicación

Para la comunicación entre UM y UP se necesitará de dispositivos que permitan una comunicación rápida de manera inalámbrica con distancia entre 10 a 100 metros; además se necesitará de la existencia de varios canales en la unidad de comunicación presente en la UP para la comunicación con varias UM.

Para la comunicación entre la UP y la EM se requerirá de un medio alámbrico o inalámbrico que permita la entrega y obtención de información mediante servicios web.

Servidor

La implementación del servidor web permite al usuario realizar consultas sobre el sistema de información desde un ordenador o cualquier dispositivo que posea un navegador web, el servidor fue implementado con software libre, se implementó un servidor LAMP.

4.3.1. Selección de Equipos

Controlador Unidad Móvil

La Tabla 3, realiza la comparación entre diversos controladores que pueden ser utilizados en la Unidad Móvil [39].

Tabla 3: Comparación de controladores para su uso en la Unidad Móvil.

Nombre	ATtiny2113A	ATmega328P	PIC12LF1552	PIC18F4580
CPU	8-bit AVR	8-bit AVR	8-bit PIC MCU	8-bit PIC MCU
Memoria de Programa	2 Kbytes	32 kbytes	3.5 kbytes	32 kbytes
RAM	128 bytes	2048 bytes	256 bytes	1536 bytes
Número de pines	20	32	8	40
Max. Velocidad CPU	20MHz	20MHz	32MHz	40MHz
Canales A/D	0	8	5	11
Voltaje máximo de operación	5.5	5.5	3.6	5.5
Voltaje mínimo de operación	1.8	1.8	1.8	2
Pines PWM, analógicos y digitales	Total 18	Total 23	No PWM	No PWM
Comunicación	UART (1) SPI (2) I2C (1)	UART (1) SPI (2) I2C (1)	SPI(1) I2C(1)	UART (1) SPI (1) I2C (1)
Costo	\$0.48	\$1.46	\$0.49	\$4.38

Elaborado por: Investigador

Analizando los parámetros de la Tabla 3 se ha optado por elegir el controlador ATmega328p, debido a su bajo costo, cantidad de entradas analógicas y digitales, tamaño de memoria, interfaces de comunicación, velocidad de procesamiento y a su fácil asequibilidad en nuestro medio. Las características técnicas de este controlador se pueden observar en el Anexo B.

Controlador Unidad de Procesamiento

La Tabla 4 compara entre los diferentes mini-ordenadores existentes [40, 41, 42, 43].

Tabla 4: Comparación de controladores para la Unidad de Procesamiento.

Nombre	Arduino Yún LininoOS	Raspberry PI 3	Orange PI Plus	ODROID-C2
CPU	Atheros AR9331. 400MHz También posee un ATmega32U4	1.2 GHz 64-bit quad-core ARMv8	H3 Quad-core Cortex-A7 H.265/HEVC 4K	Amlogic S905 SoC 4 x ARM Cortex-A53 1.5GHz 64bit ARMv8 Architecture @28nm
WLAN	802.11b/g/n 2.4GHZ	802.11n	Realtek RTL8189ETV, IEEE 802.11 b/g/n	No, pero se puede hacer uso de módulo externo
Bluetooth	No integrado	Bluetooth 4.1 Bluetooth Low Energy (BLE)	No	No
RAM	64 MB DDR2	1 GB	1GB	2GB 32bit DDR3 912MHz
Flash Memory	16 MB	---	---	Micro-SD UHS-1

				@83Mhz/SD R50 or eMMC5.0 storage option
SRAM	2.5 KB	---	---	---
EEPROM	1 KB	---	---	---
USB	2 puertos	4 puertos	Cuatro USB 2.0 HOST,	4 puertos
Pines de propósito general I/O	20 pines, 7 pines PWM 12 pines analógicos	40 pines	40 pines	40 pines
Puerto HDMI	No	1 puerto HDMI	1 puerto HDMI	HDMI 2.0 4K / 60Hz
Ethernet	1 puerto. 802.3 10/100Mbit/s	1 puerto	10/100/1000 M Ethernet RJ45	10 / 100 / 1000 Mbit/s
Audio/Video	No	1 jack 3.5 mm	3.5 mm Jack and HDMI	HDMI / I2S
Interfaz de cámara (CSI)	No	Si	No	USB 720p
Interfaz de Pantalla (DSI)	No	Si	No	HDMI 2.0 4K / 60Hz
Slot para tarjeta SD	1 Slot para tarjeta Micro SD	1 Slot para tarjeta Micro SD	1 Slot para tarjeta Micro SD	1 Slot para tarjeta Micro SD
Voltaje de operación	5V	5V	5V	5V, 2A
Sistema Operativo	Se puede comunicar con las	Noobs, Raspbian, Windows 10,	Android, Ubuntu, Debian,	Ubuntu 16.04 on Kernel 3.14 Android 5.1.x

	distribuciones Linux, posee comandos Linux y tiene su propia Shell.	Ubuntu Mate, Snappy Ubuntu Core, OSMC, Librelec, Pinet, Risc OS, Oracle Weather Station.	Raspberry Pi Image	on Kernel 3.14 Full source code is accessible via our Github.
Otros			Receptor IR (infrarojo). Posee 3 botones: Boton de encendido, recovery, uboot.	Receptor IR
Precio	\$ 68,20	\$55	\$ 48	\$80

Elaborado por: Investigador

En base a la Tabla 4 se puede observar una rivalidad entre el controlador Raspberry PI 3 y Orange PI Plus, tomando en cuenta su asequibilidad se ha optado por la placa Raspberry PI 3, dado que la placa Orange Pi Plus no se encuentra en nuestro medio.

Raspberry PI

Raspberry PI es un ordenador de tamaño comprimido, es una placa electrónica que soporta varios periféricos de un ordenador común, así como pines para la conexión de varios dispositivos electrónicos, lo que lo hace ideal para el desarrollo de proyectos de electrónica y control.

Raspberry PI 3 modelo B, posee las siguientes características [41]:

- 1,2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU

- 802.11n Wireless LAN (Wi-fi)
- Bluetooth 4.1
- 1GB RAM
- 4 puertos USB
- 40 pines GPIO (input/output de propósito general)
- Puerto full HDMI
- Puerto Ethernet
- Conector de audio combinado de 3,5 mm y video compuesto.
- Camera Interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Ranura para Micro SD
- VideoCore IV 3D graphics core.

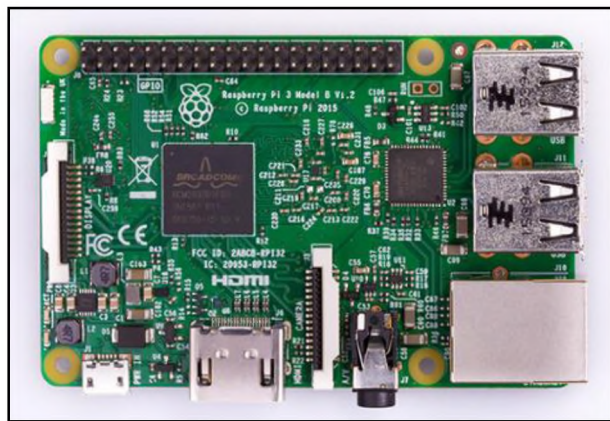


Figura 7: Raspberry PI 3 Modelo B.

Fuente: Página oficial Raspberry PI.

GPIO

Raspberry PI posee 40 pines de propósito general de entrada y salida, La Figura 8 muestra la distribución de estos pines [44].

Raspberry Pi 3 GPIO Header

Pin#	NAME		NAME	Pin#
01	3.3v DC Power		DC Power 5v	02
03	GPIO02 (SDA1 , I ² C)		DC Power 5v	04
05	GPIO03 (SCL1 , I ² C)		Ground	06
07	GPIO04 (GPIO_GCLK)		(TXD0) GPIO14	08
09	Ground		(RXD0) GPIO15	10
11	GPIO17 (GPIO_GEN0)		(GPIO_GEN1) GPIO18	12
13	GPIO27 (GPIO_GEN2)		Ground	14
15	GPIO22 (GPIO_GEN3)		(GPIO_GEN4) GPIO23	16
17	3.3v DC Power		(GPIO_GEN5) GPIO24	18
19	GPIO10 (SPI_MOSI)		Ground	20
21	GPIO09 (SPI_MISO)		(GPIO_GEN6) GPIO25	22
23	GPIO11 (SPI_CLK)		(SPI_CE0_N) GPIO08	24
25	Ground		(SPI_CE1_N) GPIO07	26
27	ID_SD (I ² C ID EEPROM)		(I ² C ID EEPROM) ID_SC	28
29	GPIO05		Ground	30
31	GPIO06		GPIO12	32
33	GPIO13		Ground	34
35	GPIO19		GPIO16	36
37	GPIO26		GPIO20	38
39	Ground		GPIO21	40

Rev. 2
29/02/2016

www.element14.com/RaspberryPi

Figura 8: GPIO Raspberry Pi.

Fuente: Imagen obtenida en [44].

Esta interfaz física permite la interacción entre el controlador y los diferentes dispositivos que pueden ser conectados al mismo, además de pines PWM, posee comunicación SPI, I2C y UART (Anexo C).

Equipos de Comunicación

Para la realización de la comunicación entre los diferentes elementos del Sistema se analizará los siguientes dispositivos [45, 46, 47, 48]:

Tabla 5: Comparación de módulos para la comunicación entre la Unidad Móvil y la Unidad de Procesamiento.

Nombre	ESP8266 Hiletgo	nRF52 DK Nordic	nRF24101 Nordic	nRF9E5 Nordic
Estándar	Wi-fi 802.11 b/g/n	Bluetooth 802.15	no	No
Frecuencia	2.4GHz – 2.5GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	433/868/ 915 MHz

Velocidad de Tx	De 11Mbps a 54 Mbps	20 Mbps	2Mbps a 8Mbps	57.6 Kbps
Canales	14 canales	40 canales	126 canales RF	100 canales en 433MHz y 200 en 868/915 MHz
Comunicación	Duplex	Duplex	Duplex	Duplex
Voltaje de operación	3.0 ~ 3.6 V	1.8 ~ 3.6 V	1.9 ~ 3.6 V 5 Vmax	1.9 ~ 3.6 V
Corriente de Operación	80mA	60mA	12.5mA	15mA
Rango de Temperatura de operación	-40° ~ +125°	-40° ~ +85°	-40° ~ +85°	-40° ~ +85°
Protocolos de red	IPv4, TCP/UDP/HTT P/FTP	SoftDevice	Enhanced ShockBurst SPI	SPI
Costo	\$8 Medio	\$30 Alto	\$3,64 Bajo	\$5,32 Bajo

Elaborado por: Investigador.

En base a la Tabla 5 se ha elegido al dispositivo de comunicación nRF24L01 para la realización del proyecto, debido a su bajo costo, fácil adquisición y a que sus características técnicas cumplen con los requerimientos para el propósito a usar (véase Anexo D).

Módulo de Comunicación nRF24L01

El módulo nRF24L01 es un transceptor, es decir, que este dispositivo de comunicación puede transmitir como recibir información, es inalámbrico, trabaja en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical radio band) a 2.4GHz, por lo cual no se requiere de licencia para su funcionamiento. Entre sus principales características tenemos las siguientes que se muestran en la Tabla 6 [47].

Tabla 6: Características técnicas del módulo NRF24L01

Característica	Descripción
Radio	Banda ISM 2.4GHz
	126 Canales RF

	Pines de Rx y Tx comunes
	Modulación GFSK
	Rata de transmisión de datos de 1 a 2Mbps
	1MHz sin solapamiento de canal espaciando 1Mbps
	2MHz sin solapamiento de canal espaciando 2Mbps
Transmisor	Potencia de salida programable: 0, -6, -12 o -18dBm
	11.3mA a 0dBm de potencia de salida
Receptor	Filtros de canales integrados
	12.3mA a 2Mbps
	-82dBm de sensibilidad a 2Mbps
	-85dBm de sensibilidad a 1Mbps
	Ganancia LNA programable
Sintetizador RF	Sintetizador RF integrado
Alimentación	Regulador de voltaje integrado
	Rango de voltaje aceptado: 1.9 a 3.6V.
	Corriente en Standby: 22uA.
	Corriente en modo apagado: 900nA.

Elaborado por: Investigador

Fuente: Hoja técnica del Módulo nRF24I01.

El módulo de comunicación nRF24I01 posee la distribución de pines descritos en la Figura 9.



Figura 9: Distribución de pines del módulo nRF24I01.

Fuente: El Investigador

4.3.2. Módulo de la Unidad Móvil.

El módulo presente en la Unidad Móvil posee los siguientes componentes:

- Controlador ATmega328p.
- Periféricos de entrada y salida:
 - Pantalla táctil: Permite seleccionar la ruta que la Unidad Móvil realiza, a la vez se puede observar en ella el proceso realizado por el sistema, por lo que constituye un periférico de entrada y salida.
 - Parlante: Salida de audio con información acerca de la ruta y paradas.
- Dispositivo de comunicación:
 - NRF24L01: Permite la comunicación entre la Unidad Móvil y la Unidad de Procesamiento (parada o estación de bus).

PERIFÉRICOS DE ENTRADA Y SALIDA

Pantalla táctil LCD

La pantalla táctil LCD es utilizada como periférico de entrada y salida, mediante el cual permite el ingreso de datos como la elección de ruta y a la vez nos muestra el proceso llevado a cabo en la unidad móvil, para la utilización de esta pantalla es necesaria la instalación de librerías en el IDE de Arduino, las librerías utilizadas son Adafruit GFX y MCUFRIEND, las mismas que facilitan la programación y utilización de la pantalla con el controlador ATMEGA328P utilizado. La Figura 10 ilustra la pantalla utilizada, en el Anexo E se puede observar la hoja de datos de la pantalla utilizada.

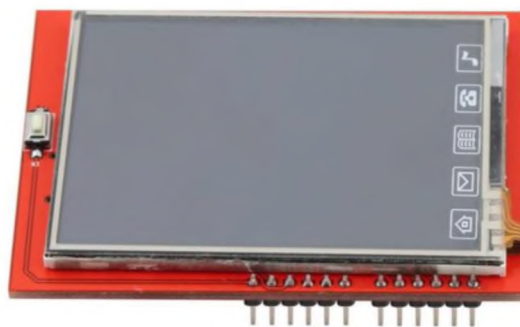


Figura 10: Pantalla LCD Táctil de 2,4 pulgadas.

Fuente: El Investigador.

Parlante

Para el uso del parlante con el controlador fue necesario la utilización de una memoria SD en la que se localizan los archivos a reproducir, para esto el controlador necesito del uso de librerías adicionales, se usó las librería “SD” de arduino, y la librería “TMRpcm” procedente de GitHub [49]. La librería SD de Arduino permite el uso de la tarjeta micro SD, mientras que la librería TMRpcm, permitió el procesamiento para la reproducción de audio desde la memoria, esta librería admite la reproducción de audio con formato PCM o WAV [50].

El establecimiento de comunicación entre la tarjeta MicroSD y el controlador se lo realiza gracias al protocolo SPI. En la Figura 11 se observa el diagrama de una tarjeta MicroSD, y la Tabla 7 indica a detalle la distribución de pines, los mismos que funcionan para todas las tarjetas micro SD que cumplen con el SD Card Standard [51].

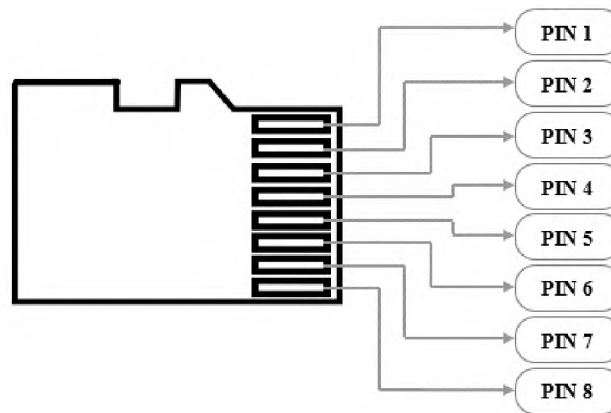


Figura 11: Diagrama tarjeta MicroSD.

Fuente: El Investigador.

Tabla 7: Distribución de pines tarjeta MicroSD.

PIN	Nombre	Tipo	Descripción
1	RSV	-	Reservado
2	CS	I	Chip select (activo en bajo)
3	Data In	I	Data In (MOSI)

4	V _{DD}	S	Entrada de Voltaje (3.3 V)
5	SCLK	I	Clock
6	V _{SS}	S	GND
7	Data Out	O/PP	Data Out (MISO)
8	RSV	-	Reservado

Elaborado por: Investigador.

Fuente: Realizado basado en [51].

Los pines CS, MOSI, MISO, SCLK del microcontrolador ATmega328p trabajan con un valor de 5 voltios, por lo que es necesaria la realización de divisores de voltaje para que el voltaje que ingrese a la tarjeta MicroSD sea de 3.3 voltios, caso contrario esto causará daños en la tarjeta.

La ecuación 1 describe el valor del voltaje resultante del divisor, es decir V_{OUT}, siendo V_{IN} el voltaje de entrada proveniente de los pines del microcontrolador. Realizado la operación, las resistencias para el divisor de voltaje requerido tienen los valores R₁ de 1.2kΩ y R₂ de 2.2kΩ. Con estos valores el valor de voltaje entregado a la tarjeta es de 3.21 voltios.

$$V_{OUT} = V_{IN} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

La Figura 12 muestra la forma de un divisor de voltaje.

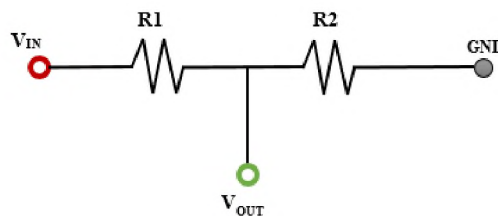


Figura 12: Diagrama divisor de voltaje.

Fuente: El Investigador.

4.3.3. Módulo de la Unidad de Procesamiento.

El módulo presente en la Unidad de Procesamiento posee los siguientes componentes:

- Controlador Raspberry PI 3.
- Periféricos de salida:
 - Pantalla: Permite al usuario visualizar información sobre las rutas que ofrece la parada, así como los horarios de servicio.
 - Parlante: Salida de audio con información acerca de la ruta y paradas.
- Dispositivo de comunicación:
 - NRF24L01: Permite la comunicación entre la Unidad Móvil y la Unidad de Procesamiento (parada o estación de bus).
 - Interfaz Ethernet: Mediante esta interfaz, la Unidad de Procesamiento se comunica con el Servidor para la entrega de datos y recepción de información que será visualizada en la pantalla informativa.

4.3.4. Servidor WEB.

El servidor WEB implementado es un servidor LAMP, alojado en una Raspberry PI con sistema operativo Raspbian.

La figura 13 describe el procedimiento para la instalación del servidor WEB, y el Anexo F detalla el proceso.

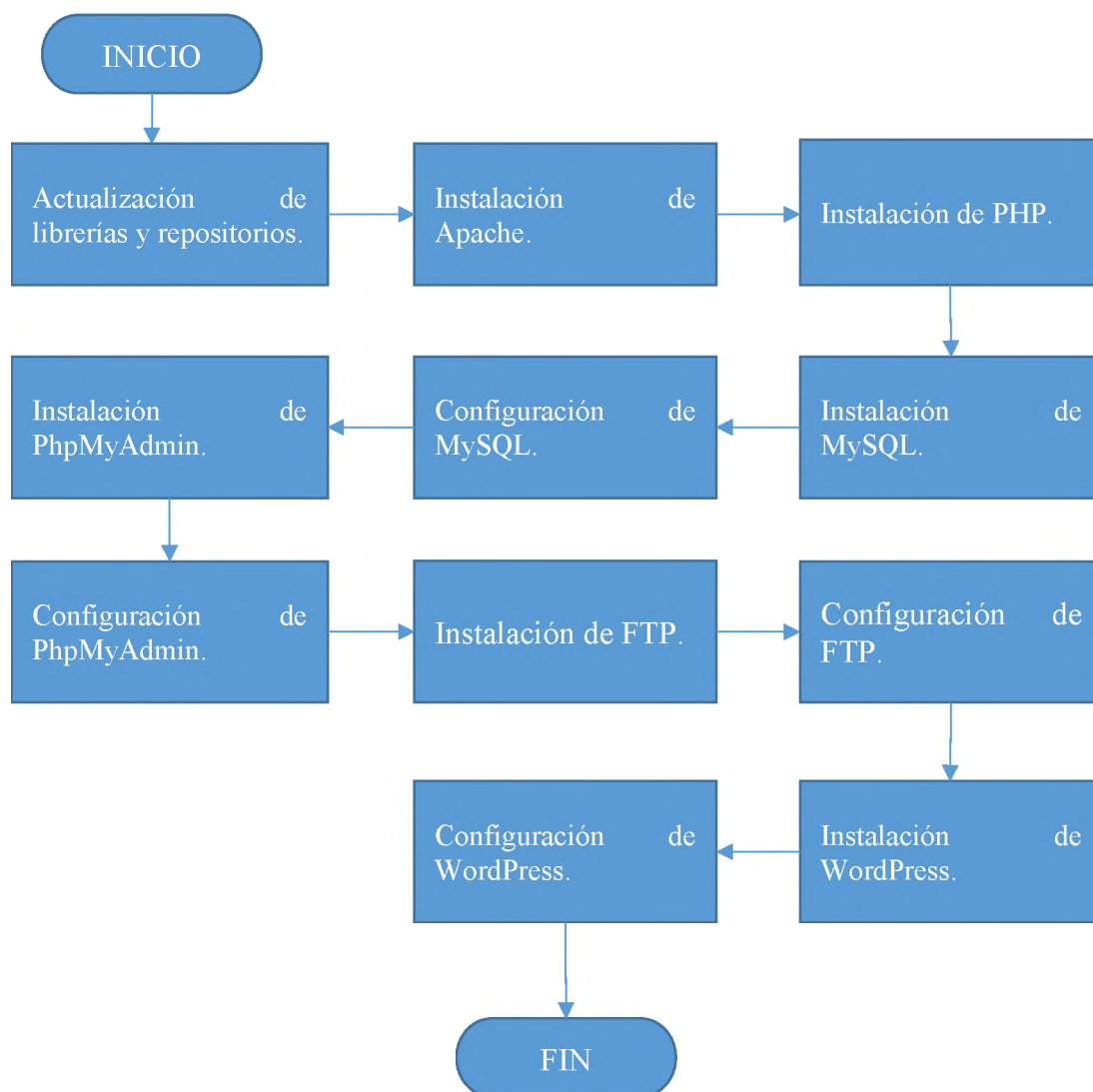


Figura 13: Proceso de Instalación del Servidor WEB.

Fuente: El Investigador

4.3.5. Diseño del Sitio Web.

El sitio Web del Sistema de Información Integrado fue diseñado mediante WordPress, la Figura 14 muestra el sitio y las opciones de navegación del mismo.



Figura 14: Sitio web del Sistema de Información Integrado.

Fuente: El Investigador

Dentro del Menú de opciones del Sitio Web se encuentran las opciones “Paradas Innovadoras”, “Ruta la Joya”, “Consultas” y la opción de “Monitoreo y Control”. Al seleccionar la opción “Ruta La Joya” se muestra un mapa de la ruta, en dirección La Joya hacia el Parque Industrial la ruta es ilustrada con color azul y en dirección Parque Industrial hacia La Joya con color violeta, además se observa información detallada acerca la ruta, esto se puede visualizar en las Figuras 15 y 16.

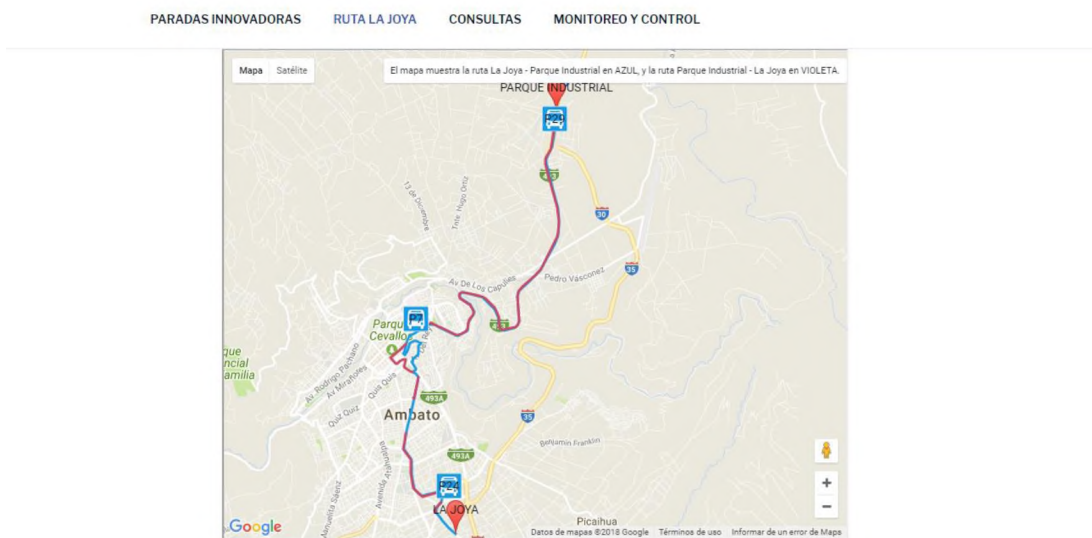


Figura 15: Sitio web, mapa ruta La Joya.

Fuente: El Investigador

En el presente mapa se muestra el recorrido realizado por los buses de la ruta "La Joya - Parque Industrial"

INICIO	RETORNO
Calle Alcibiades	Barrio el Arbolito
Calle Platón	Parque Industrial
Calle Eratosteres	Panamericana Norte
Calle Arquímedes	Av. Indo América
La Joya	Av. Las Américas
Av. Amable Ortiz	Av. 12 de Noviembre
Av. Julio Jaramillo	Calle Juan B. Vela
Av. Tres Carabelas	Viaducto Calle Mera
Av. El cóndor	Calle Urdaneta
Av. Los Atis	Calle Chimborazo
Av. Los Chasquis	Av. Quisquis
Calle Oriente	Calle Oriente

Figura 16: Sitio web, ruta La Joya información detallada.

Fuente: El Investigador

La opción "Paradas Innovadoras" al igual que la anterior, permite observar un mapa de la ubicación de las paradas innovadoras disponibles e información detallada de las mismas, así lo ilustran las Figuras 17 y 18.

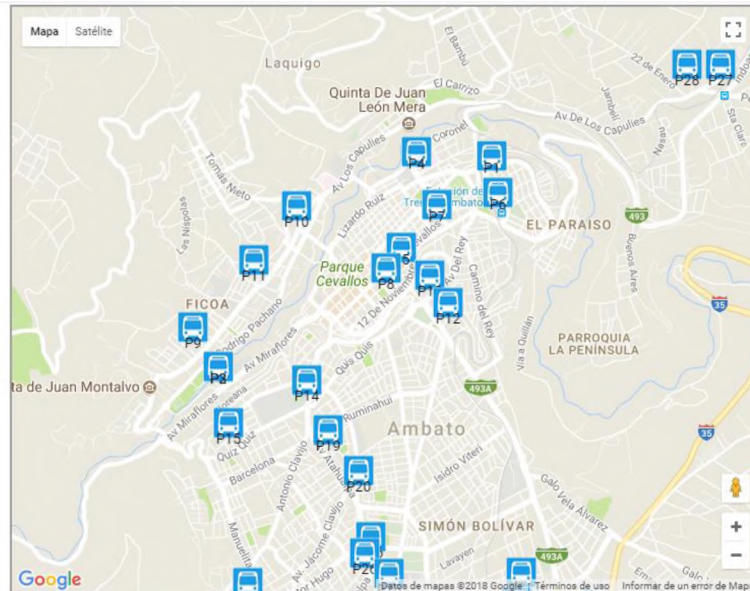


Figura 17: Sitio web, mapa Paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

N°	Dirección	Sector
1	Av. Colombia - UTA	UTA
2	Av. Miraflores - Colegio La Inmaculada	Colegio la Inmaculada
3	Av. Miraflores - León Becerra	Redondel Miraflores
4	García Moreno y Unidad Nacional	Colegio Ambato
5	Eugenio Espejo - Mercado Artesanal	Mercado Artesanal
6	Av. 12 de Noviembre - Terminal	Terminal
7	Av. 12 de Noviembre y 5 de Junio	Escuela Teresa Flor
8	Av. 12 de Noviembre y Juan León Mera	Parque
9	Av. Los Guaytambos y Las Frutillas	
10	Av. Los Guaytambos entre Las Delicias y Juan Montalvo.	Supermaxi
11	Av. Los Guaytambos y Membrillos	
12	Av. Bolívariana - Coliseo	Coliseo
13	Av. Bolívariana espacio en Fernandina	
14	Av. Atahualpa y Quis Quis	Policia

Figura 18: Sitio web, información detalla Paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

En la opción “Consultas” se observa el estado de horarios de cada una de las paradas, en caso de que la consulta se lo realice fuera del horario de funcionamiento del servicio, en la pantalla se mostrará el mensaje “Servicio no disponible” (Figura 19).

RUTA "PUNTO UNO - PUNTO DOS"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:
Hacia el Punto 1	2018-01-18 10:39:33	10:45:33
Hacia el Punto 2	2018-01-18 09:17:04	09:23:04

Parada P24

RUTA "LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:
Hacia La Joya	2018-01-22 10:43:15	10:49:15
Hacia El Parque Industrial	2018-01-22 10:50:21	10:56:21

RUTA "PUNTO UNO - PUNTO DOS"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:
Hacia el Punto 1	2018-01-22 10:42:47	10:48:47
Hacia el Punto 2	2018-01-22 10:48:03	10:54:03

Figura 19: Sitio web, consulta horarios paradas innovadoras fuera del horario de funcionamiento.

Fuente: El Investigador

En la Figura 20 se muestra la consulta realizada dentro del horario de funcionamiento del servicio.

Parada P07

RUTA "LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:
Hacia La Joya	2017-10-07 14:18:03	14:23:03
Hacia El Parque Industrial	2017-10-07 14:16:07	14:21:07
RUTA "PUNTO UNO - PUNTO DOS"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:
Hacia el Punto 1	2017-10-07 14:15:16	14:20:16
Hacia el Punto 2	2017-09-24 17:59:16	18:04:16

Parada P24

RUTA "LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL"		
Dirección	Anterior autobus registrado a las:	Próximo autobus en:

Figura 20: Sitio web, consulta horarios paradas innovadoras dentro del horario de funcionamiento.

Fuente: El Investigador

Los mapas mostrados en las opciones “Ruta La Joya” y “Paradas Innovadoras” fueron realizados gracias a la herramienta Google Maps API, la misma que se basa en el lenguaje de programación JavaScript, la Figura 21 muestra una parte del código escrito para el mapa de Paradas Innovadoras y en el Anexo G se puede observar este código más detalladamente, en la realización del mapa “Ruta La Joya” se hizo falta de la descripción de más de trescientas coordenadas geográficas para el trazo de la ruta “La Joya – Parque Industrial”. [52]

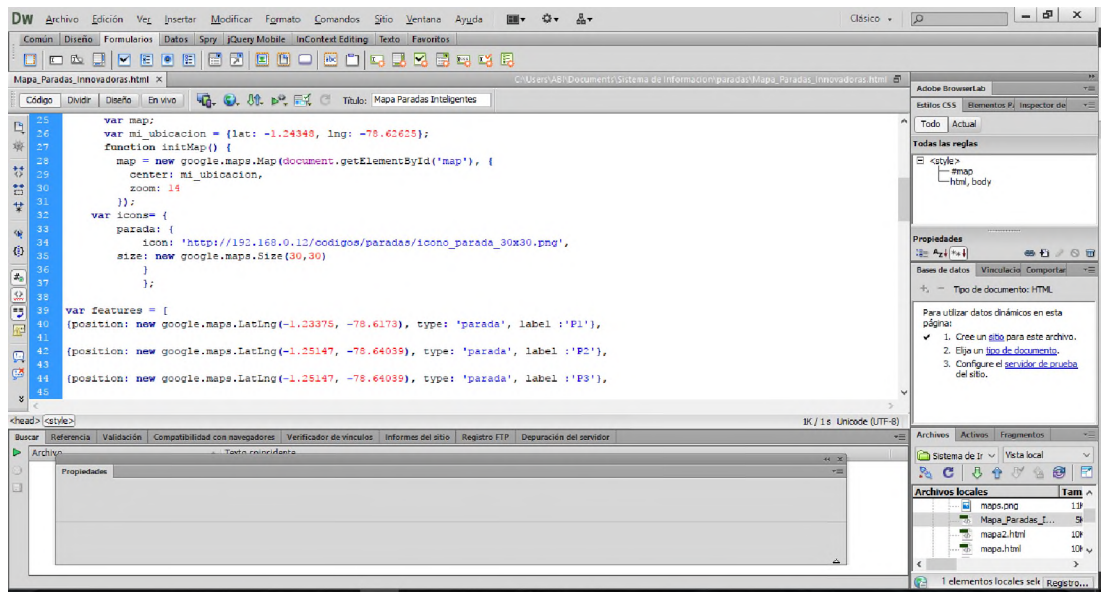


Figura 21: Código mapa Paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

En la opción “Monitoreo y Control” se encuentra un menú de consulta, así se observa en la Figura 22.

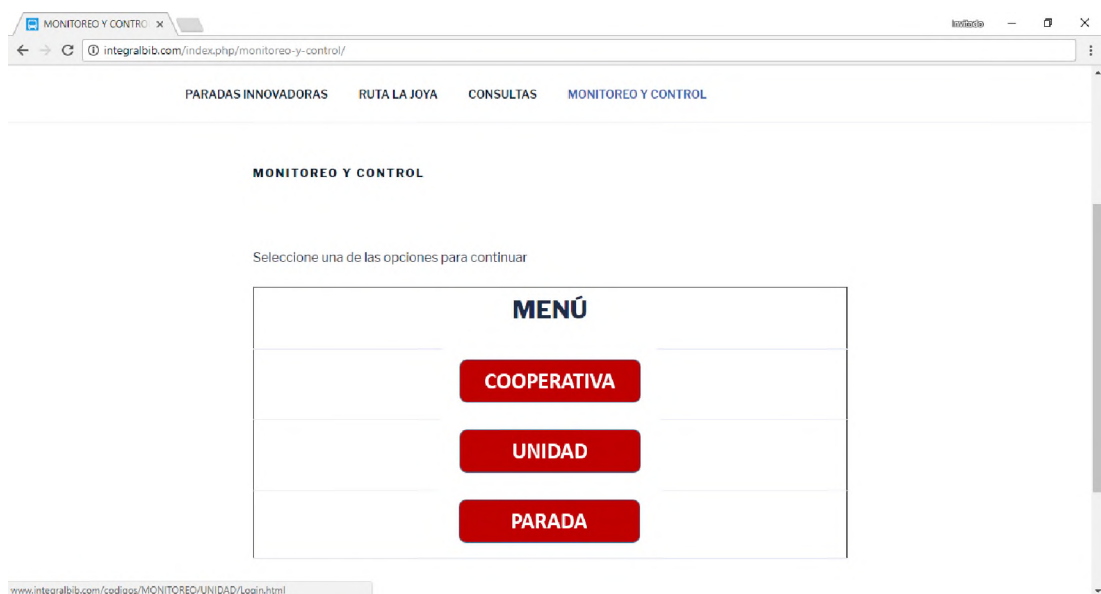


Figura 22: Menú Monitoreo y Control.

Fuente: El Investigador

Al seleccionar una de las alternativas, el usuario es direccionado a un portal de autenticación para el acceso al servicio según la opción escogida, en la Figura 23 se muestra el portal de autenticación y en las Figuras 24, 25 y 26 los paneles de monitoreo respectivos a cada opción.



Figura 23: Portal de autenticación.

Fuente: El Investigador

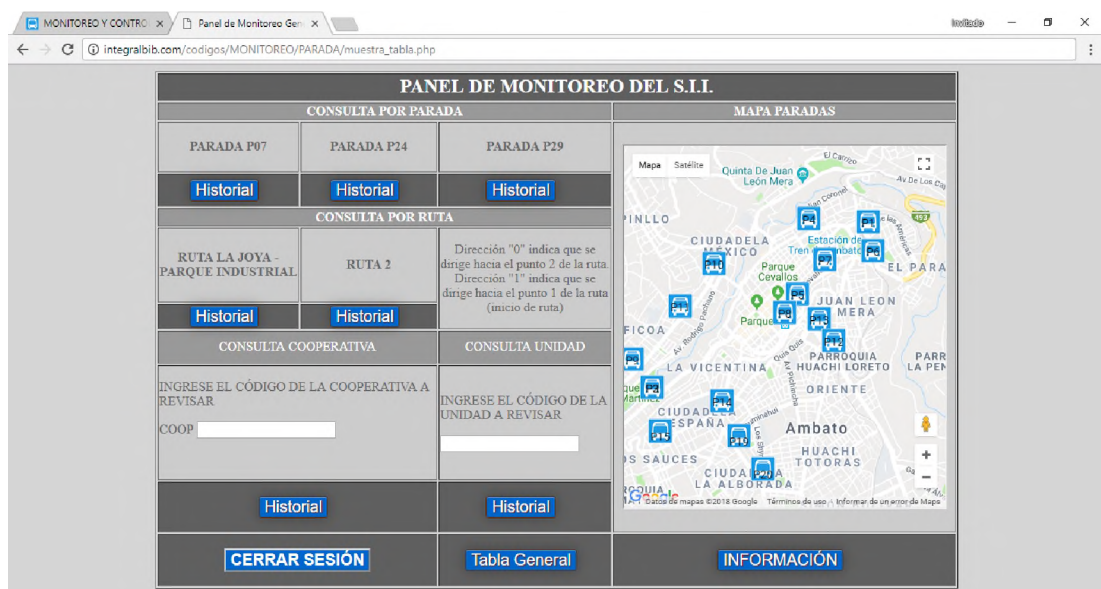


Figura 24: Panel de monitoreo general.

Fuente: El Investigador

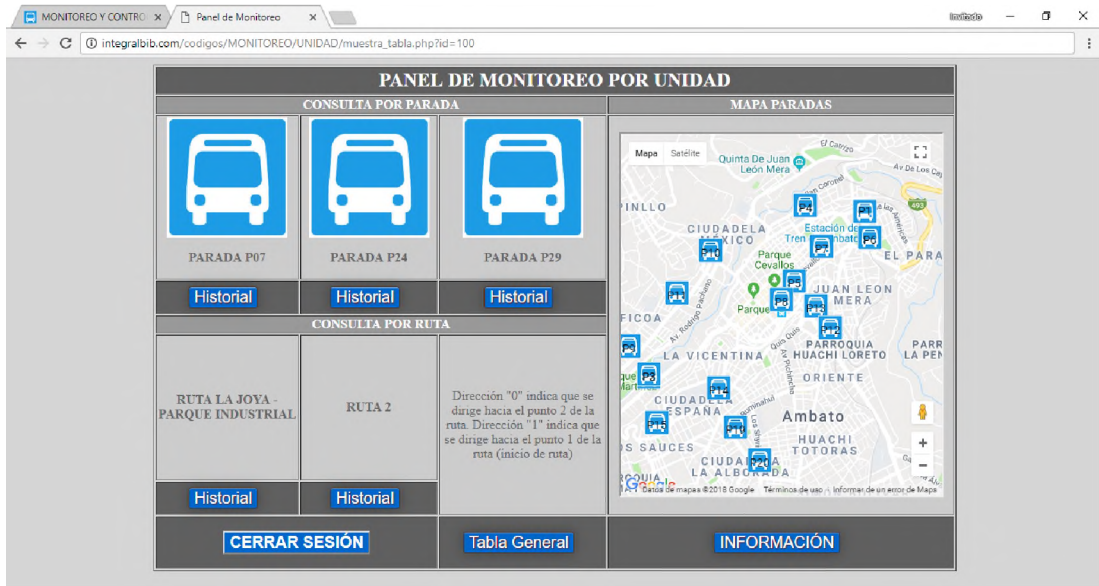


Figura 25: Panel de monitoreo para administradores de unidad.

Fuente: El Investigador

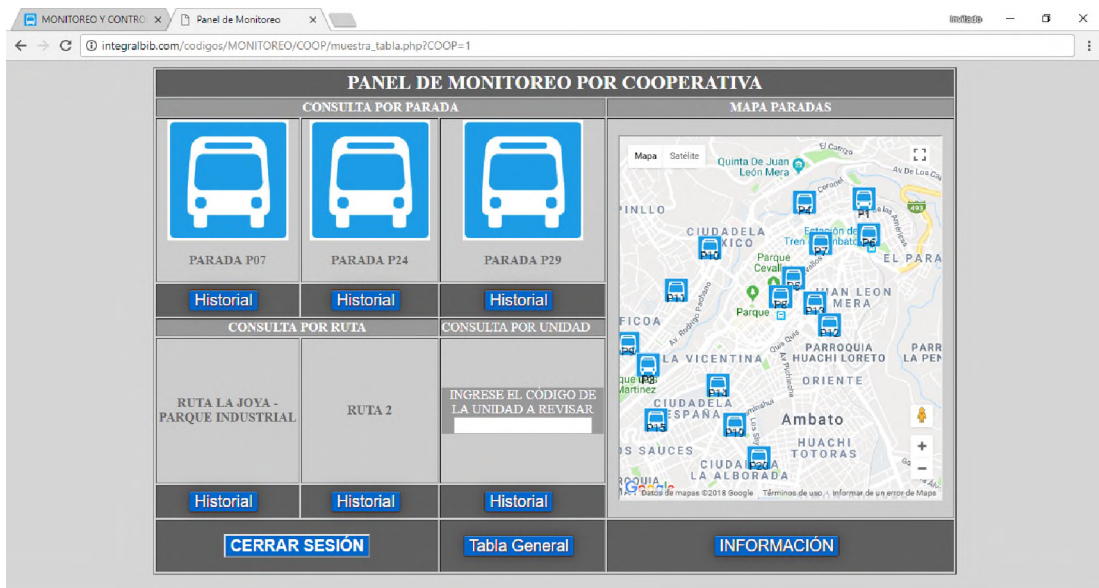


Figura 26: Panel de monitoreo para Cooperativa.

Fuente: El Investigador

El historial es mostrado en pantalla pop-up como lo ilustra la Figura 27.

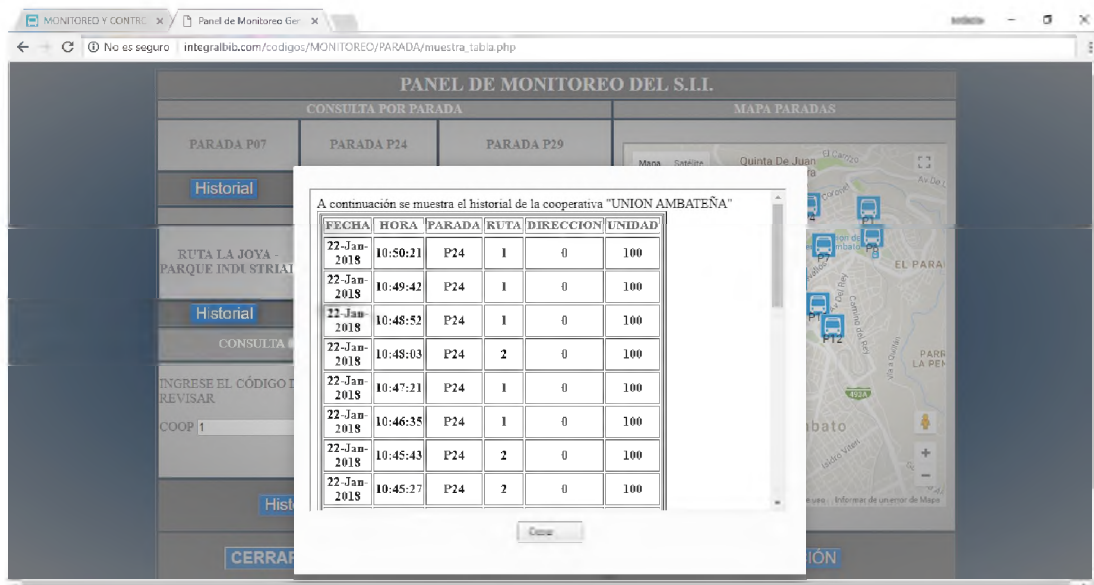


Figura 27: Historial de Consulta.

Fuente: El Investigador.

4.3.6. Informativo Unidad de Procesamiento.

Cumpliendo con las características del sistema, en la parada o estación se encuentra ubicado un informativo sobre los horarios, rutas y ubicación de la parada, las Figuras 28 y 29 muestran el informativo perteneciente a la parada P07, los informativos de las paradas P24 y P29 poseen la misma presentación con sus datos correspondientes.



Figura 28: Informativo paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

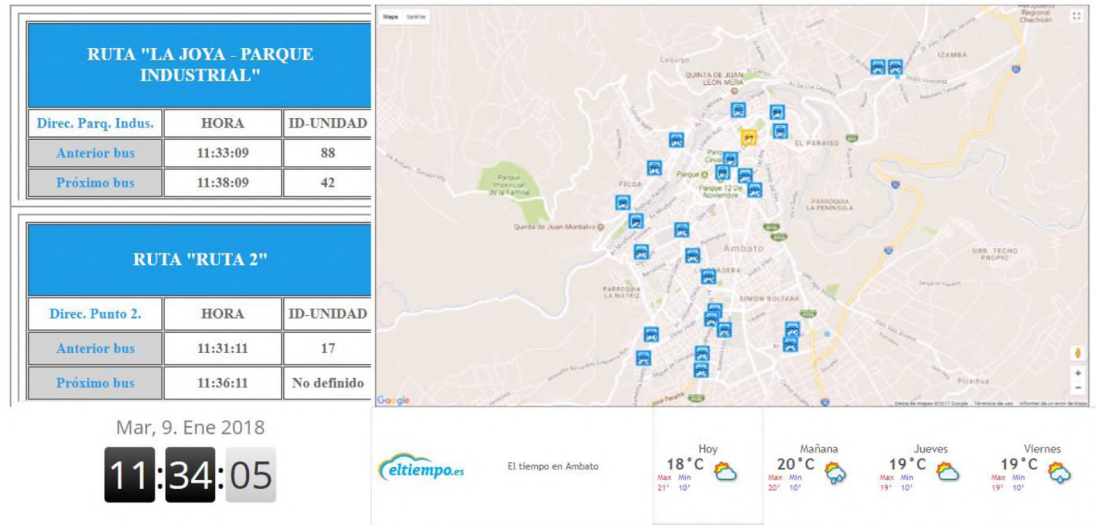


Figura 29: Informativo paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

En la parte superior izquierda del informativo, se muestran dos recuadros con la información correspondiente a los horarios de las rutas que transitan por dicha parada, en la parte superior derecha, una presentación sobre la parada, rutas y horarios del servicio; inferior a esta se encuentra un recuadro con información del tiempo y predicciones del mismo, a la izquierda de este se muestra la fecha y hora en tiempo real.

4.3.7. Aplicación para smartphone.

La aplicación para el usuario fue realizada en la plataforma AppInventor, diseñada para dispositivos celulares con sistema operativo Android, ya que es el sistema operativo más difundido entre los dispositivos móviles. De acuerdo al portal AppInventor, las aplicaciones desarrolladas son compatibles con todas las versiones de Android. Se probó la aplicación en las versiones de Android 5.1, 4.0, 2.6; obteniendo un funcionamiento correcto y normal. La Figura 30 muestra la plataforma de programación AppInventor.

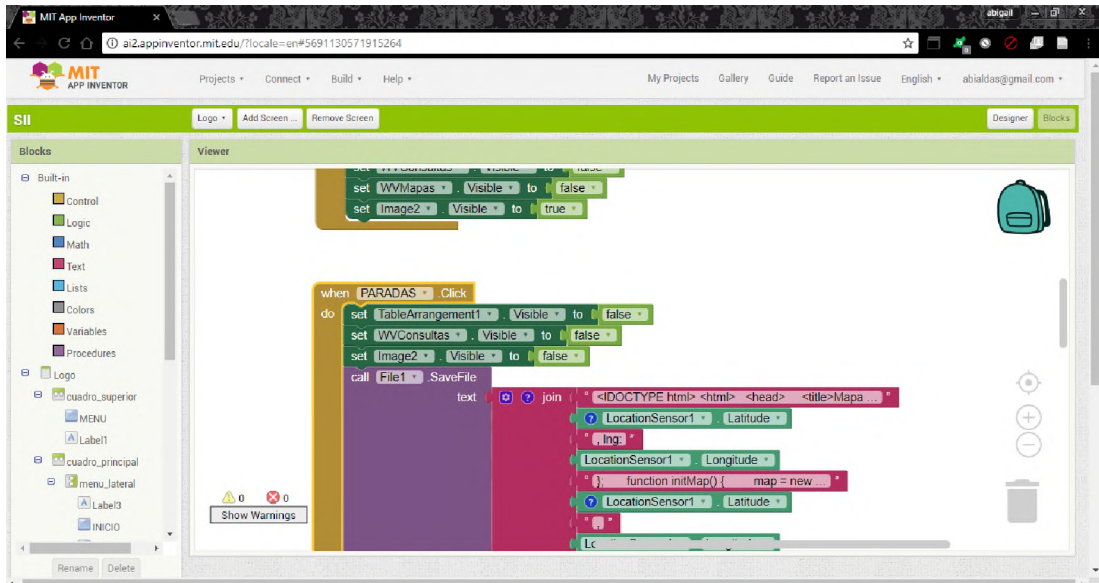


Figura 30: Plataforma de programación AppInventor.

Fuente: El Investigador

La aplicación permite al usuario realizar consultas acerca de los horarios de cada una de las paradas, así como visualizar mapas sobre la ubicación de las paradas innovadoras y las rutas disponibles, también permite el acceso al sitio Web del sistema. Las Figura 31, 32 y 33 muestran la pantalla de inicio de la aplicación, la pantalla principal y el menú desplegable donde se selecciona la acción a realizar.



Figura 31: Pantalla de Inicio App.

Fuente: El Investigador



Figura 32: Pantalla Principal App.

Fuente: El Investigador



Figura 33: Menú App.

Fuente: El Investigador

Al seleccionar la opción “Mapa Paradas Innovadoras GPS” como lo muestra la Figura 34, se visualiza un mapa con todas las paradas innovadoras, incluyendo la ubicación del usuario, para esto la aplicación hace uso del GPS del dispositivo. Al seleccionar la opción “Mapa ruta La Joya” se observará el mapa presente en la Figura 35.

La creación de estos mapas se lo ha realizado gracias a la herramienta Google Maps Api, que mediante programación en JavaScript permite la generación de mapas personalizados. Para la generación del mapa “Ruta La Joya” fue necesario insertar en el código cada uno de los puntos (latitud, longitud) por el que transita la Unidad Móvil, mientras más puntos, más preciso es el mapa. Google Maps Api, mediante programación en JavaScript junto con programación en AppInventor hizo posible el uso del GPS del dispositivo donde se instala la aplicación para el trazo del mapa “Ubicación Paradas Innovadoras” [52].

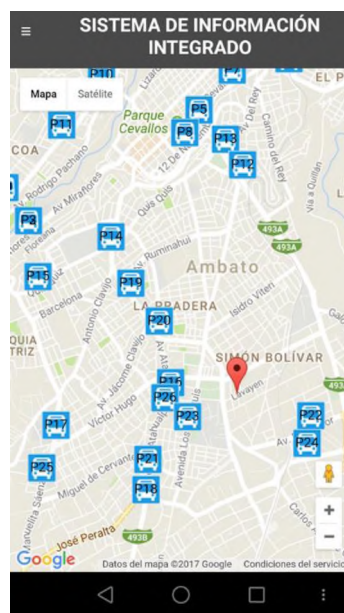


Figura 34: Mapa con localización del usuario y ubicación de Paradas Innovadoras.

Fuente: El Investigador

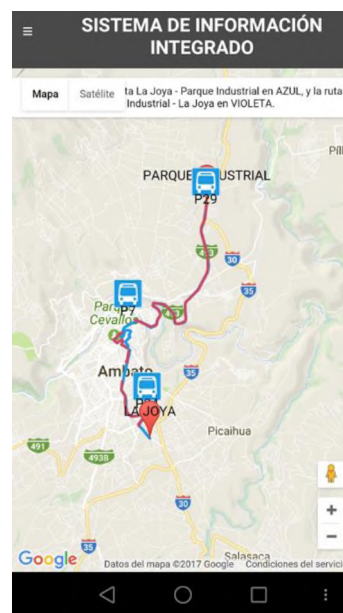


Figura 35: Mapa ruta La Joya.

Fuente: El Investigador

En el menú desplegable de la Aplicación al seleccionar la opción “Consultas” se visualiza las opciones de las paradas Innovadoras disponibles, en este caso de 3 tal como se observa en la Figura 36. La Figura 37 corresponde al resultado de la consulta en la Parada 07. La ruta “Ruta 2”, es una ruta ficticia, usada solo para fines de pruebas.



Figura 36: Opciones de Consulta App.

Fuente: El Investigador



Figura 37: Resultados de la Consulta App.

Fuente: El Investigador

La opción “Ir a Sitio Web” del menú desplegable permite ingresar desde la App al sitio Web del Sistema de Información Integrado, las Figuras 38, 39, 40, 41 y 42 permiten visualizar el diseño del mismo, en el sitio web además de mostrar los mapas propios de cada opción provee información más detallada para el uso del usuario.



Figura 38: Sitio Web App.

Fuente: El Investigador



Figura 39: Paradas Innovadoras Sitio Web App.

Fuente: El Investigador



Figura 40: Información detallada Paradas Innovadoras Sitio Web App.

Fuente: El Investigador



Figura 41: Ruta La Joya Sitio Web App.

Fuente: El Investigador



Figura 42: Información detallada ruta "La Joya" Sitio Web App.

Fuente: El Investigador

La Figura 43 muestra la pantalla desplegada al seleccionar la opción “Ayuda” en la App.

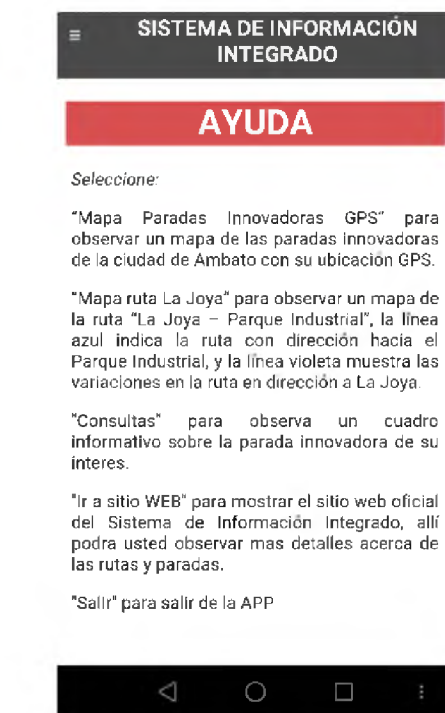


Figura 43: Opción Ayuda App.

Fuente: El Investigador

4.3.8. Dispositivos Finales.

DISPOSITIVO UNIDAD MÓVIL

En la Figura 44 se observa el diagrama esquemático correspondiente al prototipo presente en la unidad móvil, la figura 45 muestra la placa con los dispositivos colocados en ella, el procedimiento de elaboración y pruebas finales del prototipo pueden ser observadas en el Anexo H. La Figura 46 muestra el prototipo en funcionamiento.

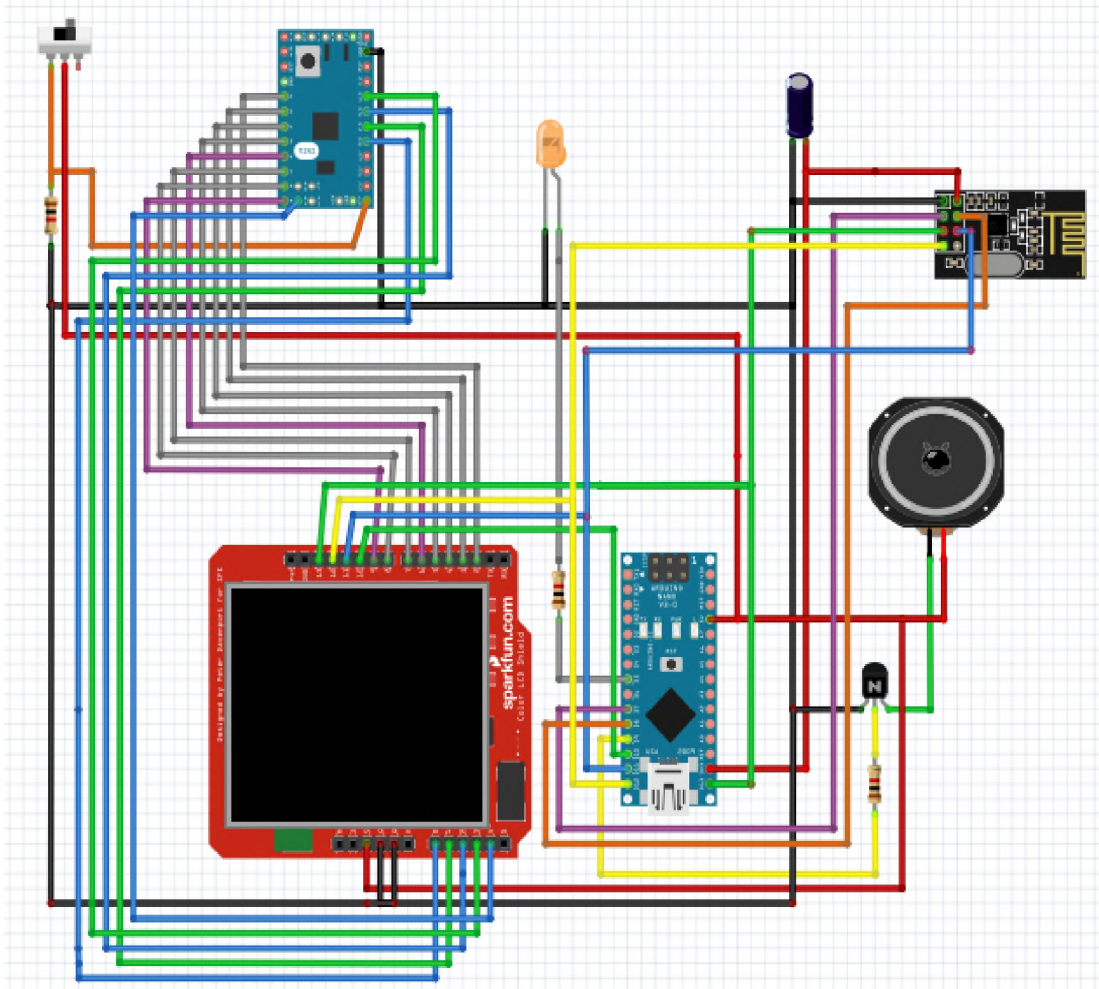


Figura 44: Diagrama del prototipo presente en la Unidad Móvil.

Fuente: El Investigador.



Figura 45: Placa del dispositivo de la Unidad Móvil.

Fuente: El Investigador



Figura 46: Prototipo final de la Unidad Móvil.

Fuente: El Investigador.

DISPOSITIVO UNIDAD DE PROCESAMIENTO

En la Figura 47 se observa el esquema de conexión de la placa Raspberry con el dispositivo de comunicación nRF24L01, en el Anexo I se puede ver los esquemas PCB correspondientes al circuito así como su proceso de elaboración y funcionamiento.

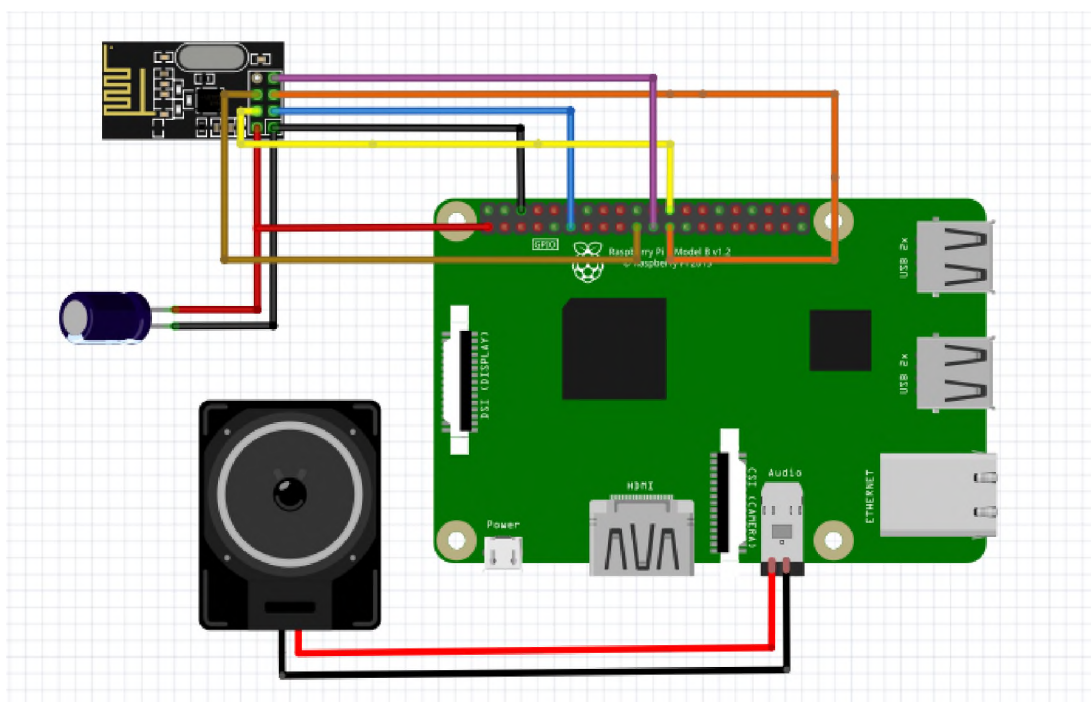


Figura 47: Diagrama de Conexión de la Unidad de Procesamiento.

Fuente: El Investigador.

La Figura 48 muestra la placa del esquema anterior descrito montado en la placa controladora raspberry.

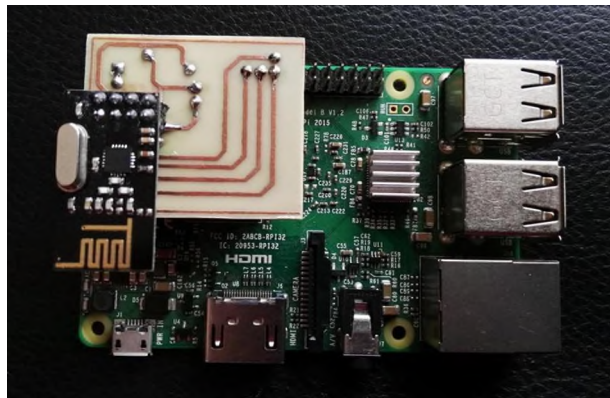


Figura 48: Placa del dispositivo de la Unidad de Procesamiento.

Fuente: El Investigador

La Figura 49 muestra a todos los prototipos elaborados para la realización de pruebas del Sistema.



Figura 49: Prototipos Finales.

Fuente: El Investigador

4.3.9. Funcionamiento del Sistema.

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO

La unidad de procesamiento ubicada en la parada de bus se encuentra programada para recibir información de la unidad móvil, esto inalámbricamente, al recibir la información, la unidad valora si la información recibida corresponde a las rutas que

transitan por su parada. Si la información es válida, la UP envía la información a la base de datos presente en el servidor WEB, y a la vez envía información a la Unidad Móvil confirmando su validación, esto controla la reproducción de un audio informativo en su parada, indicando el arribo del transporte y la ruta que este realiza. En la Figura 50 se observa el procedimiento descrito y en Anexo J detalla la realización de este proceso.

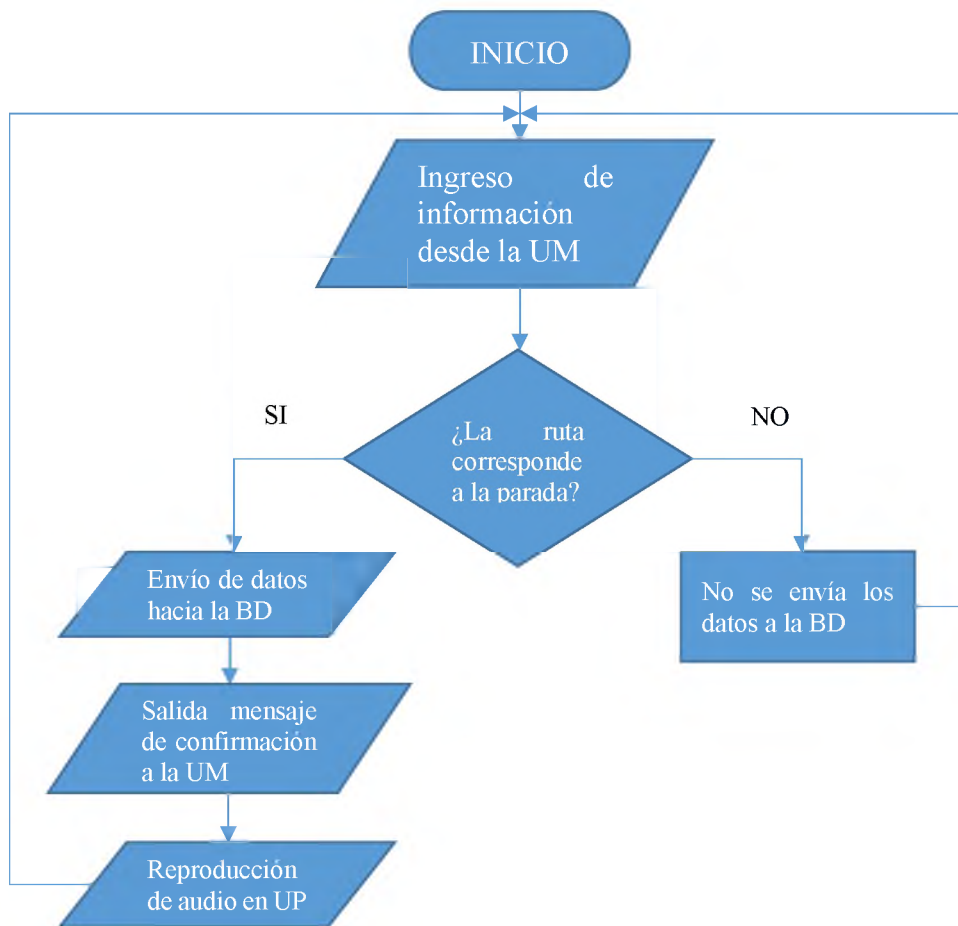


Figura 50: Funcionamiento de la Unidad de Procesamiento.

Fuente: El Investigador

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD MÓVIL

Mediante el prototipo presente en la unidad móvil, el operario ingresa los datos de la ruta a realizar, esto es, ingresando un código que indica la ruta y a la vez seleccionando la dirección, es decir si el bus va desde el punto A hacia el punto B o viceversa, una vez ingresado estos datos, en la pantalla se ilustrará la ruta y dirección elegida.

El prototipo de la unidad móvil realiza la comunicación con la unidad de procesamiento de forma automática, siempre y cuando las dos se encuentren dentro del rango establecido por el alcance de los módulos de transmisión inalámbrica; de esta forma no es necesario una activación manual por parte del operario del transporte público.

Una vez ingresados los parámetros anteriormente descritos, el dispositivo de comunicación presente en la unidad Móvil ahora se encuentra a la espera de comunicación disponible, al detectar a una Unidad de Procesamiento, se envía información a la UP, esto activa un indicador en el módulo de la UM que señala que el proceso de transmisión ha finalizado y que se está recibiendo información desde la UP.

La UP recibe la información y envía un mensaje de confirmación que controla la reproducción de audio alojado en la memoria interna de la UM, en el mensaje de confirmación la UP envía su ID, y la Unidad de procesamiento valida si la parada o unidad de procesamiento pertenece a la ruta elegida, si es así, se reproduce un audio en el interior de la UM, de no ser válida la parada con respecto a la ruta elegida, el proceso de cierra y la UM vuelve a estar a la espera de un enlace disponible para la comunicación.

El audio alojado en la memoria interna indica la parada actual en la que se encuentra el transporte y la próxima estación. De este modo si el automotor ha transitado por

algún lugar cercano a otra parada no correspondiente pero que se encuentra dentro del rango de comunicación no lo afectará en ningún sentido. La Figura 51 ilustra el proceso realizado por la UM y en el Anexo K se puede observar el código correspondiente.

La trama de información enviada a la unidad de procesamiento es la siguiente (véase Tabla 8):

Tabla 8: Información enviada a la UP desde la UM.

Información	Tipo
Ruta	Entero
Dirección	Entero
Cooperativa	Entero
Id de la unidad	Entero

Elaborado por: Investigador.

Fuente: Investigador.

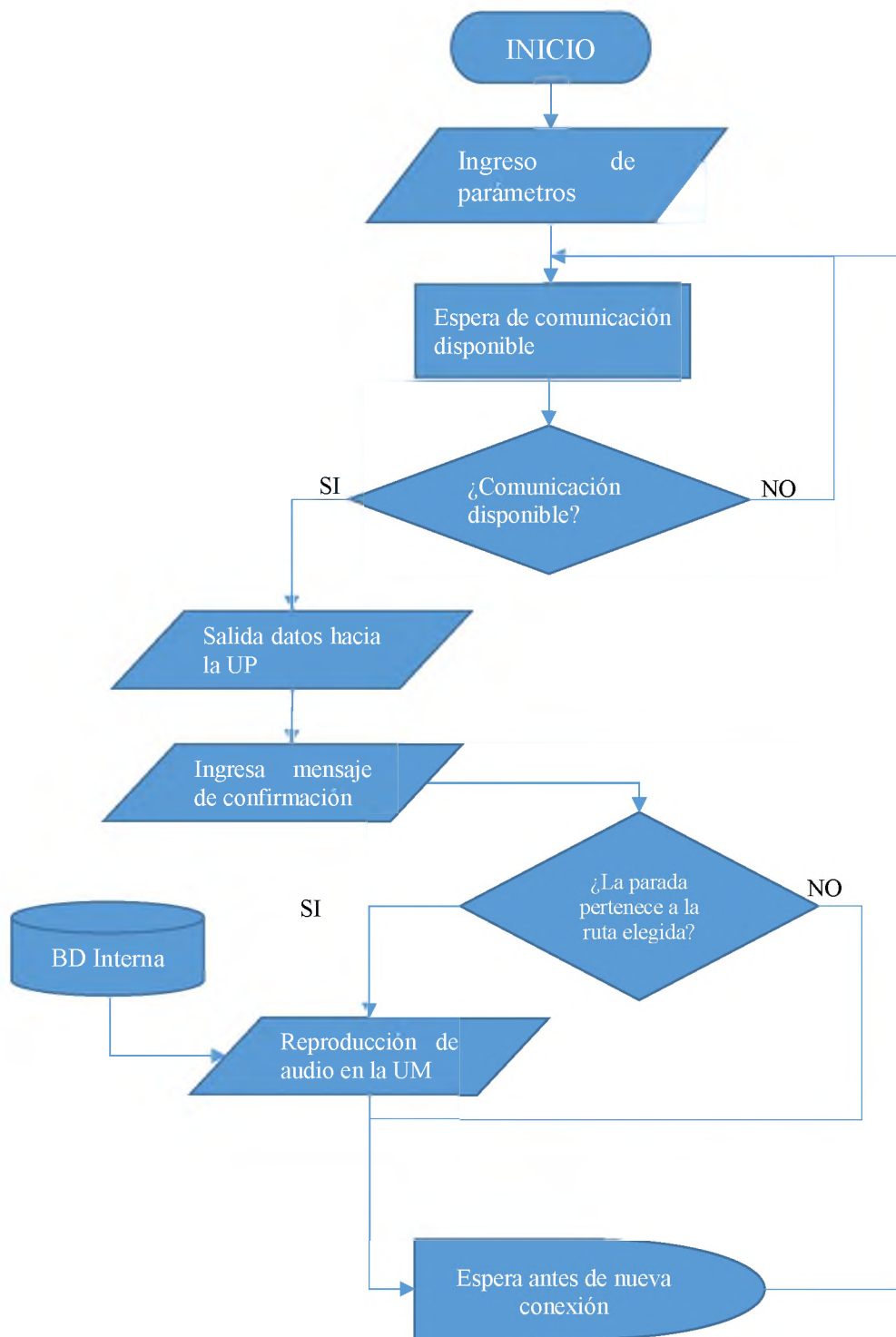


Figura 51: Funcionamiento de la Unidad Móvil.

Fuente: El Investigador

Descripción del funcionamiento del Servidor

La información ingresada a la base de datos es procesada por el servidor y mostrada a los usuarios, los mismos que pueden realizar consultas desde un ordenador o celular, la Figura 52 muestra una tabla informativa que estará a disposición de los usuarios, en ella se puede observar información como:

1. Nombre de la Ruta.
2. Dirección en la ruta que realiza el bus.
3. Tiempo de llegada del anterior bus.
4. Número identificador del anterior bus.
5. Tiempo estimado de arribo del próximo bus.
6. ID del próximo bus en llegar.

RUTA "LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL"		
Direc. Parq. Indus.	HORA	ID-UNIDAD
Anterior bus	11:33:09	88
Próximo bus	11:38:09	42

Figura 52: Tabla informativa.

Fuente: El Investigador.

Para mostrar esta información, el servidor realiza un procesamiento de los datos almacenados en la base, estos llegan desde las UP. Por motivos de pruebas se creó una ruta ficticia llamada "Ruta 2", las Figuras 53 y 54 muestran el recorrido de la ruta "La joya" y "Ruta 2" por las paradas "P24", "P07" y "P29".

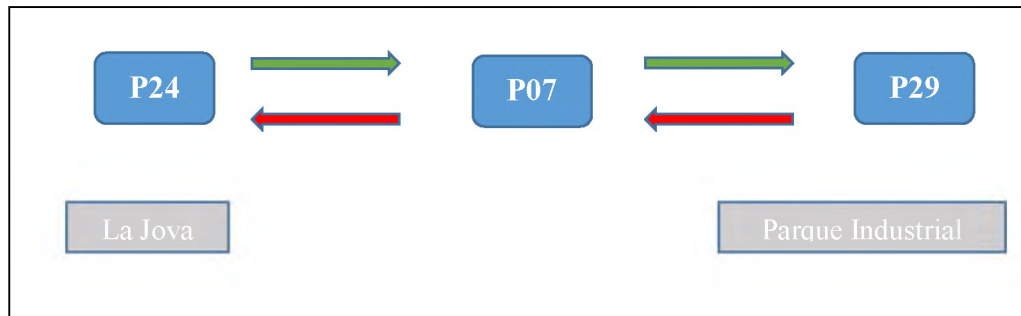


Figura 53: Diagrama ruta "La Joya - Parque Industrial"

Fuente: El Investigador.

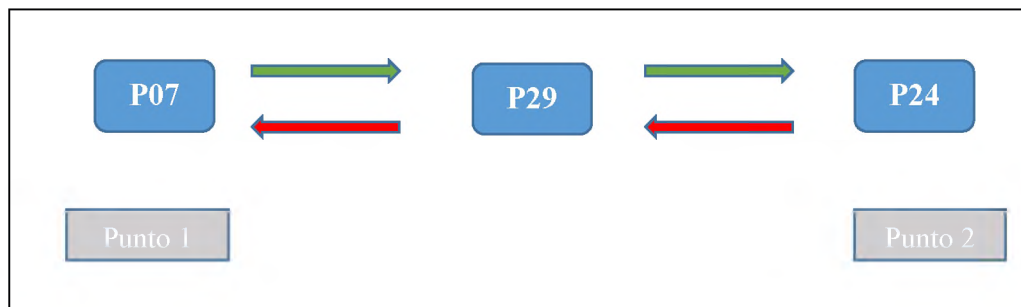


Figura 54: Diagrama ruta "Ruta 2".

Fuente: El Investigador.

Tomando el caso de la Parada 7 “P07” se explicará el procesamiento de información realizado por el servidor para determinar el próximo bus en arribar una vez registrado el paso por la parada del bus actual. Esto es ilustrado en la Figura 55 y su código puede ser observado en el Anexo L.

Al ingresar el dato de un bus perteneciente a una ruta que transita por la parada P07, este es registrado y en el informativo se muestra la hora de arribo y el ID correspondiente a la unidad móvil. Según la frecuencia de buses establecida por la cooperativa de transporte, el tiempo estimado de arribo del siguiente bus es visualizado en la parada, cabe recalcar que la frecuencia de arribo de buses difiere según el horario.

Para visualizar en el informativo el ID del próximo bus a llegar, se realiza un búsqueda en la tabla de datos correspondiente a la anterior parada, sea esta P24 o P29 (según la dirección de la ruta), se busca el N_ID (Número identificados de la UM) del bus recién llegado para luego buscar el bus con la misma ruta y dirección registrado después.

Obtenido el ID del siguiente bus registrado en la anterior parada, este se visualiza en el informativo de la parada o Unidad de Procesamiento que está realizando la consulta.

Si no se encuentra un bus registrado después del bus actual en la anterior parada, en el informativo se visualiza el mensaje “No definido”.

Con esto se define el bus que llegará después a la parada. Lo mismo ocurre en la programación de las otras paradas.

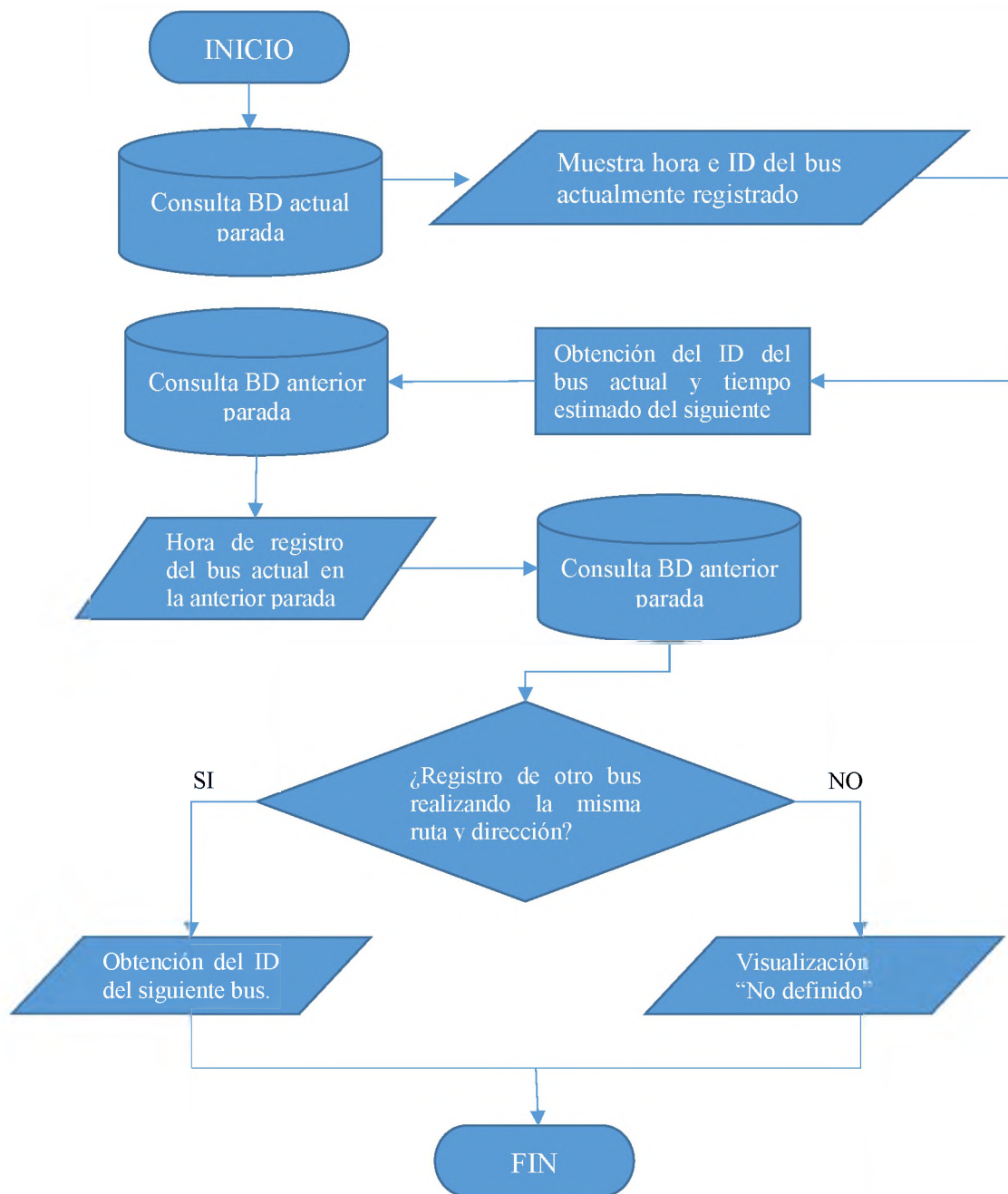


Figura 55: Algoritmo tablero de horarios.

Fuente: El Investigador

4.4. Análisis de Resultados

Una vez llevadas a cabo las pruebas del sistema, se han encontrado los siguientes resultados:

- Comunicación entre la Unidad Móvil y Unidad de Procesamiento (nRF24L01)

Al realizar las pruebas de comunicación con línea de vista usando el módulo nRF24L01, el módulo presente en la Unidad Móvil (controlado por el ATmega328p) enviaba los datos hacia el módulo de la UP (controlado por la placa Raspberry) hasta distancias de 20 metros de forma efectiva y sin pérdida de paquetes; mientras que la transmisión de datos desde la UP hacia la UM fue efectiva y sin pérdida de paquetes hasta una distancia máxima de 19 metros. El tiempo que tarda la comunicación entre la UM y la UP es inferior a un segundo.

Al realizar las pruebas de comunicación sin línea de vista (con construcción de por medio), no existió pérdida de los paquetes enviados entre la UM y la UP hasta una distancia máxima de 15 metros, pasados los 15 metros, existió comunicación de forma intermitente, el Anexo M evidencia la realización de las pruebas descritas.

- Tiempo de respuesta del sistema

El tiempo que toma el sitio web en actualizarse una vez recibido el dato desde la Unidad de Procesamiento varía desde un tiempo de 1 segundo hasta los 3 y 4 segundos; ya que esta operación es ejecutada en la parte del cliente, influyen factores como la calidad de conexión a internet que posee el usuario y velocidad.

El tamaño de los ficheros que se utilizan para el informativo presente en las paradas es de 5.8 MB en el momento de la primera carga, para la actualización del informativo se utiliza 25.71 kilobytes. Las pruebas de medición de velocidad de carga del informativo, fueron realizadas mediante la herramienta "Pingdom", los resultados obtenidos los detalla la Tabla 9.

Tabla 9: Tiempo de carga del informativo del SII.

Tamaño de la Pagina		5.8 Mb		
Peticiones		256		
Tipo de contenido	Porcentaje	Tamaño	Porcentaje del número de peticiones requeridas	Número de Peticiones
Multimedia	89.4%	5.15MB	94.9%	243
HTML	8.7%	515.69KB	2%	5
Script	1.6%	93.18 KB	1.2%	3
Imagenes	0.2%	10.33 KB	1.2%	3
CCS(Estilos)	0.1%	5.84 KB	0.8%	2

Elaborado por: El Investigador

Según el portal Pingdom, la carga y ejecución de todas las peticiones tiene una duración promedio de 2.08 segundos con una velocidad de descarga de 3Mb/s. Por lo que el tiempo de carga del informativo variará según la velocidad de descarga que posea la localidad donde éste sea ubicado.

- Consumo Energético

En la Tabla 10 se observa el consumo energético del prototipo presente en la Unidad de Procesamiento y la Tabla 11 describe el consumo energético del prototipo presente en la Unidad Móvil.

Tabla 10: Consumo energético del prototipo de la Unidad de Procesamiento.

Voltaje	Corriente	Descripción
5 V	0.027 ~ 0.050 A	Encendido de la placa controladora
5 V	0.028 ~ 0.029 A	nRF24L01 en funcionamiento
5 V	0.028 ~ 0.029 A	nRF24L01 y salida de audio
5 V	0.026 ~ 0.029 A	Pantalla, nRF24L01 y salida de audio.

Elaborado por: Investigador.

Tabla 11: Consumo energético del prototipo de la Unidad Móvil.

Voltaje	Corriente	Descripción
5 V	0.021 A	Encendido del módulo
5 V	0.024 A	nRF24L01 en funcionamiento
5 V	0.025 A	nRF24L01 y reproducción de audio

Elaborado por: Investigador.

4.4.1. Análisis de Costos

La Tabla 12 muestra el costo de implementación del prototipo presente en la Unidad Móvil.

Tabla 12: Costo de implementación prototipo Unidad Móvil.

N°	Descripción	Unidades	Valor unitario	Total
1	ATMega328p (Arduino Mini)	1	\$ 4.50	\$ 4.50
2	ATMega328p (Arduino Nano)	1	\$5.50	5.50
3	Pantalla táctil LCD	1	\$ 20	\$ 20
4	Módulo nRF24L01	1	\$ 4	\$ 4
5	Baquelita doble cara.	1	\$1.50	\$1.50
6	Ácido Férrico	1	\$0.75	\$0.75
7	Resistencias smd	3	\$0.10	\$0.30
8	Capacitor smd	1	\$0.20	\$0.20
9	Parlante	1	\$2.00	\$2.00
10	Transistor 2N2222	1	\$0.20	\$0.20
11	Jack de audio	1	\$0.35	\$0.35
12	Espadines	6	\$0.50	\$0.30
13	Led	1	\$0.10	\$0.10
14	Switch	1	\$0.15	\$0.15
15	Case y armado	1	\$3	\$3
TOTAL				\$ 42.85

Elaborado por: Investigador.

La Tabla 13 describe el costo de implementación del prototipo presente en la Unidad de Procesamiento.

Tabla 13: Costo de implementación prototipo Unidad de Procesamiento.

N°	Descripción	Unidades	Valor unitario	Total
1	Raspberry PI 3 V. B	1	\$ 55	\$ 55
2	Módulo nRF24L01	1	\$ 4	\$ 4
3	Baquelita doble cara 3x4	1	\$0.30	\$0.30
4	Ácido Férrico	1	\$0.40	\$0.40
5	Capacitor	1	\$0.12	\$0.12
6	Cable	1	\$1.50	\$1.50
TOTAL				\$ 61.32

Elaborado por: Investigador.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En respuesta al objetivo planteado de diseñar un Sistema de Información Integrado para el transporte público urbano mediante el uso de la electrónica y de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS), se concluye que El Sistema de Información Integrado permite a los usuarios mantenerse informados sobre paradas y recorridos que realiza el servicio, así como facilitar el control y monitorización de sus actividades.

Para el desarrollo del Sistema de Información Integrado se hizo uso de servicios web y aplicaciones para plataformas móviles (Android); la comunicación fue realizada valiéndose del módulo nrf24l01 el que posee una alta velocidad de transmisión de datos de hasta 2 Mbps y un alcance de 20 metros sin pérdidas de paquetes, pasado los 20 metros hasta los 25 metros existe comunicación de forma intermitente, con una efectividad aproximada del 50%, la mitad de los paquetes enviados fueron recibidos por la unidad móvil.

El sistema posee una conexión automática rápida y un bajo consumo energético; siendo el máximo consumo energético de la unidad móvil de 0.025 Amperios. El prototipo presente en la Unidad de procesamiento posee un consumo energético máximo de 29mA y fue desarrollado mediante el lenguaje de programación Python

para el control de la comunicación SPI, reproducción de audio y control de puertos GPIO; además que permite la carga del informativo para las paradas.

En cuanto al tiempo de respuesta del sistema intervienen factores que lo hacen variar, especialmente en el lado del cliente, como la calidad de señal y velocidad de conexión que posee a Internet. El establecimiento de comunicación entre la Unidad Móvil y la Unidad de Procesamiento se lo realiza en un tiempo aproximado a un segundo; mientras que el tiempo que tarda el informativo en actualizarse, una vez que la Unidad de Procesamiento ha recibido el dato de la Unidad Móvil varía entre 1 y 3 segundos según las pruebas realizadas.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda el uso de los datos obtenidos por el Sistema de Información Integrado para la realización de predicción de tiempo de arribo de la siguiente unidad móvil mediante métodos probabilísticos.

El sistema propuesto es escalable, por lo que se recomienda el uso de otros dispositivos electrónicos como GPS, sensores, entre otros, para recolección de datos y elaboración de trabajos de estudio más complejos como el nivel de polución del aire en la urbe, control de velocidad con la que transita la unidad, estudio de la fluencia en el uso del transporte, estudio de tráfico en ciudad, entre otros.

Uso de memoria de clase 4 (transmisión de datos de 4Mbps) en adelante en la placa controladora Raspberry, ya que de esto influye en la velocidad con la cual el controlador ejecuta las órdenes y programas.

Se recomienda que las paradas tengan una buena conexión a internet ya que esto permite que el informativo se ejecute en el menor tiempo posible.

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] I. S. Idrovo Landy, «Invisibilidad y No Videncia: La Experiencia Urbana de las personas ciegas en la ciudad de Cuenca,» Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Cuenca, 2014.
- [2] Diario La Hora, «Inauguradas las primeras ocho paradas inteligentes,» *Diario La Hora*, 25 Septiembre 2016.
- [3] Diario La Hora, «Paradas Inteligentes ya están en funcionamiento,» *Diario La Hora*, 28 Febrero 2016.
- [4] El Heraldó, «Serán 50 paradas inteligentes para este año,» *El Heraldó*, 8 Febrero 2016.
- [5] Instituto Nacional de Estadística y Censos, «Ecuador en Cifras,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-censal-cantonal/>. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [6] Diario El Comercio, «Las cinco quejas al servicio de transporte,» *Diario El Comercio*, 23 Septiembre 2014.
- [7] E. V. Ojeda Capa y D. M. Semanate Trávez, «Diseño e Implementación de un sistema de Monitoreo para la Compañía de Transportes Planeta Transplaneta S.A. utilizando tecnologías inalámbricas GPS y GPRS,» Quito, 2015.
- [8] J. J. Nieto Ugalde, «Implementación y programación de sistema GPS para geolocalización vía internet de un midibus de transporte público,» San Juan del Río, 2015.
- [9] Z. XIE, X. ZHOU, C. CHEN y CHEN Wei, «Design of Humanistic Electronic Bus Station Board in the Public Traffic System,» Wuhan, China, 2011.
- [10] M. Rouse, «TechTarget,» 21 Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://searchsoa.techtarget.com/definition/BPEL>. [Último acceso: 2016].

- [11] L. Liu y B. Dong, «Design of Mobile Electronic Bus Station Board Based on BPEL,» 2014 Sixth International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics, Beijing, 2014.
- [12] V. Rohit, S. Aviral, M. Bivas, S. Sujoy, G. Niloy, N. Subatra y C. Sandip, «UrbanEye: An Outdoor Localization System for Public Transport,» Durgapur, 2016.
- [13] P. Hamilton y S. Sankarananayanan, «Mobile Enabled Bus Tracking and Ticketing System,» de *Segunda Conferencia Internacional en Tecnologías de Información y Comunicación*, 2014.
- [14] M. Handte, S. Foell, S. Wagner, G. Kortuem y P. J. Marrón, «An Internet-of-Things Enabled Connected Navigation System for Urban Bus Riders,» IEEE, Madrid, 2016.
- [15] L. Prashanth, A. K. Tamiselvan y S. Chandrodaya, «Multimodal Transport Model: Enhancing Collaboration among Mobility sharing Schemes by Identifying an Optimal Transit Station,» de *2016 International Conference on Internet of Things and Applications*, Maharashtra, India, 2016.
- [16] Martyonova, Martynov, Musfatina y Asmolovskiy, «Ant colony algorithm for rational transit network design of urban passenger transport,» de *2014 International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems*, Tomsk, 2014.
- [17] E. Santos, «Design of an interactive system for city bus transport and visually impaired people using wireless communication, smartphone and embedded system,» IEEE, Pernambuco, 2015.
- [18] C. Aoun, «La piedra angular de la ciudad inteligente: La eficiencia urbana,» Schneider Electric, Montevideo, 2016.
- [19] IndraCompany, «IndraCompany,» [En línea]. Available: <http://www.indracompany.com/es/tecnologia-autobuses>. [Último acceso: Diciembre 2016].

- [20] Instituto Tecnológico de Sonora, «Instituto Tecnológico de Sonora Mexico,» [En línea]. Available: http://biblioteca.itson.mx/oa/dip_ago/introduccion_sistemas/p3.htm. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [21] F. Giner de la Fuente, Los sistemas de información en la sociedad del conocimiento, Madrid: ESIC, 2004.
- [22] A. Tanenbaum, Redes de Computadoras, México: Pearson Prentice Hall, 2003.
- [23] W. Tomasi, «El Espectro Electromagnético,» de *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México, Pearson Educación, 2003, p. 4.
- [24] E. López Pérez, «INGENIERÍA DE MICROCONTROLADORES, PROTOCOLO SPI,» Distrito Federal México.
- [25] A. N. Galiana Linares, «Sistemas Embebidos,» Madrid, 2005.
- [26] V. Castillo Robledo y J. Niebieslilwait Godoy, «Los sistemas embebidos y su importancia en la actualidad,» ITESM Campus Querétano, Santiago de Querétaro, 2015.
- [27] J. Talledo, Implantación de aplicaciones WEB en entornos internet, intranet y extranet, España: Paraninfo, 2015.
- [28] Á. Cobo Yera, Diseño y Programación de Bases de Datos, Madrid: Vision Libros.
- [29] E. Molina, «DKSign Marketing y Tecnología,» DKSign Marketing y Tecnología, Abril 2015. [En línea]. Available: <http://dksignmt.com/2015/04/08/que-es-un-servidor-lamp-y-como-instalar-uno/>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [30] C. Salas, «Expertos en Sistemas,» Expertos en Sistemas, Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.expertosensistemas.com/servidor-lamp/>. [Último acceso: Mayo 2017].

- [31] R. V. Castillo Cabay, «LINUX,» de *Sistema Operativo GNU con LINUX*, SASLibre, 2010, pp. 3-5.
- [32] Culturacion, «Culturacion,» [En línea]. Available: <http://culturacion.com/que-es-apache/>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [33] EcuRed, «EcuRed Conocimiento con todos y para todos,» EcuRed, [En línea]. Available: https://www.ecured.cu/Servidor_HTTP_Apache. [Último acceso: Mayo 2017].
- [34] SearchDataCenter, «Search Data Center en Español,» TechTarget, [En línea]. Available: <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/MySQL>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [35] F. Minera, «PHP,» de *Curso de Programación PHP*, Buenos Aires, Gradi, 2008, pp. 18-21.
- [36] Universidad Nacional Abierta y a Distancia, «Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD,» [En línea]. Available: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/233016/EXE_SAM/leccin_2_que_es_una_aplicacin_mvil.html. [Último acceso: Diciembre 2016].
- [37] AppInventor, «appinventor,» ShareAlike, [En línea]. Available: <http://www.appinventor.org/>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [38] GAD Municipalidad de Ambato, «GAD Municipalidad de Ambato,» 24 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.ambato.gob.ec/nuevas-rotulacion-de-linea-de-buses-en-ambato>. [Último acceso: 2017].
- [39] Microchip Technology, «Microchip,» Microchip Technology Inc., [En línea]. Available: <http://www.microchip.com/ParamChartSearch/chart.aspx?branchID=1014>. [Último acceso: Junio 2017].

- [40] ARDUINO, «Arduino,» [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction?setlang=en>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [41] Raspberry PI, «Raspberry PI,» Raspberry PI Foundation, [En línea]. Available: www.raspberrypi.org . [Último acceso: Mayo 2017].
- [42] Orange PI, «Orange PI,» Xunlong Software CO, [En línea]. Available: <http://www.orangepi.org/>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [43] ODROID, «ODROID,» Hardkernel co, [En línea]. Available: http://www.hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G145457216438. [Último acceso: Mayo 2017].
- [44] Element 14 Community, «Element 14 Community,» Premier Farnell Ltd., [En línea]. Available: <https://www.element14.com/community/docs/DOC-73950/1/raspberry-pi-3-model-b-gpio-40-pin-block-pinout>. [Último acceso: Mayo 2017].
- [45] Hitlego, «Hitlego,» Shenzhen HiLetgo, 2016. [En línea]. Available: <http://www.hiletgo.com/product/html/?31.html>. [Último acceso: 2017].
- [46] Nordic, «Nordic Semiconductor,» Nordic Semiconductor, [En línea]. Available: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-low-energy/nRF52-DK>. [Último acceso: 2017].
- [47] NORDIC SEMICONDUCTOR, «nRF24L01 Product Specifications,» 2007.
- [48] Nordic, «Nordic Semiconductor,» [En línea]. Available: <http://www.nordicsemi.com/eng/Products/Sub-1-GHz-RF/nRF9E5>. [Último acceso: 2017].
- [49] GitHub, «GitHub,» [En línea]. Available: <https://github.com/>. [Último acceso: Junio 2017].
- [50] GitHub, «GitHub,» 2014. [En línea]. Available: <https://github.com/TMRh20/TMRpcm/wiki>. [Último acceso: Junio 2017].

[51] SanDisk, «SanDisk microSD,» 2010.

[52] Google Developers, «Google Developers,» Google, [En línea]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>. [Último acceso: Junio 2017].

Anexos

ANEXO A: INFORMACIÓN PROVISTA POR LA UNIDAD DE TRANSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD DEL GAD AMBATO



REPÚBLICA DEL ECUADOR
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Ambato, 18 de abril de 2017
Oficio DTTM-17-0877
FW:

Ingeniera
Elsa Pilar Urrutia Urrutia
**DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN
SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**
Presente.-

De mi consideración:

Con un atento y cordial saludo, respecto del oficio N° UTA-FISEI-2017-0014-O de fecha 28 de marzo de 2017; mediante el cual solicita: "(...) se analice la factibilidad de proporcionar información a la señorita Noemí Abigail Aldás Rovayo, estudiante de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial a fin de elaborar su Proyecto de Investigación (...)", hay lo siguiente:

Adjunto al presente sirvase encontrar copia del oficio N° DTTM-UGTTSV-17-0893 de fecha 13 de abril de 2017, suscrito por el Capitán (SP) Carlos Santamaría Zambrano en su calidad de Jefe de Gestión de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial de ésta Dependencia; al cual así mismo adjunta copia del oficio N° DTTM-UGTTSV-17-0852 de fecha 12 de abril del mismo año, firmado por el Ing. Fabian Flores e Ing. Fredy Leon – Funcionarios Públicos de ésta Dirección; mediante los cuales dan formal atención a su requerimiento.

Particular que comunico, para los fines pertinentes.

Atentamente,

Tnte. (SP) Abg. Páco Urrutia Santillán
DIRECTOR DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD DEL GADMA.

Elaborado por: Sofía Núñez
Anexo: copia de Oficio DTTM-UGTTSV-17-0893
DTTM-UGTTSV-17-0852
18/04/2017

Dirección: Bolívar y 5 de Junio
Telfax: (03) 2425588 – Telf:(03)2 2423440
www.ambato.gob.ec





REPÚBLICA DEL ECUADOR
GAD MUNICIPALIDAD DE AMBATO

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD
UNIDAD DE GESTIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

Ambato, 13 de abril del 2017
Oficio DTTM-UGTTSV-17-0893

Fw

Teniente (SP)
Abg. Paco Urrutia Santillán
DIRECTOR DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD
Presente.-

De mi consideración:

En atención a sumilla de vuestra Autoridad inserta en oficio Nro. UTA-FISEI-2017-0014-O de fecha 28 de marzo del 2017, suscrito por la Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia Decana de la Facultad de Ingeniería Electrónica e Industrial, mediante el cual solicita de la manera más comedida se analice la factibilidad de proporcionar información a la señorita Noemí Abigail Aldas Rovayo estudiante de la mencionada Facultad, a fin de que pueda elaborar su Proyecto de Investigación titulado "Sistema de Información Integrado para el Monitoreo y Control de Estaciones de Transporte Público Urbano en la ciudad de Ambato", conforme al siguiente detalle:

- Servicios que poseen las Paradas Innovadoras, existentes dentro de la ciudad.
- Número y Localización de las Paradas Innovadoras, que posee la ciudad.
- Líneas y Rutas que realizan los autobuses urbanos.
- Frecuencia de cada Línea.

Al respecto me permito adjuntar Señor Director para su conocimiento copia de oficio DTTM-UGTTSV-17-0852 de fecha 12 de abril del 2017, suscrito por Funcionarios de esta Unidad en el mismo que detallan el número de Paradas Innovadoras, la Localización (mapa de ubicación) y los servicios que posee cada una.

En lo referente a lo solicitado sobre Líneas, Rutas y Frecuencias del Transporte Público Urbano, se adjunta al presente, copias simples de los Contratos de Operación de cada Operadora de Transporte Urbano, en los mismos que se puntualiza la información requerida.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,



Capitán (SP) Carlos Santamaría Zambrano
JEFE DE GESTIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

Elaborado por: María José Álvarez
Revisado y Aprobado por: Capitan (SP) Carlos Santamaría Zambrano

13-04-2017
Adjunto: Oficio DTTM-UGTTSV-17-0852, Mapa de Ubicación Paradas Innovadoras y Contratos de Operación
c.c. Archivo UGTTSV



Dirección: Bolívar y 5 de Junio
Telfax: (03) 2425588 – Telf:(03)2 2423440
www.ambato.gob.ec





DIRECCIÓN DE TRANSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Ambato, 12 de Abril del 2017
DTTM - UGTTSV-17-0852

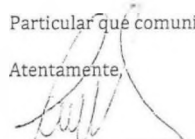
Capitán (SF)
Carlos Santamaría Zambrano
JEFE DE LA UNIDAD DE TRANSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL
Presente.-

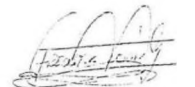
Me refiero al oficio N° UTA-FISEI-2017-0014-O, con Fw: S/N, recibido en esta Jefatura el 07 de Abril del 2017, suscrito por la Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia. DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, mediante el cual solicita lo siguiente: *información sobre los servicios que poseen las paradas innovadoras existentes dentro de la ciudad, número y localización de las Paradas innovadoras que posee la ciudad, Líneas y rutas que realizan los autobuses urbanos, frecuencia de cada línea...*, al respecto nos permitimos informar lo siguiente:

- Con respecto a los servicios que poseen, número y localización de las paradas innovadoras existentes dentro de la ciudad le puedo comunicar:
 - Las paradas cuentan con los siguientes beneficios como son: Internet vía wi-fi gratis de 4 megabytes por punto, 24 horas al día, 365 días al año mediante un portal cautivo, Home de la plataforma para LA MUNICIPALIDAD, Colocación y carga en la plataforma de un video informativo de la Municipalidad tipo spot de máximo 20 segundos que se pasaran cada 10 días, la información es aprobada por la Jefatura de Comunicación de LA MUNICIPALIDAD.
 - Adaptadores de corriente de 5 y 110 voltios para cargar dispositivos móviles.
 - Adjunto se servirá encontrar el mapa en el cual se indica la ubicación y el número de las paradas innovadoras dentro del convenio Letra sigma
- En lo concerniente a lo solicitado sobre las rutas que realizan los autobuses urbanos, frecuencia de cada línea adjuntamos copias simples de los contratos de operación de cada línea de transporte público de la ciudad en los que se determina toda la información solicitada de cada línea de transporte.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

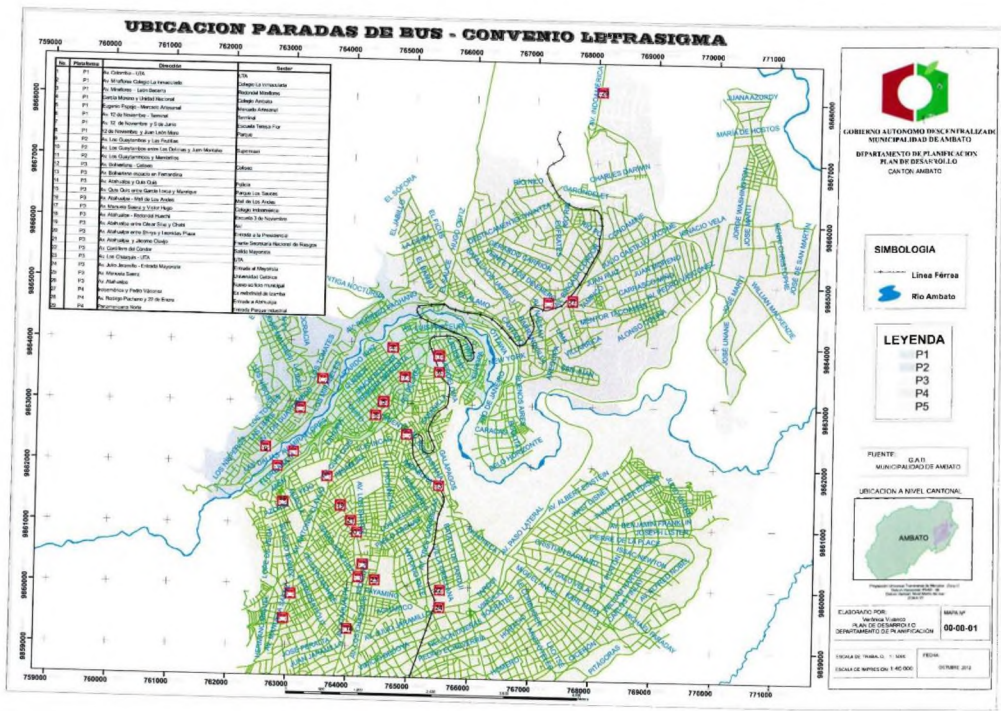

Ing. Fabián Flores
Funcionario Público
DTTM- UGTTSV


Ing. Freddy León
Funcionario Público
DTTM- UGTTSV

12 ABR 2017

Dirección: Bolívar y 5 de Junio
Telfax: (03) 2425568 – Telf:(03)2 2423440
www.ambato.gob.ec

AMBATO
MUNICIPALIDAD





DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

CONTRATO DE OPERACIÓN

RESOLUCION N° 003-CO-DTTM-2015

EL DIRECTOR DE TRANSITO TRANSPORTE Y MOVILIDAD

Conste por el presente instrumento el Contrato de Operación para la prestación de Servicio de Transporte público de Personas, de conformidad a lo establecido en los Arts. 75 literal a)... 76 inciso primero de la Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, Arts. 76, 77, 78, 82, 83 y siguientes del Reglamento para la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial vigentes; que se celebra al tenor de las siguientes cláusulas:

PRIMERA COMPARECIENTES: Comparecen a la celebración del presente contrato, por una parte el GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPALIDAD DE AMBATO, a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad representada por el Myr. (SP) Edward Gaibor Delgado, en su calidad de Director, conforme lo acredita con el nombramiento que se acompaña, y delegación del Señor Alcalde Cantonal; parte que en lo posterior se lo reconozca como el CONTRATANTE y por otra, la Cooperativa de Transporte Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA" representada por su Gerente el señor MANUEL GUILLERMO ESCOBAR VII.LACRES con cédula de ciudadanía No. 1802326072, conforme lo acredita con el Nombramiento que se acompaña, parte que en lo posterior se le reconocerá como "LA OPERADORA", libre y voluntariamente convienen en celebrar el siguiente Contrato de Operación para la Prestación de Servicio de Transporte Terrestre Público de Personas en buses urbanos.

SEGUNDA ANTECEDENTES-

- Que, la Constitución de la República del Ecuador, en su Artículo 264, numeral 6 otorga entre las competencias exclusivas de los gobiernos municipales el: "Planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro de su territorio cantonal".
- Que, el artículo 130 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, otorga el ejercicio de la competencia exclusiva a las municipalidades de planificar, regular y controlar el tránsito y transporte y la seguridad vial dentro de su jurisdicción territorial.
- Que la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en su Art. 13 reconoce como órgano de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, en su literal c) a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales.
- Que, de conformidad con la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial en su artículo 30.5 en el cual determina las competencias de los GADS y en su literal c) otorga la facultad de Planificar, regular y controlar las actividades y operaciones de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, los servicios de transporte público de pasajeros y carga, transporte comercial y toda forma de transporte colectivo y/o comercial masivo, en el ámbito urbano e intracantonal.
- Que, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, viene ejerciendo competencias en materia de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, en base al Convenio de Transferencia de Funciones, debidamente celebrado con el Gobierno Central el 13 de Febrero de 2007, ratificado mediante resolución No. 006 - CNC-2012, de 26 de abril de 2012.
- Que, de acuerdo con la Disposición General Primera del COOTAD, están vigentes los convenios de descentralización de competencias suscritos con anterioridad a la promulgación del COOTAD, entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, en el marco de la Constitución y el COOTAD.
- Que, de conformidad con la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial "Los Municipios que actualmente ejerzan competencias

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, en virtud de procesos de descentralización, continuarán ejerciéndolas, sujetándose a las disposiciones de la Constitución de la República del Ecuador, y del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización.

- Que, la Ordenanza General de Tránsito y Transporte Terrestre en el cantón Ambato, estipula en su artículo 60 literal d), que es atribución de la UMT: "Conferir informe favorable previo, para la constitución de Compañías y Cooperativas de Transporte Terrestre, domiciliadas en el cantón Ambato.", en concordancia con lo estipulado en el numeral 2.3 de la Clausula Segunda del Convenio de Transferencia de Funciones.
- Que el Artículo 30.5 de la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial reformada en su literal m) dispone que: "Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales tendrán las siguientes competencias: m) Regular y suscribir los contratos de operación de servicios de transporte terrestre, que operen dentro de sus circunscripciones territoriales.
- Que el artículo 76 del Reglamento a la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial determina las cláusulas mínimas que debe contener el contrato de operación.
- Que la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA" obtuvo su personería jurídica mediante Acuerdo Ministerial N° 2215 del 25 de Julio de 1961, e inscrito en el Registro General de Cooperativas.
- Que, cumplidos que fueron los requisitos legales de constitución jurídica, la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA", domiciliada en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, obtuvo su Permiso de Operación, el mismo que consta en Resolución N° 008-RPO-UMT-2010 con vigencia hasta el 28 de Diciembre de 2015.
- Que, a través de solicitud de fecha 06 de Noviembre de 2015, FW: 66171 los representantes legales de la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA", han solicitado al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, se emita el Contrato de Operación correspondiente.
- Que, La Agencia de Matriculación del GAD Municipalidad de Ambato con fecha 18 de Septiembre de 2015, mediante informe técnico de Constatación Vehicular y consolidado REF: 346207, CERTIFICA; que las 87 unidades están aptas para prestar el servicio del transporte Público Urbano cumpliendo con el cuadro de vida útil.
- Que mediante Informe Técnico adjunto en oficio No. DTTM-JTTSV-15-0905 de fecha 15 de Diciembre de 2015, la Jefatura de Tránsito, Transporte y Seguridad Vial determina los Índices Operacionales de la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA".
- Que mediante Informe Técnico de Verificación Documental N° 003-IT-CCO-DTTM-2015, suscrito por la Ing. Mónica Guzmán Naranjo Jefa de Gestión Administrativa y de Atención al Cliente (E), mismo que señala que: la Jefatura de Administrativa y de Atención al Cliente de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, recomienda se continúe con el proceso para la expedición de la resolución del Contrato de Operación, lo que se comunicará a la ANRTTTSV.
- Que Asesoría Legal de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, mediante Informe N° 003-DTTM-2015-IL de fecha 24 de Diciembre de 2015 luego del análisis se ha determinado que cumple con los requisitos y condiciones establecidos en las normas jurídicas aplicables.

TERCERA OBJETO.-

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato, a través de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, en uso de las atribuciones que le confiere la Constitución Política del Ecuador, el COOTAD, la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento, la Ordenanza General de Tránsito y Transporte Terrestre en el cantón Ambato, autoriza a la Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA", prestar el servicio de transporte público de pasajeros en la **modalidad Urbano** de acuerdo con los índices operacionales que forman parte integrante de este contrato.



DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

CUARTA PLAZO.-

El plazo de duración del presente contrato es de DIEZ AÑOS contados a partir de la suscripción del mismo, pudiendo ser prorrogado por un periodo igual, salvo que el GADMA manifieste su intención de no renovarlo con notificación previa de un año.

QUINTA.- DE LOS INDICES OPERACIONALES.-

De conformidad a informe operacional N° DTTM-JTTSV-15-0905 suscrito por el Ing. José Villa Jefe de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial determina los índices operacionales de la operadora TUNGURAHUA los siguientes:

NOMBRE DE LA OPERADORA	Cooperativa de Transporte Terrestre Público de Pasajeros en Buses Urbanos "UNION AMBATEÑA"
Representante Legal:	Sr. Manuel Guillermo Escobar Villacres
Modalidad de servicio:	Transporte de pasajeros en buses Urbanos
Tipo:	Buses
Domicilio:	Calle Cuenca 13-28 entre Mera y Montalvo
Provincia:	Tungurahua
Cantón:	Ambato
Parroquia:	La Matriz
Socios y vehículos a Habilitar	87

LINEAS, FRECUENCIAS, RUTAS, TARIFAS:

LINEAS, RUTAS Y FRECUENCIAS AUTORIZADAS A COOPERATIVA UNION AMBATEÑA		
Cooperativa	Línea que Sirve	No. Unidades
UNION AMBATEÑA	Picaihua – Cdla España y viceversa, con ramales a Jardín Ambateño y Miñarica.	16
UNION AMBATEÑA	Ficoa – Terremoto - Totoras y viceversa, con ramales a Empalme y Luz de América.	15
UNION AMBATEÑA	Pinillo – Nuevo Ambato y viceversa	16
UNION AMBATEÑA	San Juan – Pisque – Barrio Amazonas y viceversa	15
UNION AMBATEÑA	La Joya – Cdla Militar – Parque Industrial y viceversa	25

1. LINEA: PICAIHUA – CDLA. ESPAÑA – RAMAL 1. JARDÍN AMBATEÑO; 2. MIÑARICA y viceversa (Terminal de línea Mollepamba - Picaihua)
60 paradas ida y vuelta; distancia 28 Km; tiempo 59 minutos.

DETALLE: con la ruta Picaihua - Ciudadela España se dará servicio tanto a los sectores de la Ciudadela Jardín Ambateño como a Miñarica-San Antonio alternadamente. (ramales)

1. El primer turno en esta ruta es de 06:10 hasta las 8:00 a un intervalo de 5 minutos.

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

AV. LOS GUAYTAMBOS
AV. RODRIGO PACHANO

CALLE SIN NOMBRE
CALLE LOS MIRABELES
CALLE LA DELICIA
PARQUE RODO
CALLE LIZARDO RUÍZ
CALLE AILÓN
CALLE BOLLVAR
CALLE MALDONADO
AV. 12 DE NOVIEMBRE
CALLE JUAN B. VELA
CALLE ESPEJO
CALLE MILAGRO
AV. QUIS QUIS
AV. DE LOS SHYRIS
CALLE DUCHICELA
CALLE CHALCO MAYTA
CALLE CAMILO PONCE
AV. LEONIDAS PLAZA
AV. LOS CHASQUIS
AV. CERVANTES
CALLE MACHANGARA
AV. JULIO JARAMILLO

AV. LOS SHYRIS
AV. RUMIHUI
CALLE PACHA

AV. QUIS QUIS
AV. EL REY
CALLE CARIHUAIRAZO
CALLE CAYAMBE
AV. LOS ANDES
CALLE ESPEJO
CALLE LIZARDO RUÍZ
CALLE LA DELICIA
CALLE MIRABELES
AV. LOS GUAYTAMBOS
CALLE LA DELICIA
CALLE ALEJANDRO CHAVER
CALLE MAUGERI

4. LINEA: **SAN JUAN - EL PISQUE - BARRIO AMAZONAS**
67 paradas ida y vuelta: 35,4 Km; tiempo 1 HORA 45 minutos.

DETALLE:

1. El primer turno de 06:10 desde san juan, alternando las salidas desde los puntos de inicio desde Sigispamba y/o Simón Bolívar; los turnos que prestaran servicio en la mañana desde la Barrio Amazonas – centro - san juan desde las 6:15 a un intervalo de 10 minutos hasta las 7:05.
2. desde las 6:10 hasta las 8:30 a un intervalo de 10 minutos; desde 8:30 hasta 11:30 a un intervalo de 12 minutos; desde las 11:30 hasta 13:00 a un intervalo de 10 minutos; desde las 13:00 hasta 16:50 a un intervalo de 12 minutos; desde las 16:50 hasta 19:00 a un intervalo de 10 minutos.
3. Los días Sábados y Domingos se trabajara con la mitad de la flota a un intervalo de 15 minutos.

DIRECCIÓN DE TRANSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

UNIDADES	ORIGEN DE RUTAS	LÍNEA	SAN JUAN-	PISQUE-	AMAZONAS	5º TURNO
		1º TURNO	2º TURNO	3º TURNO	4º TURNO	
1	SAN JUAN	6:10	8:42	11:40	14:26	17:20
2	SAN JUAN	6:20	8:54	11:50	14:38	17:30
3	SAN JUAN	6:30	9:06	12:00	14:50	17:40
4	SAN JUAN	6:40	9:18	12:10	15:02	17:50
5	SAN JUAN	6:50	9:30	12:20	15:14	18:00
6	SAN JUAN	7:00	9:42	12:30	15:26	18:10
7	SAN JUAN	7:10	9:54	12:40	15:38	18:20
8	TERMINAL 6:15	7:20	10:06	12:50	15:50	18:30
9	TERMINAL 6:25	7:30	10:18	13:00	16:02	18:40
10	AMAZONAS 6:15	7:40	10:30	13:12	16:14	18:50
11	AMAZONAS 6:25	7:50	10:42	13:24	16:26	19:00
12	AMAZONAS 6:35	8:00	10:54	13:36	16:38	
13	AMAZONAS 6:45	8:10	11:06	13:48	16:50	
14	AMAZONAS 6:55	8:20	11:18	14:00	17:00	
15	AMAZONAS 7:05	8:30	11:30	14:12	17:10	

RUTA: SAN JUAN - EL PISQUE - BARRIO AMAZONAS

SALIDA	RETORNO
CASERIO SIGSIPAMBA	UNIDAD FORENSE
SIMON BOLIVAR	CAMAL-PARQUE INDUSTRIAL
PICAIHUA	PANAMERICANA NORTE
AV GALO VELA	EX REDONCEL DE ZAMBA
REDONCEL DE TERREMOTO	AV INDOAMERICA
AV BOLIVARIANA	AV LAS AMERICAS
AV EL REY	AV 12 DE NOVIEMBRE
CALLE CARIHUAIRAZO	CALLE JUAN B VELA
CALLE CAYAMBE	CALLE ESPEJO
AV LOS ANDES	AV LOS ANDES
CALLE VEGA Y CADENA	AV. EL REY-COTACACHI-ANTISANA
CALLE 13 DE ABRIL	CALLE CORAZON-CALLE CHILES
CALLE MERA	AV BOLIVARIANA
AV 12 DE NOVIEMBRE	MERCADO AMERICA (AREA DE TRANSFERENCIA)
AV LAS AMERICAS	GASOLINERA ORIENTE)
AV INDOAMERICA	REDONCEL DE TERREMOTO
EX REDONCEL DE ZAMBA	AV GALO VELA LA (ATARAZANA
PANAMERICANA NORTE	PICAIHUA
BARRIO AMAZONAS	CASERIO SAN JUAN
BARRIO DIVINO NIÑO	
UNIDAD FORENSE	

5. **LÍNEA LA JOYA – CDLA MILITAR - PARQUE INDUSTRIAL**
77 paradas ida y vuelta; 38,2 Km; tiempo 1 HORA 38 minutos.

DETALLE: Desde las 06:00 hasta las 07:00 cada 4 minutos de intervalo; desde las 07:00 hasta las 9:00 cada 5 minutos de intervalo; desde las 9:00 hasta las 11:30 cada 6 minutos de intervalo; desde 11:30 a 18:00 cada 5 minutos de intervalo; desde las 18:00 a 18:42 cada 7 minutos de intervalo; desde las 18:42 a 19:02 cada 10 minutos de intervalo, el último turno de santa cruz a las 19:02 vuelta completa,

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

llegando a santa cruz aproximadamente a las 21:00; turnos 6:20; 6:35; 6:50 a la ciudadela militar.

UNIDADES	LA JOYA	INICIO DE RUTAS	DESTINO	1RA VUELTA	2DA VUELTA	3RA VUELTA	4TA VUELTA	5TA VUELTA
1	6:04		PARQUE INDUSTRIAL	7:55	10:24	12:35	15:00	17:15
2	6:08		4 ESQUINAS	8:00	10:30	12:40	15:06	17:20
3	6:12		PARQUE INDUSTRIAL	8:06	10:36	12:45	15:12	17:25
4	6:16		4 ESQUINAS	8:12	10:42	12:50	15:18	17:30
5	6:20		PARQUE INDUSTRIAL	8:18	10:48	12:55	15:24	17:35
6	6:24		4 ESQUINAS	8:24	10:54	13:00	15:30	17:40
7	6:28		PARQUE INDUSTRIAL	8:30	11:00	13:06	15:36	17:45
8	6:32		4 ESQUINAS	8:36	11:06	13:12	15:42	17:50
9	6:36		PARQUE INDUSTRIAL	8:42	11:10	13:18	15:48	17:55
10	6:40		4 ESQUINAS	8:48	11:15	13:24	15:54	18:00
11	6:44		PARQUE INDUSTRIAL	8:54	11:20	13:30	16:00	18:08
12	6:48		4 ESQUINAS	9:00	11:25	13:36	16:06	18:16
13	6:52		PARQUE INDUSTRIAL	9:06	11:30	13:42	16:10	18:24
14	6:56		4 ESQUINAS	9:12	11:35	13:48	16:15	18:32
15	7:00	CENTRO-SANTA CRUZ	PARQUE INDUSTRIAL	9:18	11:40	13:54	16:20	18:40
16	7:05	CENTRO-SANTA CRUZ	4 ESQUINAS	9:24	11:45	14:00	16:25	
17	7:10	CENTRO-SANTA CRUZ	PARQUE INDUSTRIAL	9:30	11:50	14:06	16:30	
18	7:15	4 ESQUINAS 6:15	4 ESQUINAS	9:36	11:55	14:12	16:35	
19	7:20	PARQUE INDUSTRIAL 6:20	PARQUE INDUSTRIAL	9:42	12:00	14:18	16:40	
20	7:25	4 ESQUINAS 6:25	4 ESQUINAS	9:48	12:05	14:24	16:45	
21	7:30	PARQUE INDUSTRIAL 6:30	PARQUE INDUSTRIAL	9:54	12:10	14:30	16:50	
22	7:35	4 ESQUINAS 6:35	4 ESQUINAS	10:00	12:15	14:36	16:55	
23	7:40	PARQUE INDUSTRIAL 6:40	PARQUE INDUSTRIAL	10:06	12:20	14:42	17:00	
24	7:45	4 ESQUINAS 6:45	4 ESQUINAS	10:12	12:25	14:48	17:05	
25	7:50	PARQUE INDUSTRIAL 6:50	PARQUE INDUSTRIAL	10:18	12:30	14:54	17:10	

RUTA SANTA CRUZ - LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL

INICIO:

CALLE ALCIBIADES
CALLE PLATON
CALLE ERATOSTERES
CALLE ARQUIMIDES
BARRIO SANTA CRUZ
LA JOYA
AV. AMABLE ORTIZ
AV. JULIO JARAMILLO
AV. TRES CARABELAS
AV. EL CÓNDROR
AV. LOS ATIS
AV. LOS CHASQUIS
CALLE ORIENTE
CALLE AZUJAY
REDONDEL ESTADIO BELLAVISTA
AV. BOLIVARIANA
AV. EL REY
CALLE CARIHUAYRAZO

RETORNO

BARRIO EL ARBOLITO
PARQUE INDUSTRIAL
PANAMERICANA NORTE
VÍA A QUITO
AV. INDO AMERICA
AV. LAS AMÉRICAS
AV. 12 DE NOVIEMBRE
CALLE JUAN B. VELA
VIADUCTO CALLE MERA
CALLE URDANETA
CALLE CHIMBORAZO
AV. QUIS QUIS
CALLE ORIENTE
AV. LOS CHASQUIS
AV. LOS ATIS

DIRECCIÓN DE TRÁNSITO, TRANSPORTE Y MOVILIDAD

CALLE CAYAMBE
AV. LOS ANDES
CALLE ESPEJO
AV. 12 DE NOVIEMBRE
AV. LAS AMÉRICAS
AV. ANDO AMÉRICA
VÍA A QUITO
PARQUE INDUSTRIAL

AV. EL CÓNDROR
AV. TRES CARABELAS
AV. JULIO JARAMILLO
AV. AMABLE ORTIZ
BARRIO LA JOYA
SANTA CRUZ
CALLE ARQUIMIDES
CALLE ERATOSTERES
CALLE PLATON
CALLE ALCIBIADES

TARIFAS

En cuanto a tarifas, estas de conformidad a las leyes y normativas serán reguladas y establecidas por el Concejo Municipal, y deberán ser acatadas obligatoriamente por parte de la operadora de la transportación pública urbana con tarifa única desde el origen hasta el destino dentro de las líneas autorizadas.

SEXTA.- INFRACCIONES ADMINISTRATIVAS.-

La Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad, sancionará a la Operadora por infracciones de transporte de acuerdo con la gravedad de la falta, las mismas que podrán ser leves, graves y muy graves.

Constituyen **contravenciones de primera clase**, y la Operadora será sancionada con multa de (4) remuneraciones básicas unificadas del trabajador en general las siguientes: dólares, las siguientes:

1. El incumplimiento de las cláusulas y estipulaciones establecidas en este Contrato, en cuanto no constituya una infracción más grave.
2. No atender de manera fundamentada en un término de 5 días, los reclamos presentados por escrito o denuncia comprobable, por los usuarios a la Operadora sobre incumplimiento de disposiciones y/o la deficiente y lesiva prestación del servicio.
3. No acatar las disposiciones legales, reglamentarias o contractuales vigentes o las que norme la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad.
4. El incumplimiento o alteración de las rutas y frecuencias asignadas a una operadora de transporte público, exceptuando casos de fuerza mayor, tales como: emergencias, desastres naturales, conmoción ciudadana, daños en las vías, accidentes de tránsito;
5. La inclusión en los vehículos de transporte público y comercial, de publicidad no autorizada, o cuyas dimensiones superen lo reglamentado por la Municipalidad y las normas INEN;
6. El negarse a prestar el servicio a un usuario que lo requiera, comprobado mediante denuncia fundamentada;
7. El retirarse del servicio de transporte masivo o colectivo de pasajeros en buses, antes de que culmine la jornada diaria establecida; y,
8. No proveer información solicitada por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad que sea necesaria para que pueda ejercer sus competencias, determinadas en la Constitución y la Ley

Constituyen **contravenciones de segunda clase** y la Operadora será sancionada con multa de (6) remuneraciones básicas unificadas del trabajador en general, las siguientes:

1. Reincidir en cometer contravenciones de primera clase, en el período de un año;
2. Incumplir las disposiciones legales y contractuales, salvo casos de fuerza mayor o caso fortuito, debidamente comprobados por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;
3. El uso de contratos de Operación no aprobados ni registrados por la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad;



8-bit AVR Microcontrollers

ATmega328/P

DATASHEET SUMMARY

Introduction

The Atmel® picoPower® ATmega328/P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR® enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega328/P achieves throughputs close to 1MIPS per MHz. This empowers system designer to optimize the device for power consumption versus processing speed.

Feature

High Performance, Low Power Atmel®AVR® 8-Bit Microcontroller Family

- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions
 - Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program Memory
 - 1KBytes EEPROM
 - 2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data Retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® Library Support
 - Capacitive Touch Buttons, Sliders and Wheels
 - QTouch and QMatrix® Acquisition
 - Up to 64 sense channels

Atmel-42735B-328/P_Datasheet_Summary-11/2016

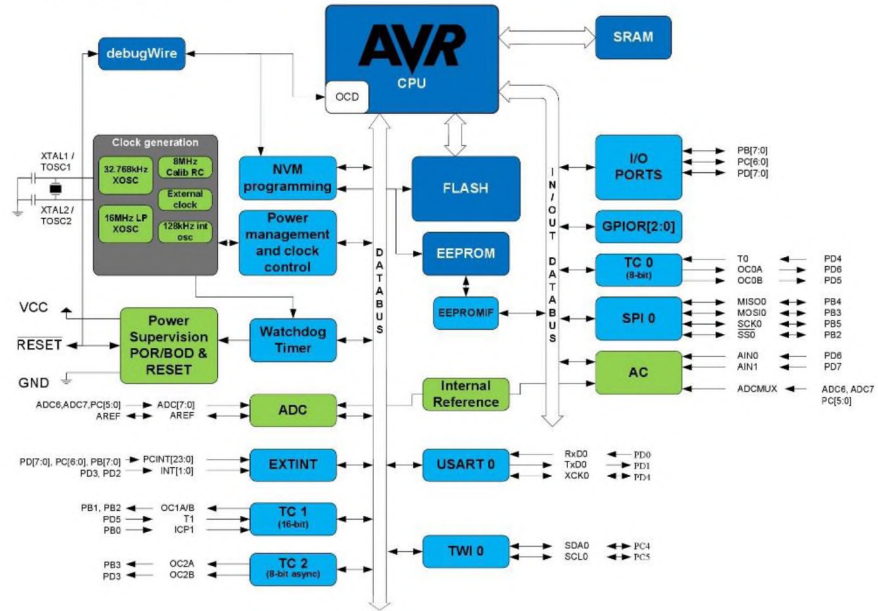
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Two Master/Slave SPI Serial Interface
 - One Programmable Serial USART
 - One Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - One On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 105°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz @ 1.8 - 5.5V
 - 0 - 10MHz @ 2.7 - 5.5V
 - 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

2. Configuration Summary

Features	ATmega328/P
Pin Count	28/32
Flash (Bytes)	32K
SRAM (Bytes)	2K
EEPROM (Bytes)	1K
Interrupt Vector Size (instruction word/vector)	1/1/2
General Purpose I/O Lines	23
SPI	2
TWI (I ² C)	1
USART	1
ADC	10-bit 15kSPS
ADC Channels	8
8-bit Timer/Counters	2
16-bit Timer/Counters	1

and support a real Read-While-Write Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In , there is no Read-While-Write support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash.

4. **Block Diagram**
Figure 4-1. Block Diagram



5. Pin Configurations

5.1. Pin-out

Figure 5-1. 28-pin PDIP

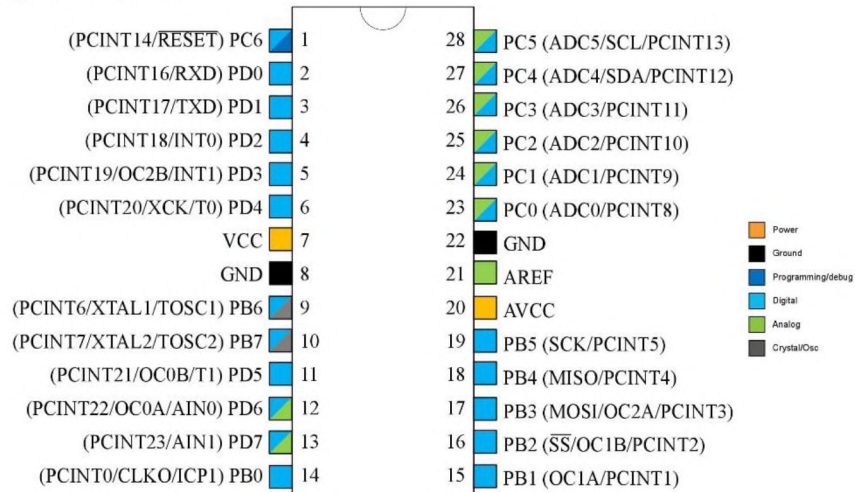
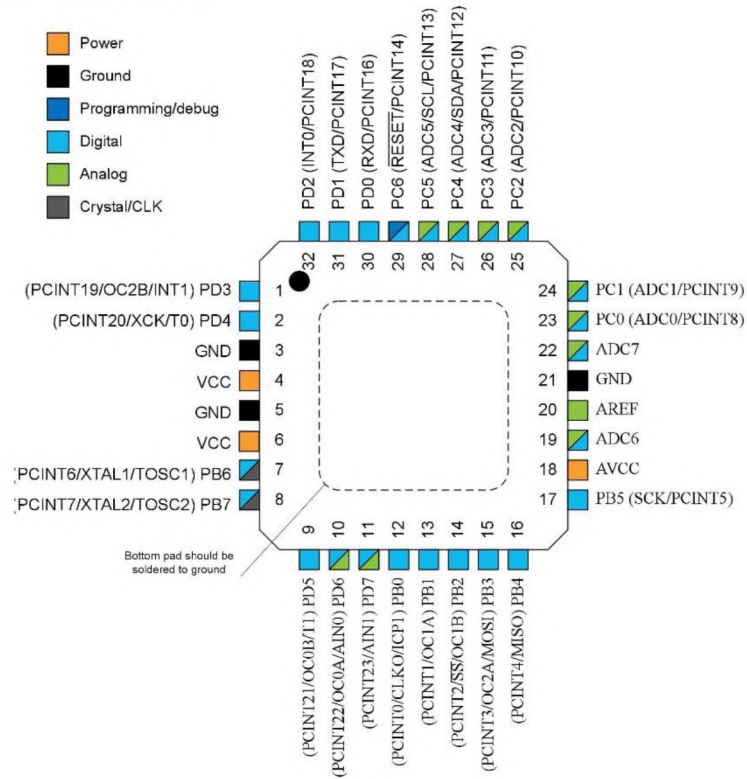


Figure 5-4. 32-pin MLF Top View



5.2. Pin Descriptions

5.2.1. VCC

Digital supply voltage.

5.2.2. GND

Ground.

5.2.3. Port B (PB[7:0]) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB[7:6] is used as TOSC[2:1] input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

5.2.4. Port C (PC[5:0])

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC[5:0] output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

5.2.5. PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in the *Alternate Functions of Port C* section.

5.2.6. Port D (PD[7:0])

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

5.2.7. AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC[3:0], and PE[3:2]. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC[6:4] use digital supply voltage, V_{CC}.

5.2.8. AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

5.2.9. ADC[7:6] (TQFP and VFQFN Package Only)

In the TQFP and VFQFN package, ADC[7:6] serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

6. I/O Multiplexing

Each pin is by default controlled by the PORT as a general purpose I/O and alternatively it can be assigned to one of the peripheral functions.

The following table describes the peripheral signals multiplexed to the PORT I/O pins.

Table 6-1. PORT Function Multiplexing

(32-pin MLF/TQFP) Pin#	(28-pin MLF) Pin#	(28-pin PIPD) Pin#	PAD	EXTINT	PCINT	ADC/AC	OSC	T/C #0	T/C #1	USART 0	I2C 0	SPI 0
1	1	5	PD[3]	INT1	PCINT19			OC2B				
2	2	6	PD[4]		PCINT20			T0		XCK0		
4	3	7	VCC									
3	4	8	GND									
6	-	-	VCC									
5	-	-	GND									
7	5	9	PB[6]		PCINT6		XTAL1/ TOSC1					
8	6	10	PB[7]		PCINT7		XTAL2/ TOSC2					
9	7	11	PD[5]		PCINT21			OC0B	T1			
10	8	12	PD[6]		PCINT22	AIN0		OC0A				
11	9	13	PD[7]		PCINT23	AIN1						
12	10	14	PB[0]		PCINT0		CLKO	ICP1				
13	11	15	PB[1]		PCINT1			OC1A				
14	12	16	PB[2]		PCINT2			OC1B				SS0
15	13	17	PB[3]		PCINT3			OC2A				MOSI0
16	14	18	PB[4]		PCINT4							MISO0
17	15	19	PB[5]		PCINT5							SCK0
18	16	20	AVCC									
19	-	-	ADC6			ADC6						
20	17	21	AREF									
21	18	22	GND									
22	-	-	ADC7			ADC7						
23	19	13	PC[0]		PCINT8	ADC0						
24	20	24	PC[1]		PCINT9	ADC1						
25	21	25	PC[2]		PCINT10	ADC2						
26	22	26	PC[3]		PCINT11	ADC3						
27	23	27	PC[4]		PCINT12	ADC4					SDA0	
28	24	28	PC[5]		PCINT13	ADC5					SCL0	
29	25	1	PC[6]/ RESET		PCINT14							

(32-pin MLF/TQFP) Pin#	(28-pin MLF) Pin#	(28-pin PIPD) Pin#	PAD	EXTINT	PCINT	ADC/AC	OSC	T/C #0	T/C #1	USART 0	I2C 0	SPI 0
30	26	2	PD[0]		PCINT16					RXD0		
31	27	3	PD[1]		PCINT17					TXD0		
32	28	4	PD[2]	INT0	PCINT18							

ANEXO C: HOJA TÉCNICA DE LA PLACA RASPBERRY PI 3

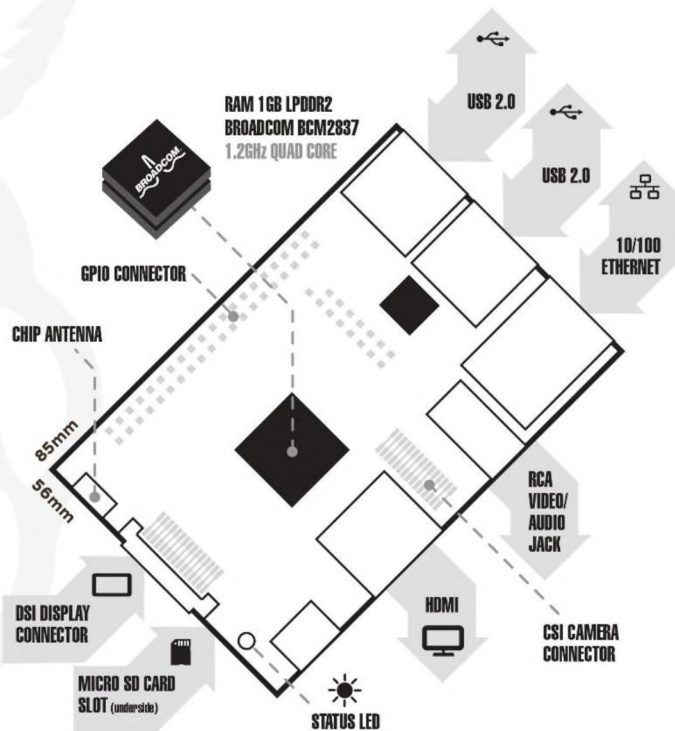


Raspberry Pi 3 Model B

Product Name Raspberry Pi 3

Product Description The Raspberry Pi 3 Model B is the third generation Raspberry Pi. This powerful credit-card sized single board computer can be used for many applications and supersedes the original Raspberry Pi Model B+ and Raspberry Pi 2 Model B. Whilst maintaining the popular board format the Raspberry Pi 3 Model B brings you a more powerful processor, 10x faster than the first generation Raspberry Pi. Additionally it adds wireless LAN & Bluetooth connectivity making it the ideal solution for powerful connected designs.

RS Part Number 896-8660



www.rs-components.com/raspberrypi



Raspberry Pi

Raspberry Pi 3 Model B

Specifications

Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Push/pull Micro SDIO

Key Benefits

- Low cost
- Consistent board format
- 10x faster processing
- Added connectivity

Key Applications

- Low cost PC/tablet/laptop
- IoT applications
- Media centre
- Robotics
- Industrial/Home automation
- Server/cloud server
- Print server
- Security monitoring
- Web camera
- Gaming
- Wireless access point
- Environmental sensing/monitoring (e.g. weather station)





nRF24L01

Single Chip 2.4GHz Transceiver

Product Specification

Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- Up to 2Mbps on air data rate
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 12.3mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 22µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Air compatible with nRF2401A, 02, E1 and E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-one desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracing systems
- Toys

All rights reserved.
Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written permission of the copyright holder.
July 2007

1.1 Features

Features of the nRF24L01 include:

- Radio
 - ▶ Worldwide 2.4GHz ISM band operation
 - ▶ 126 RF channels
 - ▶ Common RX and TX pins
 - ▶ GFSK modulation
 - ▶ 1 and 2Mbps air data rate
 - ▶ 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
 - ▶ 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
 - ▶ Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
 - ▶ 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
 - ▶ integrated channel filters
 - ▶ 12.3mA at 2Mbps
 - ▶ -82dBm sensitivity at 2Mbps
 - ▶ -85dBm sensitivity at 1Mbps
 - ▶ Programmable LNA gain
- RF Synthesizer
 - ▶ Fully integrated synthesizer
 - ▶ No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
 - ▶ Accepts low cost ± 60 ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
 - ▶ 1 to 32 bytes dynamic payload length
 - ▶ Automatic packet handling
 - ▶ Auto packet transaction handling
 - ▶ 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
 - ▶ Integrated voltage regulator
 - ▶ 1.9 to 3.6V supply range
 - ▶ Idle modes with fast start-up times for advanced power management
 - ▶ 22uA Standby-I mode, 900nA power down mode
 - ▶ Max 1.5ms start-up from power down mode
 - ▶ Max 130us start-up from standby-I mode
- Host Interface
 - ▶ 4-pin hardware SPI
 - ▶ Max 8Mbps
 - ▶ 3 separate 32 bytes TX and RX FIFOs
 - ▶ 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

1.2 Block diagram

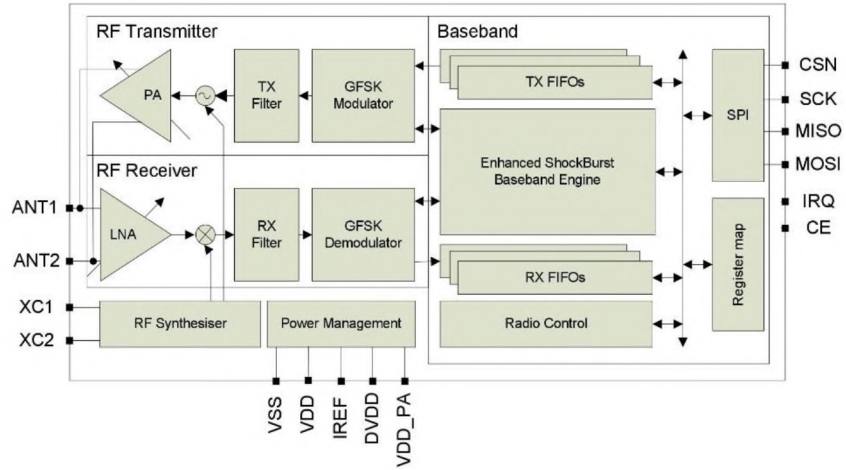


Figure 1. nRF24L01 block diagram

3 Absolute maximum ratings

Note: Exceeding one or more of the limiting values may cause permanent damage to nRF24L01.

Operating conditions	Minimum	Maximum	Units
Supply voltages			
V _{DD}	-0.3	3.6	V
V _{SS}		0	V
Input voltage			
V _I	-0.3	5.25	V
Output voltage			
V _O	V _{SS} to V _{DD}	V _{SS} to V _{DD}	
Total Power Dissipation			
P _D (T _A =85°C)		60	mW
Temperatures			
Operating Temperature	-40	+85	°C
Storage Temperature	-40	+125	°C

Table 2. Absolute maximum ratings

4 Operating conditions

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
VDD	Supply voltage		1.9	3.0	3.6	V
VDD	Supply voltage if input signals >3.6V		2.7	3.0	3.3	V
TEMP	Operating Temperature		-40	+27	+85	°C

Table 3. Operating conditions

5 Electrical specifications

Conditions: $V_{DD} = +3V$, $V_{SS} = 0V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$

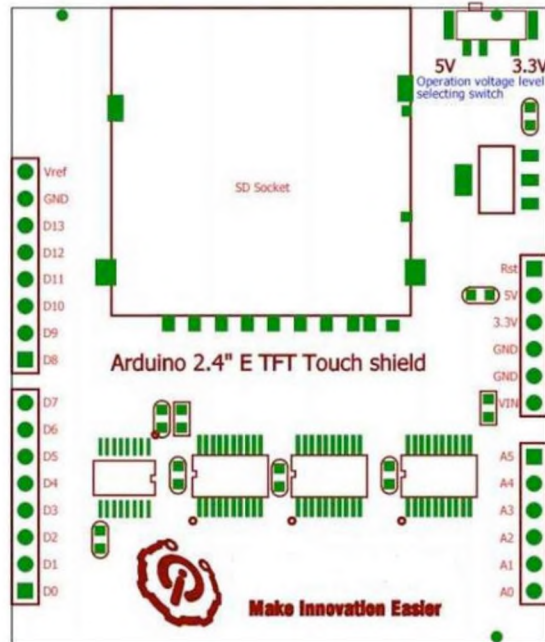
5.1 Power consumption

Symbol	Parameter (condition)	Notes	Min.	Typ.	Max.	Units
Idle modes						
I_{VDD_PD}	Supply current in power down			900		nA
I_{VDD_ST1}	Supply current in standby-I mode	a		22		μA
I_{VDD_ST2}	Supply current in standby-II mode			320		μA
I_{VDD_SU}	Average current during 1.5ms crystal oscillator startup			285		μA
Transmit						
I_{VDD_TX0}	Supply current @ 0dBm output power	b		11.3		mA
I_{VDD_TX6}	Supply current @ -6dBm output power	b		9.0		mA
I_{VDD_TX12}	Supply current @ -12dBm output power	b		7.5		mA
I_{VDD_TX18}	Supply current @ -18dBm output power	b		7.0		mA
I_{VDD_AVG}	Average Supply current @ -6dBm output power, Enhanced ShockBurst™	c		0.12		mA
I_{VDD_TXS}	Average current during TX settling	d		8.0		mA
Receive						
I_{VDD_2M}	Supply current 2Mbps			12.3		mA
I_{VDD_LC}	Supply current 2Mbps LNA low current			11.5		mA
I_{VDD_1M}	Supply current 1Mbps			11.8		mA
I_{VDD_LC}	Supply current 1Mbps LNA low current			11.1		mA
I_{VDD_RXS}	Average current during RX settling	e		8.4		mA

- a. Current is given for a 12pF crystal. Current when using external clock is dependent on signal swing.
b. Antenna load impedance = $15\Omega + j88\Omega$.
c. Antenna load impedance = $15\Omega + j88\Omega$. Average data rate 10kbps and full packets
d. Average current consumption for TX startup (130 μs) and when changing mode from RX to TX (130 μs).
e. Average current consumption for RX startup (130 μs) and when changing mode from TX to RX (130 μs)

Table 4. Power consumption

ANEXO E: HOJA TÉCNICA PANTALLA LCD-TFT TÁCTIL



Arduino PIN	Description
D0	DB8
D1	DB9
D2	DB10
D3	DB11
D4	DB12
D5	DB13
D6	DB14
D7	DB15
D8	Touch_Dout
D9	Touch_IRQ

[Future Electronics Egypt Ltd. \(Arduino Egypt\).](#)

D10	SD_CS
D11	SD_MOSI
D12	SD_MISO
D13	SD_SCK
A0	Touch_Din
A1	Touch_CLK
A2	-
A3	TFT_CS
A4	TFT_WR
A5	TFT_RS

The Arduino 2.4"E TFT Touch shield uses the S6D1121 controller , it support 8bit data interface. The touch IC is TSC2046.

Operation voltage level setting switch

When using the Arduino 2.4"E TFT Touch shield with 5V operation level development board – like the Arduino UNO, Arduino MEGA and so on, set the operation voltage level switch to 5V side.

When using the Arduino 2.4"E TFT Touch shield with 3.3V operation level development board – like the Iteaduino BT, leaf maple, chipKit UNO and so on, set the operation voltage level switch to 3.3V side.

Software

This shield is compatible with UTFT graphic library for Arduino
<http://henningkarlsen.com/electronics/download.php?f=UTouch.rar>

For touch function library
<http://henningkarlsen.com/electronics/download.php?f=UTouch.rar>

[Future Electronics Egypt Ltd. \(Arduino Egypt\)](#)

ANEXO F: INSTALACIÓN DEL SERVIDOR WEB

Para la instalación del servidor WEB previamente se requiere actualizar las librerías y repositorios, lo cual se lo realiza mediante los siguientes comandos:

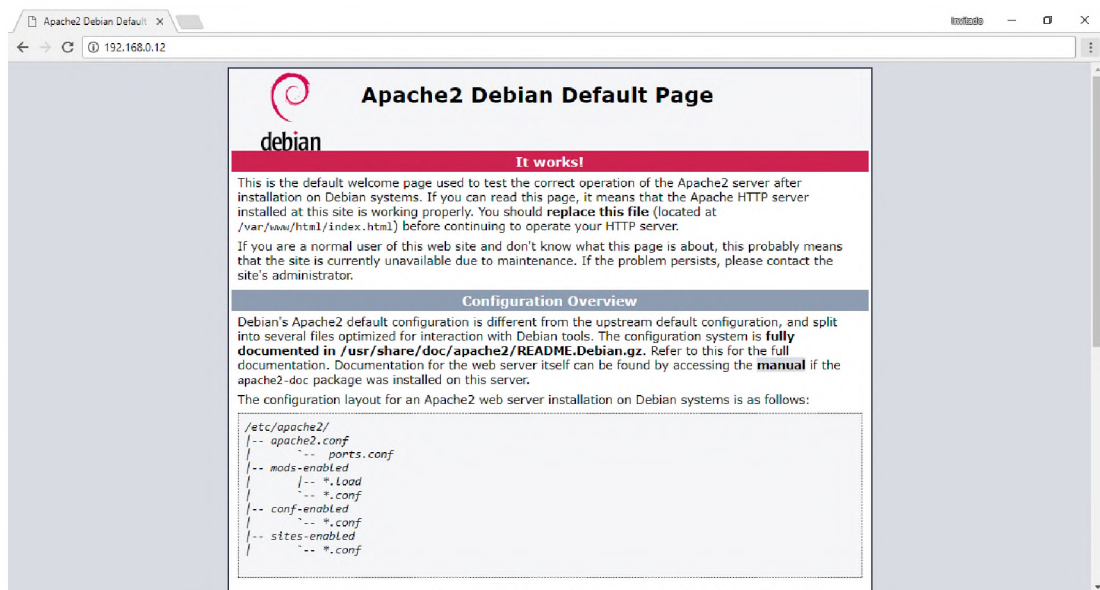
“sudo apt-get update”

“sudo apt-get upgrade”

La instalación de Apache se lo realiza mediante siguiente línea.

“sudo apt-get install apache2 -y”

Una vez finalizada la instalación, desde el navegador web al insertar la dirección IP del servidor se muestra lo siguiente.



El directorio donde se guardan los archivos o páginas que se muestran el servidor web de Raspbian es /var/www/html. Aquí index.html es la página por default que aparece. En la figura se observan los ficheros dentro de la dirección descrita anteriormente.

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html
pi@raspberrypi:/var/www/html $ ls -al
total 20
drwxr-xr-x 2 root root 4096 mar 21 19:33 .
drwxr-xr-x 3 root root 4096 mar 21 19:33 ..
-rw-r--r-- 1 root root 10701 mar 21 19:33 index.html
```

PHP es un lenguaje de código abierto utilizado especialmente para el desarrollo de aplicaciones WEB. Mediante la siguiente línea de comando se realiza su instalación.

“sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5 -y”

Al finalizar la instalación, se crea el fichero info.php en el directorio de la página web y se escribe el siguiente código php como se observa en la figura.

```
GNU nano 2.2.6 Fichero: /var/www/html/info.php Modificado
<?php
    phpinfo();
?>
```

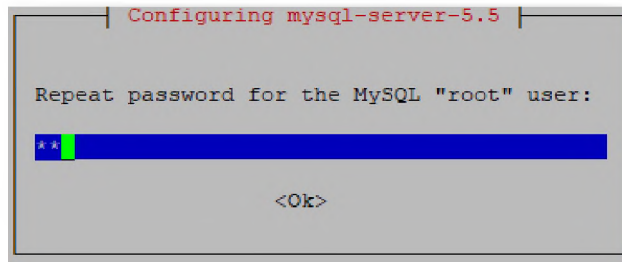
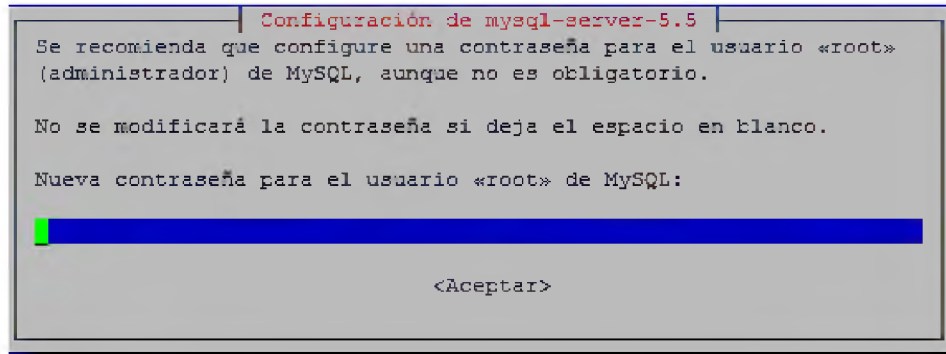
Al abrir el navegador en la dirección donde se creó el fichero se verifica la correcta instalación de PHP en el servidor.



Los datos enviados por la Unidad de Procesamiento al Servidor web serán almacenados dentro de una base de datos, para ello necesitamos MySQL, que es una base de datos de código abierto y de amplia difusión. La línea de código para su instalación es el escrito a continuación:

“sudo apt-get install mysql-server mysql-client php5-mysql”

Durante la instalación de MySQL se configura una nueva contraseña para el usuario root que será utilizado para el ingreso a la base de datos, las siguientes figuras indican el proceso.



Una vez terminada la instalación de MySQL se inicia el servicio y se comprueba el funcionamiento mediante las líneas de código descritas a continuación.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo service mysql start
pi@raspberrypi:~ $ mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MySQL monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MySQL connection id is 43
Server version: 5.5.57-0+deb8u1 (Raspbian)

Copyright (c) 2000, 2017, Oracle and/or its affiliates. All rights reserved.

Oracle is a registered trademark of Oracle Corporation and/or its
affiliates. Other names may be trademarks of their respective
owners.

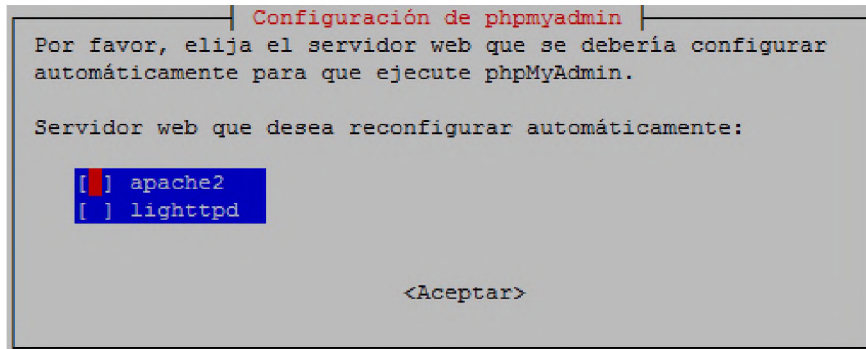
Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

mysql>
```

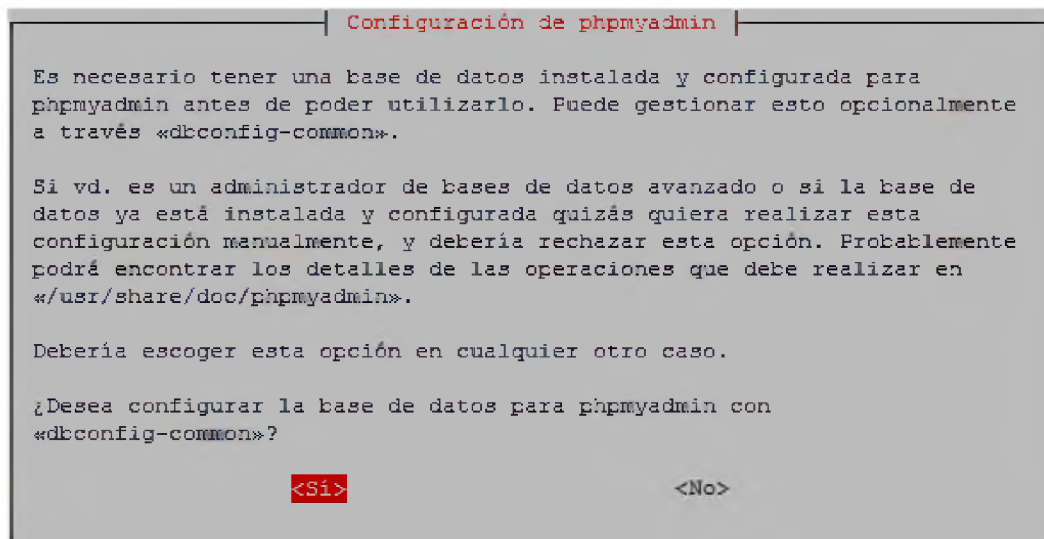
PhpMyAdmin es una herramienta de código abierto escrito en PHP, diseñado para la administración de base de datos de MySQL.

El comando de instalación es: “sudo apt-get install phpmyadmin”.

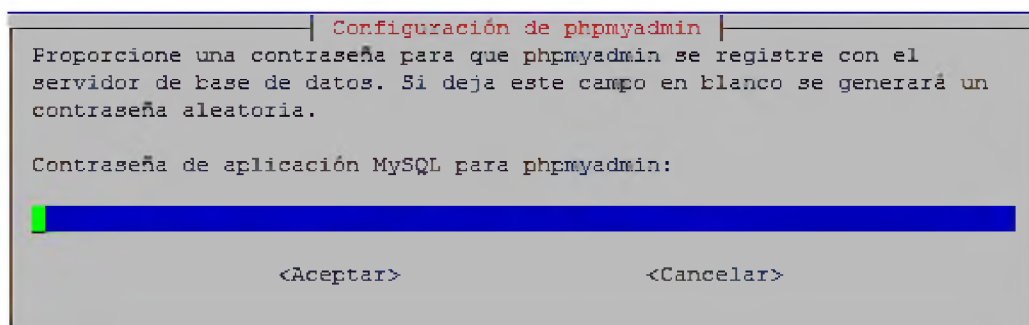
A continuación se selecciona el servidor web con el trabajará phpMyAdmin.

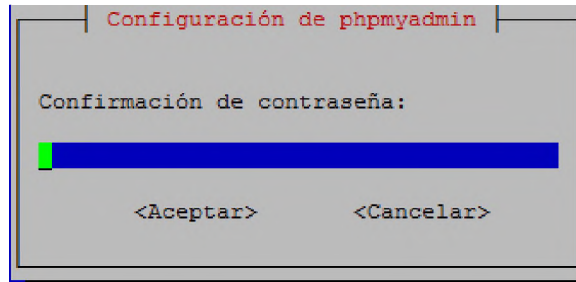


La siguiente figura muestra la configuración de la base de datos para el uso de phpMyAdmin.



Se genera una contraseña de aplicación MySQL para phpMyAdmin.





Se requiere configurar Apache para trabajar con phpMyAdmin, esto se lo hace modificando el fichero de configuración de Apache “apache2.conf”, ingresando al fichero con la línea “sudo nano /etc/apache2/apache2.conf”, se inserta la línea de código mostrada al final del fichero.

```

GNU nano 2.2.6      Fichero: /etc/apache2/apache2.conf      Modificado
#
LogFormat "%v:%p %h %l %u %t \"%r\" %>s %O \"%{Referer}i\" \"%{User-Agent}i\"" $
LogFormat "%h %l %u %t \"%r\" %>s %O \"%{Referer}i\" \"%{User-Agent}i\"" combin$
LogFormat "%h %l %u %t \"%r\" %>s %O" common
LogFormat "%{Referer}i -> %U" referer
LogFormat "%{User-agent}i" agent

# Include of directories ignores editors' and dpkg's backup files,
# see README.Debian for details.

# Include generic snippets of statements
IncludeOptional conf-enabled/*.conf

# Include the virtual host configurations:
IncludeOptional sites-enabled/*.conf

# vim: syntax=apache ts=4 sw=4 sts=4 sr noet
Include /etc/phpmyadmin/apache.conf

```

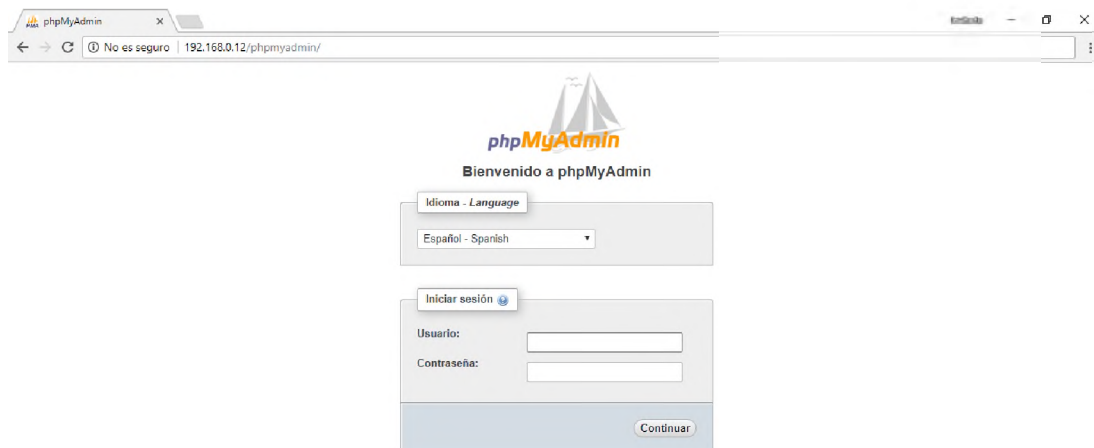
Los cambios son guardados y se reinicia el servicio de Apache.

```

pi@raspberrypi:~ $ sudo /etc/init.d/apache2 restart
[ ok ] Restarting apache2 (via systemctl): apache2.service.

```

Se ingresa a la página de phpMyAdmin para la verificación de funcionamiento.



FTP (File Transfer Protocol) o Protocolo de Transferencia de Archivos es un protocolo comúnmente usado para el intercambio de archivos sobre internet. FTP permite el compartir archivos desde computadores remotos hacia un servidor WEB usando una arquitectura cliente-servidor, donde en nuestro caso el servidor es nuestro servidor WEB implementado y el cliente es cualquier computadora que tenga los permisos y el acceso para el uso de este servicio. La línea de código para la instalación de este servicio es la siguiente:

“sudo apt-get install vsftpd”

Es necesario la modificación del fichero de configuración de FTP para permitir la escritura en el servidor, así como el reinicio del servicio para trabajar bajo los cambios efectuados.

Para ingresar al fichero de configuración de FTP: *“sudo nano /etc/vsftpd.conf”*

Se descomenta la línea *“write_enable=YES”*.

Y se reinicia el servicio: *“sudo service vsftpd restart”*

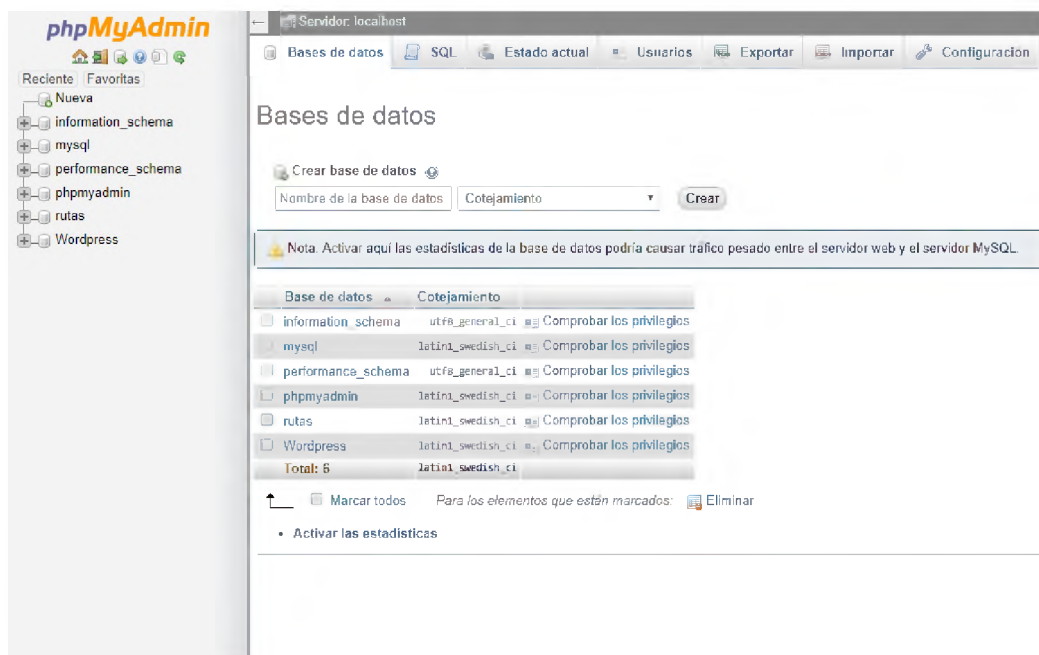
WordPress es una herramienta para para la creación y administración de sitios web escrita en php, es fácil de usar y con plantillas prediseñadas para su modificación. Para

su instalación en nuestro servidor web se inicia la descarga del fichero de WordPress con el comando “`sudo wget http://wordpress.org/latest.zip`”.

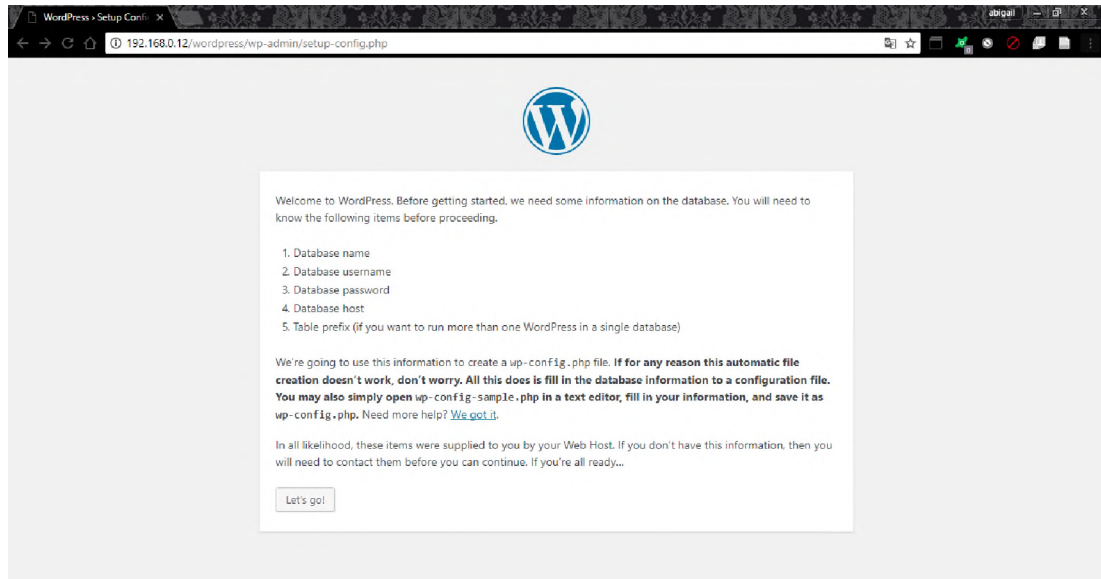
El fichero descargado es movido al directorio del sitio web y posteriormente descomprimido con las líneas de código descritas a continuación.

```
pi@raspberrypi:~ $ ls
Desktop  Downloads  Music      Public      Templates
Documents latest.zip  Pictures   python_games Videos
pi@raspberrypi:~ $ sudo mv latest.zip /var/www/html
pi@raspberrypi:~ $ cd /var/www/html
pi@raspberrypi:/var/www/html $ ls
index.html info.php latest.zip
pi@raspberrypi:/var/www/html $ sudo unzip latest.zip
```

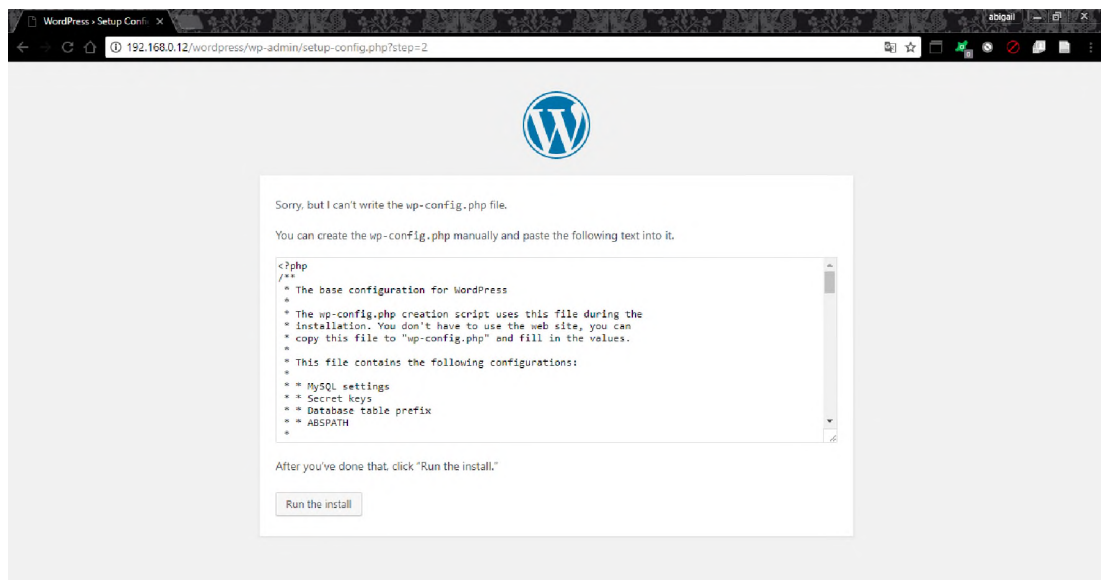
WordPress necesita una base de datos para el almacenamiento de su información. En la figura se observa la base de datos creada para el uso de WordPress.



Para la instalación de WordPress ingresamos a la dirección del servidor web donde se encuentra el fichero de instalación.

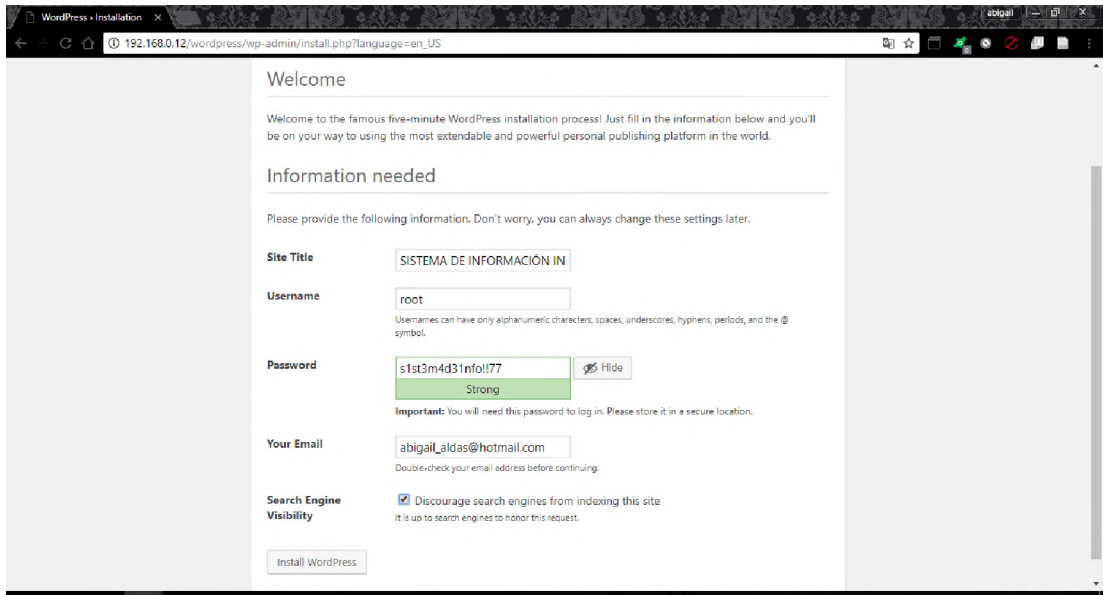


Se genera la configuración de WordPress

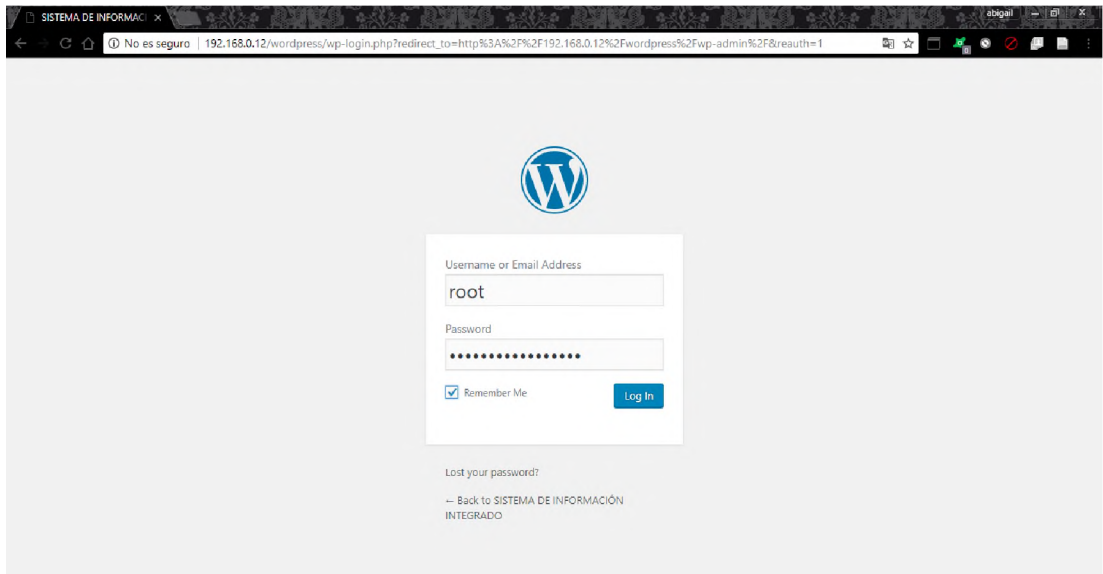


En la dirección “/var/www/html/wordpress” se crea el fichero “wp-config.php” mediante el comando “sudo nano wp-config.php”, y se inserta el código copiado.

Se configura el sitio y contraseña para WordPress.



Una vez finalizada la instalación se ingresa a WordPress usando el usuario y contraseña generados durante la configuración en la instalación.



ANEXO G: CÓDIGO MAPA PARADAS INNOVADORAS

```
<!DOCTYPE html>

<html>

  <head>

    <title>Mapa Paradas Inteligentes</title>

    <meta name="viewport" content="initial-scale=1.0">

    <meta charset="utf-8">

    <style>

      #map {

        height:100%;

        width:100%;

      }

      /* Opcional: Hace que aparezca en pantalla completa.*/

      html, body {

        height: 100%;

        margin: 0;

        padding: 0;

      }

    </style>

  </head>

  <body>

    <div id="map">

      <script>

        var map;

        var mi_ubicacion = {lat: -1.24348, lng: -78.62625}; //se
define la ubicación actual, esto puede ser cambiado por los valores
del GPS.
```



```

function initMap() {

    map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {

        center: mi_ubicacion,

        zoom: 14

    });

    var icons= {

        parada: {

            icon:

'http://integralbib.com/codigos/paradas/icono_parada_30x30.png',
//ubicación de la imagen a elegir de ícono

            size: new google.maps.Size(30,30) //se establece el tamaño
del ícono

        }

    };

    var features = [ // a continuación se ingresa la ubicación de las
paradas a graficar.

    {position: new google.maps.LatLng(-1.23375, -78.6173), type: 'parada',
label : 'P1'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.25147,  -78.64039),  type:
'parada', label : 'P2'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.25147,  -78.64039),  type:
'parada', label : 'P3'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.23342,  -78.62364),  type:
'parada', label : 'P4'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.24148,  -78.62491),  type:
'parada', label : 'P5'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.23683,  -78.61679),  type:
'parada', label : 'P6'},

    {position:  new  google.maps.LatLng(-1.23783,  -78.62198),  type:
'parada', label : 'P7'},

```

```
{position: new google.maps.LatLng(-1.24348, -78.62625), type:
'parada', label : 'P8'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.24847, -78.64254), type:
'parada', label : 'P9'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.23823, -78.63382), type:
'parada', label : 'P10'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.24281, -78.6374), type: 'parada',
label : 'P11'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.24646, -78.62103), type:
'parada', label : 'P12'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.24414, -78.62255), type:
'parada', label : 'P13'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.25291, -78.63295), type:
'parada', label : 'P14'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.25657, -78.63956), type:
'parada', label : 'P15'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26616, -78.62749), type:
'parada', label : 'P16'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26999, -78.63788), type:
'parada', label : 'P17'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.27586, -78.62972), type:
'parada', label : 'P18'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.25715, -78.63112), type:
'parada', label : 'P19'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26062, -78.62856), type:
'parada', label : 'P20'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.27307, -78.62962), type:
'parada', label : 'P21'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26914, -78.61481), type:
'parada', label : 'P22'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26928, -78.626), type: 'parada',
label : 'P23'},
```

```

{position: new google.maps.LatLng(-1.27163, -78.61519), type:
'parada', label : 'P24'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.27388, -78.6392), type: 'parada',
label : 'P25'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.26757, -78.62804), type:
'parada', label : 'P26'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.22631, -78.59799), type:
'parada', label : 'P27'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.2263, -78.60079), type: 'parada',
label : 'P28'},

{position: new google.maps.LatLng(-1.19733, -78.59385), type:
'parada', label : 'P29'}

];

// se establece el marcador con la imagen del ícono previamente
establecida.

features.forEach(function(feature){

    var marker = new google.maps.Marker({

        position: feature.position, icon: icons[feature.type].icon,

// se establece una animación en el ícono.

        label: feature.label,

        animation: google.maps.Animation.BOUNCE,

        map:map

    })

});

}

</script>

<script

// se utiliza la llave api obtenida de google maps.

src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyCM28iN9I2Ua62
DEDdAcNaUwdlu0QR1g2Q&callback=initMap"

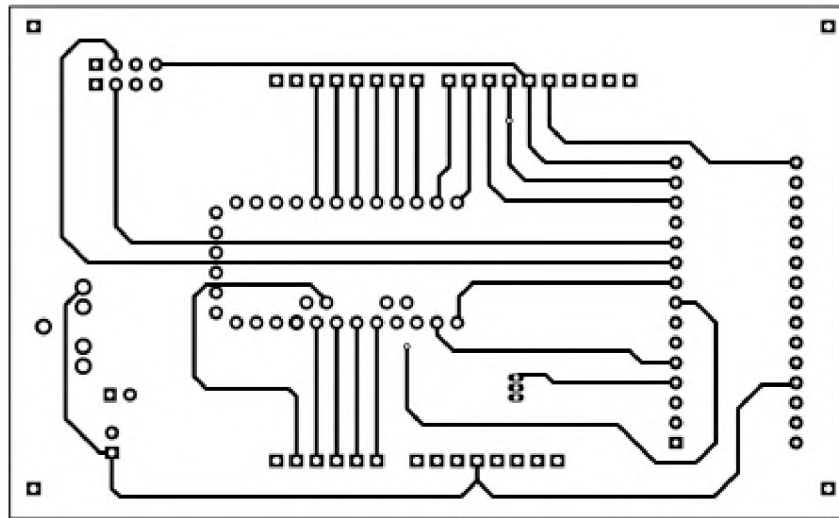
```

```
    async defer>  
  </script>  
</div>  
</body>  
</html>
```

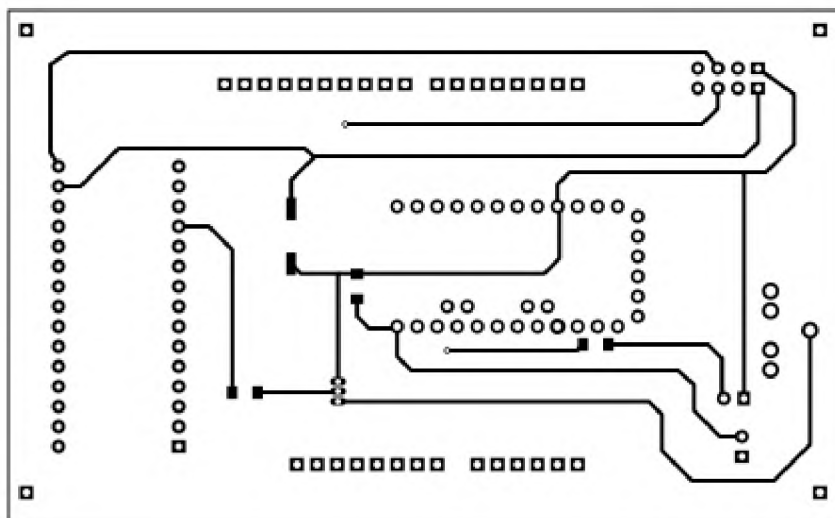
ANEXO H: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO PRESENTE EN LA UNIDAD MÓVIL Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

La placa realizada para el módulo presente en la unidad móvil fue de dos caras, la siguiente figura ilustra la cara “A” del circuito realizado.

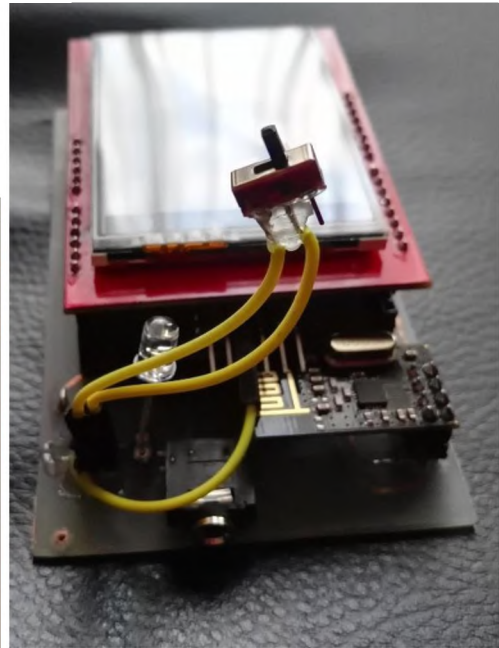
- Cara “A” del circuito realizado



- Cara “B” del circuito realizado.



- Montaje de placas controladoras de la unidad móvil.



- Case del prototipo presente en la unidad móvil.



- Circuito PCB funcional de la Unidad Móvil.



- Prototipo final y funcionamiento.

Al encenderse el dispositivo se muestra una pantalla de Inicio.



Al presionar cualquier parte de la pantalla aparece un teclado que permite el ingreso del código de la ruta a elegir.



El código “212” corresponde a “Ruta la Joya” y el código “133” corresponde a la ruta ficticia “Ruta 2”

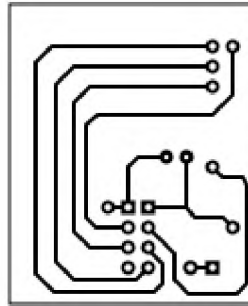


La tercera pantalla en aparecer corresponde a la ruta seleccionada e indicando la dirección en la que se dirige, esta dirección es seleccionada mediante un switch ubicado en la parte frontal del prototipo.

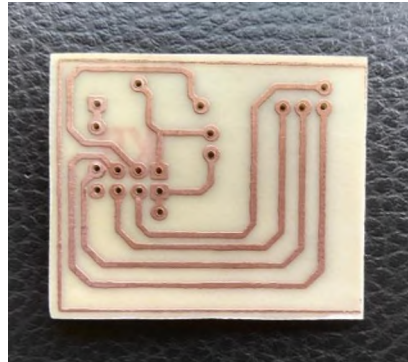


ANEXO I: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO PRESENTE EN LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

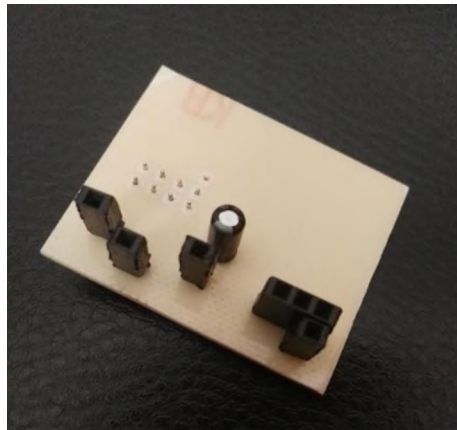
- Diagrama circuito PCB de placa adaptadora para la conexión del módulo de comunicación nRF24L01 a la placa Raspberry PI 3.



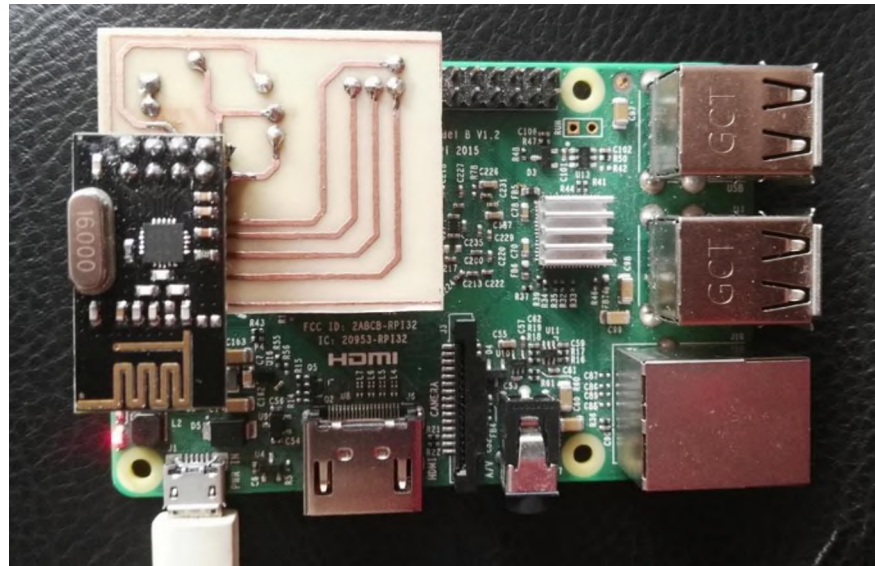
- Placa impresa del circuito.



- Placa parte frontal soldada con sus respectivos elementos.



Placa Raspberry PI 3 con la placa adaptadora para el módulo de comunicación.

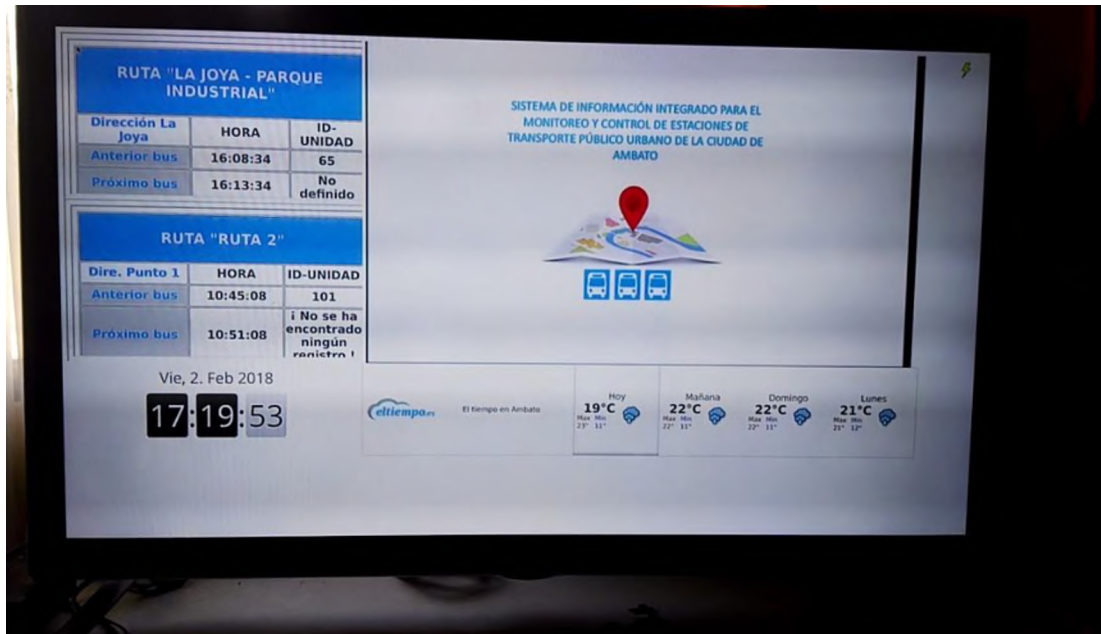


- Funcionamiento del Prototipo

La siguiente imagen muestra el programa de funcionamiento de comunicación mediante el módulo nRF24L01, éste es iniciado automáticamente al momento del encendido del prototipo.

```
pi@raspberrypi: ~  
/home/pi/NRF24L01/lib_nrf24.py:377: RuntimeWarning: This channel is already in use, continuing anyway. Use GPIO.setwarnings(False) to disable warnings.  
  self.GPIO.setup(self.ce_pin, self.GPIO.OUT)  
STATUS = 0x0e RX_DR=0 TX_DS=0 MAX_RT=0 RX_P_NO=7 TX_FULL=0  
RX_ADDR_P0-1 = 0x65646f4e32 0x65646f4e31  
RX_ADDR_P2-5 = 0xc3 0xc4 0xc5 0xc6  
TX_ADDR = 0x65646f4e32  
RX_PW_P0-6 = 0x20 0x20 0x00 0x00 0x00 0x00  
EN_AA = 0x3f  
EN_RXADDR = 0x03  
RF_CH = 0x4c  
RF_SETUP = 0x07  
CCNFIFG = 0x0f  
DYNPD/FEATURE = 0x3f 0x06  
Data Rate = 1MBPS  
Model = nRF24101+  
CRC Length = 16 bits  
PA Power = PA_HIGH  
Recibido: []  
Traduciendo el mensaje a unicode  
El mensaje es:  
Traceback (most recent call last):  
  File "NRF24L01/general29.py", line 46, in <module>
```

El prototipo presente en la unidad de procesamiento fue configurado para funcionar en modo Kiosko, es decir, que al momento de encenderlo automáticamente iniciará en pantalla completa el informativo destinado a la parada a la que pertenece.



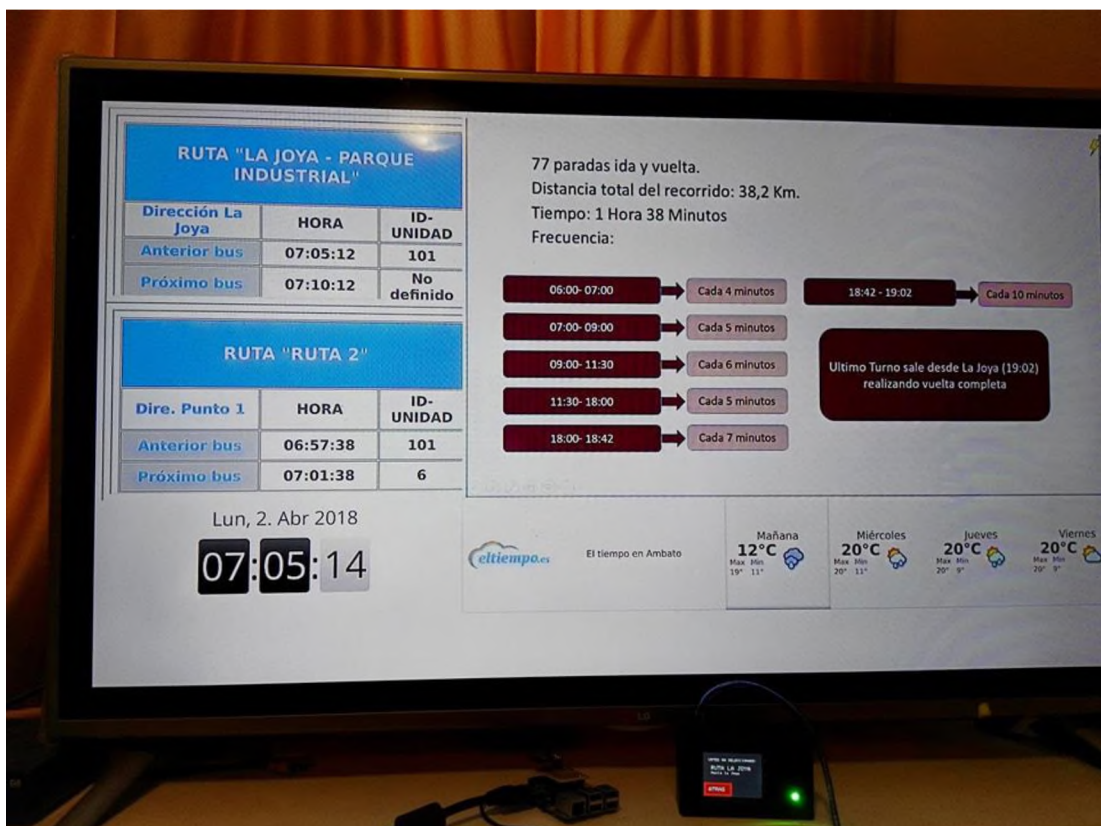
Al observar la imagen se puede evidenciar que la información no ha sido actualizada y el prototipo de la unidad Móvil se encuentra en su pantalla de inicio.



El prototipo de la Unidad Móvil ha sido configurado para trabajar con la ruta la Joya y se encuentra listo para el envío de información.



Al encenderse el led se indica la conformación que la comunicación ha tenido éxito y ha finalizado, el dato en el tablero que indica la dirección hacia la joya ha sido actualizado y ahora la el prototipo presente en la Unidad de Procesamiento se encuentra a la espera de un nuevo enlace.



ANEXO J: ALGORITMO UNIDAD DE PROCESAMIENTO (UP)

```
##IMPORTACIÓN DE LIBRERIAS
import MySQLdb #uso de comandos SQL (BD)
import RPi.GPIO as GPIO #control de puertos GPIO
from lib_nrf24 import NRF24 #Uso de nRF24L01
import time
import spidev #Comunicación SPI
import os #Reproducción de audio

GPIO.setmode(GPIO.BCM)
##DIRECCIÓN EN EXADECIMAL PARA EL LDISPOSITIVO
pipes = [[0x65, 0x64, 0x6f, 0x4e, 0x32], [0x65, 0x64, 0x6f, 0x4e,
0x31]]

radio = NRF24(GPIO, spidev.SpiDev())
radio.begin(0,17) #Selecciona pin 17 para CE (Chip Enable, selección
de modo Tx o RX)
radio.setChannel(0x4c) #Selección del canal para la comunicación
radio.setDataRate(NRF24.BR_2MBPS)#Establece la tasa de transmisión a
2Mbps
radio.setPALevel(NRF24.PA_MAX) #Trabaja a potencia máxima
radio.setAutoAck(True)#Habilita los paquetes de autoconfirmación
radio.enableDynamicPayloads()#Payload dinámico, máximo 32bytes
radio.openReadingPipe(1, pipes[1]) #Lee desde la dirección pipe[1]
radio.openWritingPipe(pipes[0]) # Escribe en la dirección Pipe[0]

radio.startListening() #empieza a escuchar, en busca de dispositivos
para la comunicación.
radio.printDetails() #Se imprimen los detalles de la comunicación en
la consola
radio.powerUp() #Abandona el modo de bajo consumo aumentando el
radio de comunicación

while True:
    pipe = [0] #define la dirección de búsqueda

    while not radio.available(pipe):
        time.sleep(0.250)

    recibido = []
    radio.read(recibido,radio.getDynamicPayloadSize())
    print ("Recibido: {}".format(recibido))

    RUTA= recibido[0] #Se le asigna a una variable cada valor de
la cadena recibida
    DIREC= recibido[2]
    COOP= recibido[4]
    N_ID= recibido[6]

    enviado = "P29" #mensaje de confirmación con el código de la
parada
    radio.stopListening() # Deja de escuchar (modo recepción)
    print ("Enviado: {}".format(enviado))
    radio.write(enviado) #Envía el mensaje a la UM

    if(RUTA==1 or RUTA==2): #Compara el valor de la Ruta con las rutas
que corresponden a la estación.
```

```

db=MySQLdb.connect(host="dirección_ip_del_host",user="usuario",passwd="constraseña",db="nombre_de_la_BD")
    #creando un cursor
    cur=db.cursor()
    cur.execute("INSERT INTO P29 (RUTA,DIREC,COOP,N_ID)
VALUES('%s','%s','%s','%s')"% (RUTA,DIREC,COOP,N_ID))
    db.commit()
    cur.close()
    db.close()
    print("ENVIADO")
    ##Compara los valores recibidos para la reproducción del audio
    en la Parada.
    if(RUTA==1 and DIREC==1):
        os.system('mpg123 -q /home/pi/Music/audio1.mp3')
    if(RUTA==1 and DIREC==0):
        os.system('mpg123 -q /home/pi/Music/audio2.mp3')
    if(RUTA==2 and DIREC==1):
        os.system('mpg123 -q /home/pi/Music/audio3.mp3')
    if(RUTA==2 and DIREC==0):
        os.system('mpg123 -q /home/pi/Music/audio4.mp3')

```

ANEXO K: ALGORITMO UNIDAD MÓVIL (UM)

Algoritmo del ingreso de datos por pantalla táctil

```
#define PORTRAIT 0
#define LANDSCAPE 1
#define TOUCH_ORIENTATION LANDSCAPE
#define TITLE "Sistema de Información"
//Librerías para el uso de pantalla táctil
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <MCUFRIEND_kbv.h>

MCUFRIEND_kbv tft;
//Controlador de la pantalla
#if defined(ESP32)
int XP = 27, YP = 4, XM = 15, YM = 14; //configuración más común
#else
int XP = 6, YP = A1, XM = A2, YM = 7; // configuración más común
//int XP = 7, YP = A2, XM = A1, YM = 6; // configuración más común
#endif
#include "TouchScreen_kbv.h" //Librería para controlar touch
TouchScreen_kbv ts(XP, YP, XM, YM, 300); //re-inicialización después
del diagnóstico
TSPoint_kbv tp; //global point

//////////Definición de colores //////////

#define BLACK 0x0000
#define BLUE RGB(21,106,234)
#define RED RGB(213,10,10)
#define GREEN 0x07E0
#define CYAN 0x07FF
#define MAGENTA 0xF81F
#define YELLOW 0xFFE0
#define WHITE 0xFFFF
#define AZUL_OSC RGB(4,33,108)
#define GRAY RGB(79,79,79)
#define DARKGREY RGB(64, 64, 64)
#define TURQUOISE RGB(0, 128, 128)
#define PINK RGB(255, 128, 192)
#define OLIVE RGB(128, 128, 0)
#define PURPLE RGB(128, 0, 128)
#define AZURE RGB(0, 128, 255)
#define ORANGE RGB(255,128,64)
#define MORADO RGB(126,33,101)

//Definición de función RGB
#define RGB(r, g, b) (((r&0xF8)<<8)|((g&0xFC)<<3)|(b)>>3))

#include <stdio.h>
uint16_t TS_LEFT = 920;
uint16_t TS_RT = 150;
uint16_t TS_TOP = 940;
uint16_t TS_BOT = 120;
char teclas_ingresadas[4]; // toma datos del valor ingresado
char ruta[3]; // al presionar enter se ingresan los datos aquí
char x='0'; //toma el valor de tecla
```



```

int t=0;
int accion=0;

void leer_touch_resistivo(void)
{
    tp = ts.getPoint();
    pinMode(YP, OUTPUT);
    pinMode(XM, OUTPUT);
    digitalWrite(YP, HIGH); //pines del touch
    digitalWrite(XM, HIGH);
}

bool ISPRESSED(void) //método que detecta si la pantalla fue
presionada
{
    int count = 0;
    bool estado, estado_anterior;
    while (count < 10) {
        leer_touch_resistivo();
        = tp.z > 200; //valor de la presión(sensibilidad)
        if (estado == estado_anterior) count++;
        else count = 0;
        estado_anterior = estado;
        delay(5);
    }
    return estado_anterior;
}

int dispX, dispY, text_y_center, swapxy;

//método para realizar un diagnóstico de pines
boolean diagnose_pins()
{
    int i, j, value, Apins[2], Dpins[2], Values[2], found = 0;

    for (i = A0; i < A5; i++) pinMode(i, INPUT_PULLUP);
    for (i = 2; i < 10; i++) pinMode(i, INPUT_PULLUP);
    for (i = A0; i < A4; i++) {
        pinMode(i, INPUT_PULLUP);
        for (j = 5; j < 10; j++) {
            pinMode(j, OUTPUT);
            digitalWrite(j, LOW);
            value = analogRead(i); // ignora primera lectura
            value = analogRead(i);
            if (value < 100 && value > 0) {
                showpins(i, j, value, "Testing :");
                if (found < 2) {
                    Apins[found] = i;
                    Dpins[found] = j;
                    Values[found] = value;
                }
                found++;
            }
            pinMode(j, INPUT_PULLUP);
        }
        pinMode(i, INPUT_PULLUP);
    }
    if (found == 2) {
        Serial.println(F("Diagnosing as:-"));
    }
}

```

```

        int idx = Values[0] < Values[1];
        for (i = 0; i < 2; i++) {
            showpins(Apins[i], Dpins[i], Values[i],
                    (Values[i] < Values[!i]) ? "XM,XP: " : "YP,YM:
");
        }
        XM = Apins[!idx]; XP = Dpins[!idx]; YP = Apins[idx]; YM =
Dpins[idx];
        ts = TouchScreen_kbv(XP, YP, XM, YM, 300); //re-initialise
with pins
        return true; //success
    }
    Serial.println(F("TOUCHSCREEN DAÑADA"));
    return false;
}

void setup()
{
    pinMode(10, INPUT);
    pinMode(11, OUTPUT);

    Serial.begin(9600);
    bool ret = true;
#ifdef __arm__ || defined(ESP32)
    Serial.println(F("Diagnostico de pines del touch no fue
posible"));
#else
    ret = diagnose_pins();
#endif
    uint16_t ID = tft.readID();
    Serial.print("ID = 0x");
    Serial.println(ID, HEX);
    tft.begin(ID);
    tft.setRotation(TOUCH_ORIENTATION);
    dispX = tft.width();
    dispY = tft.height();
    if (ret == false) {
        tft.print("No funciona");
        while (true); //just tread water
    }
}

void loop()
{
    startup();
    while (true) {} // tread water
}

/// Pantalla de Inicio

void startup()
{
    analogWrite(11, 0);
    /// Configuración de la pantalla de inicio, letras, colores, etc.
    tft.fillScreen(WHITE);
    tft.setTextSize(3);
    tft.setCursor(70,50);
    tft.setTextColor(BLUE,WHITE);

```

```

tft.println(F("BIENVENIDO"));
tft.setTextSize(2);
tft.fillRect(0, 96, dispX, 4, GRAY);
tft.fillRect(0, 100, dispX, 1, WHITE);
tft.fillRect(0, 101, dispX, 60, MORADO);
tft.fillRect(0, 161, dispX, 1, WHITE);
tft.fillRect(0, 162, dispX, 4, GRAY);

tft.setTextColor(WHITE, MORADO);
tft.setCursor(100, 113);

tft.println(F("SISTEMA DE "));
tft.setCursor(35, 137);

tft.println(F("INFORMACION INTEGRADO"));

    tft.setCursor(75, 200);
tft.setTextSize(1.3);
tft.setTextColor(WHITE, MORADO);
tft.println(F("*** PRESIONE PARA CONTINUAR ***"));

while (ISPRESSED() == false) {}
while (ISPRESSED() == true) {}
//    waitForTouch();
teclado();
}

/// Pantalla del Teclado
void teclado()
{
    tft.fillScreen(GRAY);
    tft.setTextSize(3);
    tft.setCursor(20, 32);
    tft.setTextColor(MORADO, WHITE);
    //RECUADRO VALORES
    tft.fillRect(4, 4, 310, 80, RGB(145, 145, 145));

    tft.fillRect(8, 8, 300, 72, WHITE);

    /// FIN RECUADRO //

    tft.println(F("INGRESE LA RUTA"));
    tft.setTextSize(2);

    tft.fillRect(0, 82, dispX, 4, GRAY);
    tft.fillRect(0, 86, dispX, 1, WHITE);
    tft.fillRect(0, 87, dispX, 144, GRAY);
    tft.fillRect(0, 237, dispX, 1, WHITE);
    //tft.fillRect(0, 232, dispX, 4, GRAY);

    //////////// TECLAS ////////////
    // TECLA 1

    tft.fillRect(4, 90, 100, 70, RGB(50, 129, 200));
    tft.fillRect(5, 91, 98, 68, RGB(70, 148, 220));
    tft.fillRect(10, 96, 88, 58, RGB(51, 119, 180));
    tft.setCursor(46, 110);
    tft.setTextSize(4);
    tft.setTextColor(WHITE, RGB(51, 119, 180));
    tft.print("1");

```

```

// TECLA 2
//tft.fillRect(109, 90, 100, 70,RGB(50,129,200));
tft.fillRect(109, 90, 100, 70,RGB(50,129,200));
tft.fillRect(110, 91, 98, 68,RGB(70,148,220));
tft.fillRect(115, 96, 88,58,RGB(51,119,180));
tft.setCursor(146, 110);
tft.setTextSize(4);
tft.setTextColor(WHITE, RGB(51,119,180));
tft.print("2");
// TECLA 3
//tft.fillRect(213, 90, 100, 70,BLUE);

tft.fillRect(213, 90, 100, 70,RGB(50,129,200));
tft.fillRect(214, 91, 98, 68,RGB(70,148,220));
tft.fillRect(219, 96, 88,58,RGB(51,119,180));
tft.setCursor(250, 110);
tft.setTextSize(4);
tft.setTextColor(WHITE, RGB(51,119,180));
tft.print("3");
// TECLA ATRAS
//tft.fillRect(4, 164, 152, 70,BLUE);
tft.fillRect(4, 164, 152, 70,RGB(222,4,4));
tft.fillRect(5, 165, 150, 68,RGB(254,36,36));//
tft.fillRect(7, 167,146, 64,RGB(255,60,60));//
tft.fillRect(9, 169 ,142, 60,RGB(251,52,52));//
tft.fillRect(11, 171, 138, 56,RGB(233,39,39));//
tft.fillRect(13, 173, 134, 52,RGB(216,28,28));//
tft.fillRect(15, 175, 130, 48,RGB(196,15,15));
tft.fillRect(16, 176, 128, 46,RGB(190,10,10));//
tft.fillRect(18, 178, 124, 42,RGB(188,7,7));
tft.setCursor(30, 188);
tft.setTextSize(3);
tft.setTextColor(WHITE, RGB(188,7,7));
tft.print("ATRAS");
// TECLA ENTER
//tft.fillRect(162, 164, 152, 70,BLUE);

tft.fillRect(162, 164, 152, 70,RGB(111,193,56));
tft.fillRect(164, 166,148, 66,RGB(177,228,93));
tft.fillRect(167, 169 ,142, 60,RGB(167,240,115));//
tft.fillRect(169, 171, 138, 56,RGB(100,162,99));//
tft.fillRect(171, 173, 134, 52,RGB(94,159,65));//
tft.fillRect(176, 178, 124, 42,RGB(91,156,45));
tft.setCursor(194, 188);
tft.setTextSize(3);
tft.setTextColor(WHITE, RGB(91,156,45));
tft.print("ENTER");
////////////////////////////////////
valor_ingresado();

}

void leerTecla()
{
    while (ISPRESSED() == false) {}
    while (ISPRESSED() == true) {

        tp.x= map(tp.x, 540, 768, 0, 320);

```

```

    tp.y = map(tp.y , 479, 287, 0, 240);
    //tecla 1
    if(tp.x<=40 && tp.x>=-170 && tp.y>=170 && tp.y <= 380){
        x='1';    }

    //tecla 2
    if(tp.x<=40 && tp.x>=-170 && tp.y>=-140 && tp.y <= 80){
        tft.setCursor(20,32);
        x='2';
    }
    //tecla 3
    if(tp.x<=40 && tp.x>=-170 && tp.y>=-450 && tp.y <= -230){
        x='3';
    }
} }

/////Método para la lectura de las teclas ATRAS y ENTER

void tecla_accion()
{
    while (ISPRESSED() == false) {}
    while (ISPRESSED() == true) {
        tp.x= map(tp.x, 540, 768, 0, 320);
        tp.y = map(tp.y , 479, 287, 0, 240);
        //tecla atras

        if(tp.x<=-315 && tp.x>=-500 && tp.y>=20 && tp.y <= 390){
            accion=1;
        }

        //tecla enter
        if(tp.x<=-315 && tp.x>=-500 && tp.y>=-450 && tp.y <= -80){
            tft.setCursor(20,32);
            accion=2;
        }

    } }

/// Método para obtención del valor ingresado
void valor_ingresado(){
    if(t==0){
        while(x=='0'){
            leerTecla();}
    for(t=0; (x!='0' and t==0); t=t){

        delay(100);

        teclas_ingresadas[0]=x;
        tft.setCursor(20,32);
        tft.setTextColor(MORADO,WHITE);
        tft.print("    "); tft.setTextSize(4); tft.print(x); tft.print("
");
        Serial.println(t);
        Serial.println(x);
        x='0';
        t=1;
    }
}
}

```

```

if(t==1){

while(x=='0'){leerTecla();}
  for(t=1; (x!='0' and t==1); t=t){
    tft.setCursor(155,32);
    tft.print(x);

    teclas_ingresadas[1]=x;
    Serial.println(t);
    Serial.println(x);

    x='0';
    //delay(1000);
    t=2;
  }
}

//////////
if(t==2){

while(x=='0'){leerTecla();}
  for(t=2; (x!='0' and t==2); t=t){

    teclas_ingresadas[2]=x;
    tft.setCursor(180,32);
    tft.print(x);
    Serial.println(t);
    Serial.println(x);
    Serial.println(teclas_ingresadas);

    x='0';          t=0;
  }
}

tecla_accion();
while(accion==0){tecla_accion();}
if(accion==1){
  ruta[0] = 0; ruta[1] =0;  ruta[2] = 0;
  Serial.println("seleccionado atras");
  delay(3000);
  accion=0;
  startup();
}

  if (accion==2){
    ruta[0] = teclas_ingresadas[0];  ruta[1] = teclas_ingresadas[1];
ruta[2] = teclas_ingresadas[2];
    Serial.print("ruta: ");
    Serial.println(ruta);
    delay(3000);
    accion=0;
    pantalla3();
  }
}

```

```

///// Método para mostrar la ruta elegida.

void mostrar_ruta(){
  int direccion=digitalRead(10);
  tft.setCursor(30,32);
  tft.setTextColor(WHITE, GRAY);
  tft.setTextSize(2);
  tft.println(F("USTED HA SELECCIONADO:"));
  if (ruta[0] == '2' and ruta[1] == '1' and ruta[2] == '2'){// Se
selecciono la joya
  analogWrite(11, 50);
  tft.setCursor(44,72);
  tft.setTextSize(3);
  tft.println(F("RUTA LA JOYA "));
  if (direccion==0){
    tft.setCursor(44,102);
    tft.setTextSize(2);
    tft.println(F("Hacia el P. Ind "));
  } else{ tft.setCursor(44,102);
    tft.setTextSize(2);
    tft.println(F("Hacia la Joya "));}
  }

  if(ruta[0] == '1' and ruta[1] == '3' and ruta[2] ==
'3'){ //Seleccionado ruta 2
    analogWrite(11, 200);

    tft.setCursor(74,72);
    tft.setTextSize(3);
    tft.println(F("RUTA 2 "));

    if (direccion==0){
      tft.setCursor(44,102);
      tft.setTextSize(2);
      tft.println(F("Hacia el Punto 2 "));
    } else{ tft.setCursor(44,102);
      tft.setTextSize(2);
      tft.println(F("Hacia el Punto 1 "));}
    }

  }

//Método de la tercera pantalla.

void pantalla3(){

  tft.fillScreen(GRAY);

  tft.fillRect(4, 164, 152, 70,RGB(222,4,4));
  tft.fillRect(5, 165, 150, 68,RGB(254,36,36));//
  tft.fillRect(7, 167,146, 64,RGB(255,60,60));//
  tft.fillRect(9, 169 ,142, 60,RGB(251,52,52));//
  tft.fillRect(11, 171, 138, 56,RGB(233,39,39));//
  tft.fillRect(13, 173, 134, 52,RGB(216,28,28));//
  tft.fillRect(15, 175, 130, 48,RGB(196,15,15));
  tft.fillRect(16, 176, 128, 46,RGB(190,10,10));//
  tft.fillRect(18, 178, 124, 42,RGB(188,7,7));
  tft.setCursor(30, 188);

```

```

tft.setTextSize(3);
tft.setTextColor(WHITE, RGB(188,7,7));
tft.print("ATRAS");

mostrar_ruta();
int atras=0;

while (ISPRESSED() == false) {}
while (ISPRESSED() == true) {
  tp.x= map(tp.x, 540, 768, 0, 320);
  tp.y = map(tp.y , 479, 287, 0, 240);

  if(tp.x<=-315 && tp.x>=-500 && tp.y>=20 && tp.y <= 390){
    Serial.print("inicio");
    startup();
    atras =1;
  }else{Serial.println(tp.x);Serial.println(tp.y);}

while(atras ==0){
  while (ISPRESSED() == false) {}
  while (ISPRESSED() == true) {
    tp.x= map(tp.x, 540, 768, 0, 320);
    tp.y = map(tp.y , 479, 287, 0, 240);

    if(tp.x<=-315 && tp.x>=-500 && tp.y>=20 && tp.y <= 390){
      Serial.print("inicio");
      startup();
      atras =1;
    }else{Serial.println(tp.x);Serial.println(tp.y);}
  }
}
}

```


Algoritmo para la comunicación y reproducción de audio en la UM.

```
///Inclusión de librerías
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include <TMRpcm.h>
#include "nRF24L01.h"
#include "RF24.h"

//      CE      -> 7
//      SS      -> 8
//      MOSI    -> 11
//      MISO    -> 12
//      SCK     -> 13

RF24 radio(7,8);
TMRpcm Audio; //Inicio de la función de audio
#define pinSD 10
// Dirección para el envío y recepción
const uint64_t pipes[6] = {
    0x65646f4e32LL,0x65646f4e31LL};

int direccion;
int text[4];
char rev[3]="";
int entrada;

void setup(void) {
    pinMode(2, INPUT); //pin de ingreso de dato analógico desde el touch
    pinMode(6, INPUT);
    pinMode(5, OUTPUT); // led indicador de NRF disponible
    Audio.speakerPin=9;
    Serial.begin(9600);

    radio.begin();
    radio.setChannel(0x4c);
    radio.setPALevel(RF24_PA_MAX); //Potencia máxima del RF
    radio.enableDynamicPayloads();
    radio.openReadingPipe(1,pipes[0]); //Dirección por la que se recibe
    radio.openWritingPipe(pipes[1]); //Dirección por la que se envía.
    radio.startListening();
    if(!SD.begin(pinSD)){ //Mensaje de detección de tarjeta SD.
        Serial.println("Fallo la tarjeta SD");
        //SD.begin(10);
        return; }

};

void loop() {

    eleccion();
    delay(200);
    digitalWrite(5,LOW);
    if (text[0]!=0){
        radio.stopListening();
        Serial.println("Enviando datos...");
        radio.write(&text,sizeof(text)); //envío de información
        radio.startListening(); // Listo para la recepción de información
        delay(500);
        if (radio.available()){
```

```

digitalWrite(5,HIGH);
Serial.println("recibido datos");
while (radio.available()) {
  radio.read( &rev,sizeof(rev) );
  Serial.print(rev);
  delay(1000);
  radio.stopListening();
}
metodo_audio();
}
digitalWrite(5,LOW);
}
}

void eleccion(){
text[0]=0; text[1]= 0; text[2]=0; text[3]=0;

  entrada = pulseIn(2, HIGH); //Lee valor de PWM del pin 2.
  direccion = digitalRead(6);
Serial.println(entrada);
Serial.println(direccion);
  if ((entrada>= 390 and entrada <=410) and direccion ==
0){ //selección ruta la joya - parque , hacia el parque
  text[0]=1; text[1]= 0; text[2]=1; text[3]=101;
  Serial.println("Parque");}
  if ((entrada>= 390 and entrada <=410) and direccion == 1){ // hacia
la joya
  text[0]=1; text[1]= 1; text[2]=1; text[3]=101;
  delay(1000);
  Serial.println(text[2]);
  Serial.println("Joya");}

  if ((entrada>= 1580 and entrada <=1600) and direccion ==
0){ //selección ruta 2, dirección hacia el punto 2
  text[0]=2; text[1]= 0; text[2]=1; text[3]=101;
  Serial.println("punto 2");
  }

  if ((entrada>= 1580 and entrada <=1600) and direccion == 1){ //
hacia el punto 1
  text[0]=2; text[1]= 1; text[2]=1; text[3]=101;
  Serial.println("punto 1");}

}

void metodo_audio(){

// Comparando valor recibido P29.

if (rev[0]=='P' and rev[1]=='2' and rev[2]=='9'){
Serial.println("Reproduciendo");
if (direccion==1 and text[0]==1){
  Audio.play("29_j.wav"); //Reproducción de audio
delay (10000);
Audio.disable();
}
}
}

```

```

}
if(direccion==0 and text[0]==1){
  Audio.play("29_pi.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if (direccion==0 and text[0]==2){
  Audio.play("29_2.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if(direccion==1 and text[0]==2){
  Audio.play("29_1.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
}
rev[0]=' '; rev[1]=' '; rev[2]=' ';
digitalWrite(5,LOW);
delay (30000);
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

if (rev[0]=='P' and rev[1]=='2' and rev[2]=='4'){ // Comparando valor
recibido P24
Serial.println("Reproduciendo");
if (direccion==1 and text[0]==1){
  Audio.play("24_j.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if(direccion==0 and text[0]==1){
  Audio.play("24_pi.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if (direccion==0 and text[0]==2){
  Audio.play("24_2.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if(direccion==1 and text[0]==2){
  Audio.play("24_1.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
}
rev[0]=' '; rev[1]=' '; rev[2]=' ';
digitalWrite(5,LOW);
delay (30000);
}
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
if (rev[0]=='P' and rev[1]=='0' and rev[2]=='7'){ // Comparando valor
recibido P07
Serial.println("Reproduciendo");
if (direccion==1 and text[0]==1){
  Audio.play("7_j.wav");
  delay (10000);
  Audio.disable();
}
if(direccion==0 and text[0]==1){
  Audio.play("7_pi.wav");
}

```

```
delay (10000);
Audio.disable();
}
if (direccion==0 and text[0]==2){
  Audio.play("7_2.wav");
delay (10000);
Audio.disable();
}
if(direccion==1 and text[0]==2){
  Audio.play("7_1.wav");
delay (10000);
Audio.disable();
}
rev[0]=' '; rev[1]=' '; rev[2]=' ';
digitalWrite(5,LOW);
delay (45000);
}
eleccion();
}
```

ANEXO L: ALGORITMO PARA VISUALIZACIÓN DE TABLERO DE UNA RUTA, DIRECCIÓN Y SIGUIENTE BUS EN LLEGAR.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>Documento sin título</title>
<style type="text/css">
.rutal { background-color: #CCC;
width:440px;
height:225px;
float:left;
padding:inherit;
}
#rutal table tr th p {
font-size: 22px;
color: #FFF;
}
#rutal table tr th {
color: #FFF;
font-size: 18px;
}
#rutal table tr th {
color: #1D9CE6;
}
#rutal table horario {
color: #666;
}
#rutal table tr td {
color: #F00;
}
#rutal table tr td1 {
color: #FFF;
}
#rutal table tr td45 {
color: #FFF;
}
#rutal table tr td {
color: #FFF;
}
#rutal table tr td {
color: #666;
}
#rutal table tr td {
font-size: 18px;
}
#rutal table tr td {
font-weight: bold;
color: #666;
}
.centro {
text-align: center;
}
.direccion {
color: #1D9CE6;
}

```

```

</style>
</head>
<div class="RUTA1" id="rutal"><?php
// para establecer conexion con la base de datos.
if(!$enlace=mysql_connect('dirección_ip', 'Usuario', 'contraseña')){

    echo 'No pudo conectarse a mysql';
    exit;
}
else

//Nombre de la base de datos "paradas"
if(!mysql_select_db('integral_paradas', $enlace))

{
    echo 'No pudo seleccionar la base de datos';
    exit;
}

?>
<table width="435" border="1" height="225" bordercolor="#333333">
<tr>
<th height="40" colspan="3" bgcolor="#1D9CE6"
scope="row"><p>RUTA &quot;LA JOYA - PARQUE INDUSTRIAL&quot;</p></th>
</tr>
<tr>
<th width="166" bgcolor="#FFFFFF" scope="row">Dirección La
Joya</th>
<td width="145" height="30" bgcolor="#FFFFFF"><div
align="center">HORA</div></td>
<td width="107" bgcolor="#FFFFFF"><div align="center">ID-
UNIDAD</div></td>
</tr>
<tr>
<th height="30" bgcolor="#D3D3D3" scope="row">Anterior bus</th>
<td bgcolor="#FFFFFF"><div align="center">

<?php

//// HACIA LA JOYA (inicio)////////
$result11 = mysql_query("SELECT * , MAX(HORA) HORA FROM P07 WHERE RUTA
LIKE '1' AND DIREC LIKE '1' ORDER BY ID", $enlace);
if (!$result11){
    echo "Error MySQL: ". mysql_error();
    //el punto me permite concatenar 2 strings
    exit;
}

if ($row11 = mysql_fetch_array($result11)){
do {
    echo date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']));

    } while ($row11 = mysql_fetch_array($result11));

} else {

```

```

echo "; No se ha encontrado ningún registro !";
}

?>
</div> </td>

<td bgcolor="#FFFFFF"> <div align="center">
  <?php

      //// HACIA LA JOYA (inicio)////////
$result11 = mysql_query("SELECT *, MAX(HORA) HORA FROM P07 WHERE RUTA
LIKE '1' AND DIREC LIKE '1' GROUP BY ID DESC LIMIT 1", $enlace);
if (!$result11){
    echo "Error MySQL: ". mysql_error();
    //el punto me permite concatenar 2 strings
    exit;
}

if ($row11 = mysql_fetch_array($result11)){

do {

    echo ($row11['N_ID']);
    $n_id_anterior= $row11['N_ID'];

    } while ($row11 = mysql_fetch_array($result11));

} else {
echo "; No se ha encontrado ningún registro !";
}

?>
</div>
</td>
</tr>
<tr>
<th height="30" bgcolor="#D3D3D3" scope="row">Próximo bus</th>
<td bgcolor="#FFFFFF"><div align="center">

  <?php

if ($row11 = mysql_fetch_array($result11)){

do {

//////////
////////// CONDICIONES DE HORARIOS //////////
//////////
$time= time();
if (date("H:i:s",$time)>"05:59:59" and
date("H:i:s",$time)<"21:00:00"){ // Si está dentro del horario de
servicio
    if (date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))> "06:00:00"
and date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))< "07:00:00"){

```

```

        echo date("H:i:s", strtotime($row11['HORA'].' +4 min'));
    }
    if (date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))> "07:00:00"
and   date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))< "09:00:00"){
        echo date("H:i:s", strtotime($row11['HORA'].' +5 min'));
    }
    if (date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))> "09:00:00"
and   date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))< "11:30:00"){
        echo date("H:i:s", strtotime($row11['HORA'].' +6 min'));
    }
    if (date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))> "11:30:00"
and   date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))< "18:00:00"){
        echo date("H:i:s", strtotime($row11['HORA'].' +5 min'));
    }
    if (date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))> "18:00:00"
and   date ("H:i:s", strtotime($row11['HORA']))< "18:42:00"){
        echo date("H:i:s", strtotime($row11['HORA'].' +7 min'));
    }
    }

    if (date("H:i:s",$time)>"21:00:00"){
        echo "Servicio no disponible";
    }
    if (date("H:i:s",$time)<"05:59:59"){
        echo "Servicio no disponible";
    }
} while ($row11 = mysql_fetch_array($result11));

} else {
echo "; No se ha encontrado ningún registro !";
}

//// HACIA LA JOYA (final)////////
?>
    </div></td>
    <td bgcolor="#FFFFFF"> <div align="center">

        <?php

/////////Búsqueda del bus en su anterior parada/////////
$result11 = mysql_query("SELECT * FROM P29 WHERE RUTA LIKE '1' AND
DIREC LIKE '1' AND N_ID LIKE '$n_id_anterior' ORDER BY ID", $enlace);
if (!$result11){
    echo "Error MySQL: ". mysql_error();
    //el punto me permite concatenar 2 strings
    exit;
}

if ($row11 = mysql_fetch_array($result11)){
do {
    //echo($row11['ID']);
    $id_anterior=$row11['ID'];

    } while ($row11 = mysql_fetch_array($result11));

```



```

} else {
echo "¡ No se ha encontrado ningún registro !";
}
///// Búsqueda del siguiente bus en arribar.
$result_NEX = mysql_query("SELECT * FROM P29 WHERE RUTA LIKE '1' AND
DIREC LIKE '1' AND ID>'$id_anterior' ORDER BY ID ASC LIMIT 1",
$enlace);
if (!$result_NEX){
echo "Error MySQL: ". mysql_error();
//el punto me permite concatenar 2 strings
exit;
}

if ($rowNEX = mysql_fetch_array($result_NEX)){
do {
echo($rowNEX['N_ID']);

} while ($rowNEX = mysql_fetch_array($result_NEX));

} else {
echo "¡ No se ha encontrado ningún registro !";
}

?>
</div>
</td>
</tr>
</table>
</body>
</html>

```

ANEXO M: PRUEBAS DE COMUNICACIÓN NRF24L01.

Las pruebas de comunicación con línea de vista fueron realizadas usando como terminal para el monitoreo de la recepción de paquetes, un smartphone con la aplicación “Mobile SSH” que permitió la comunicación con la consola del terminal del prototipo de la unidad de procesamiento (Raspberry). Las imágenes muestran por un lado el prototipo y el terminal de la Raspberry abierto en un smartphone.





El módulo de la unidad de procesamiento fue ubicado en el balcón del piso superior, teniendo línea de vista con el módulo presente en el vehículo para la prueba de distancia. La distancia fue medida con el uso de un flexómetro.



El Prototipo fue probado en dos unidades móviles (buses) y tres paradas (en ellas se encontraban los prototipos de las unidades de procesamiento), estas unidades de procesamiento fueron instaladas en el interior de domicilios que se encontraron dentro de la ruta que realizaban las unidades móviles, el prototipo fue ubicado de tal forma que tuviera línea de vista con el bus.



