



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MULTIPLATAFORMA  
QUE PERMITA EL MONITOREO Y CONTROL DE RUTAS DEL SISTEMA DE  
TRANSPORTE PÚBLICO.

AUTORES

Jordy Javier Ruiz Sánchez

Juan Andrés Tello Guerra

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MULTIPLATAFORMA  
QUE PERMITA EL MONITOREO Y CONTROL DE RUTAS DEL SISTEMA DE  
TRANSPORTE PÚBLICO.

“Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingenieros en redes y  
telecomunicaciones”

Profesor Guía

Dra. Orozco Garzón Nathaly Verónica

Autores

Jordy Javier Ruiz Sánchez

Juan Andrés Tello Guerra

2019

## **DECLARACION PROFESOR GUÍA**

"Declaro haber dirigido el trabajo, Diseño e implementación de un prototipo multiplataforma que permita el monitoreo y control de rutas del sistema de transporte público, a través de reuniones periódicas con los estudiantes Jordy Javier Ruiz Sánchez y Juan Andrés Tello Guerra, en el semestre 201910, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Nathaly Verónica Orozco Garzón

Doctora En Ingeniería Eléctrica En El Área De Telecomunicaciones Y

Telemática

CI. 1720938586

## **DECLARACION PROFESOR CORRECTOR**

"Declaro haber revisado este trabajo, Diseño e implementación de un prototipo multiplataforma que permita el monitoreo y control de rutas del sistema de transporte público, de Jordy Javier Ruiz Sánchez y Juan Andrés Tello Guerra, en el semestre 201910, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

---

Henry Ramiro Carvajal Mora

Doctor En Ingeniería Eléctrica En El Área De Telecomunicaciones Y

Telemática

CI: 1721327862

## **DECLARACION DE AUDITORIA DE LOS ESTUDIANTES**

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

---

Jordy Javier Ruiz Sánchez

CI: 1726459827

---

Juan Andrés Tello Guerra

CI:1718744616

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente la sabiduría de todos los que hicieron posible el desarrollo del presente proyecto: Karen, Andrés y Familia.

Jordy R.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo lo agradezco a mi familia que me han apoyado en los momentos más difíciles. A mi madre que con su soporte y consejos me supo guiar por el correcto camino.

Andrés T.

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto va dedicado a Dios por facilitar cumplir mis sueños y poner las personas adecuadas en los momentos adecuados, sabiendo que Dios es bueno todo el tiempo.

Jordy R.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a Dios que siempre será el camino para todos los proyectos en mi vida.

Andrés T.

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un prototipo electrónico que permite monitorear el sistema de transporte urbano del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) que mediante una aplicación móvil brindará a los ciudadanos un mejor control de ubicación de los transportes en las rutas establecidas. Como resultado se optimiza el uso del transporte público, se ahorra tiempo y se mejora la accesibilidad a servicios públicos. Por otro lado, se realiza un análisis de las rutas de transporte en la ciudad de Quito a fin de seleccionar la mejor cobertura de red inalámbrica en el recorrido establecido mediante el uso de FODA que es una metodología intuitiva para definir mediante un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas el mejor recorrido en base a variaciones como: mejor cobertura, despliegue red celular, interferencia, cambios en la red. Adicionalmente, se construyó un prototipo para la recolección de datos de ubicación de posicionamiento Global (GPS), para su posterior envío a través de la red de Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS). En este prototipo se usaron componentes electrónicos que cumplen los requerimientos necesarios para garantizar una velocidad de transmisión de datos adecuada para el buen funcionamiento de los sensores. Esta implementación se coordina correctamente con un aplicativo web y una base de datos que almacena los datos transmitidos disponibles a los que puedan acceder usando la aplicación móvil. La aplicación es una combinación de interfaces de programación Android que permite conocer la ubicación exacta de un transporte público específico en la ciudad, conjuntamente con información adicional como distancia recorrida y tiempo estimado de llegada. Las pruebas de uso del sistema propuesto indican que el prototipo permite obtener la información de geolocalización en tiempos adecuados, así como el envío de los datos hacia el servidor web, almacenamiento y posterior uso de la aplicación móvil que genera la ruta establecida.

**Palabras claves:** prototipo electrónico, GPS, GPRS, aplicación, base de datos, WEB, paquetes, radio, transmisión, recepción, envío datos, Drive test.

## ABSTRACT

The objective of this project is to design and implement an electronic prototype that allows monitoring the urban transport system of the Metropolitan District of Quito (DMQ), which through a mobile application will provide citizens a better control of the transport location based on established routes. As result, the use of public transportation is optimized, time is saved and accessibility to public services is improved. On the other hand, an analysis of the transport routes in the city of Quito is carried out in order to select the best wireless network coverage in the established route through the use of FODA which is an intuitive methodology to be defined through an analysis of strengths, opportunities, weaknesses and threats the best route based on variations such as: better coverage, cell network deployment, interference, changes in the network. Additionally, a prototype is built for the collection of location data from Global Positioning System (GPS), which is send later through the General Service of Packet by Radio (GPRS) network. In this prototype, electronic components are used that meet the necessary requirements to guarantee an adequate data transmission speed for the proper functioning of the sensors. This implementation is coordinated correctly with a web application and a database that stores the transmitted data, which is available using the mobile application. The application is a combination of Android programming interfaces that allows to know the exact location of a specific public transport in the city, together with additional information such as distance traveled and estimated time of arrival. The tests of the proposed system indicate that the prototype allows obtaining the geolocation information at appropriate times, as well as the sending of the data to the web server, storage and subsequent use of the mobile application that generates the established route.

**Keywords:** electronic prototype, GPS, GPRS, application, database, WEB, packages, radio, transmission, reception, sending data, Drive test.

# ÍNDICE

1.	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
2.	CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	2
2.1	Antecedentes.....	2
2.2	Selección de ruta.....	5
2.2.1	Ruta 8: Libertadores del Valle de Conocoto: Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón .....	10
2.3	Infraestructura de telecomunicaciones .....	13
2.3.1	Redes inalámbricas .....	13
2.3.2	Evolución de los sistemas celulares .....	14
2.3.2.1	Primera Generación (1G) .....	14
2.3.2.2	Segunda Generación (2G).....	16
2.3.2.3	Tercera Generación (3G).....	18
2.3.2.4	Cuarta Generación (4G) .....	19
2.3.3	Arquitectura de red celular.....	20
2.3.3.1	Estación Móvil .....	21
2.3.3.2	Estación Base.....	21
2.3.3.3	Centro de conmutación móvil .....	21
2.3.3.4	Registro de Localización de Visitantes .....	22
2.3.3.5	Registro de Ubicación Base.....	22
2.3.3.6	Puerta de enlace .....	22
2.3.3.7	Punto de control de servicio.....	22
2.3.3.8	Punto de transferencia de servicio.....	23
2.3.4	Redes celulares disponibles en la ruta de prueba.....	23
2.3.5	Tecnología Móvil Seleccionada para Implementación del Prototipo .....	24
2.3.6	Sistemas GSM en el mundo .....	24
2.3.7	Acceso Múltiple .....	25

2.3.8	Tasas de transmisión máximas .....	27
2.3.9	Evolución GSM.....	28
2.3.9.1	GPRS .....	28
2.3.9.2	EDGE .....	31
2.3.10	GSM en el Ecuador .....	32
2.4	Servicios Asociados.....	32
2.4.1	Sistemas electrónicos de telecomunicaciones.....	32
2.4.2	Cobertura de red en la ruta de pruebas .....	33
3.	<b>CAPITULO III. ANALISIS DE TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>33</b>
3.1	Sensores .....	34
3.1.1	Sistema de posicionamiento global.....	34
3.1.2	Servicio General de Paquetes vía Radio .....	37
3.2	Módulos.....	38
3.2.1	Arduino .....	38
3.2.2	Módulo GPS .....	40
3.2.3	SIM Arduino.....	41
3.3	Software .....	42
3.3.1	Android Studio .....	42
3.3.1.1	Android SDK.....	42
3.3.1.2	IDE Android Studio .....	42
3.3.1.3	Google Maps API para Android .....	43
3.3.2	MySQL .....	43
4.	<b>CAPITULO IV. DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN.....</b>	<b>44</b>
4.1	Diagrama de red.....	44
4.2	Etapas de comunicación.....	45
5.	<b>CAPITULO V. DISEÑO DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO .....</b>	<b>46</b>
5.1	Etapas de funcionamiento del prototipo electrónico.....	47

5.2	Esquema electrónico .....	48
5.3	Diagrama Esquemático .....	48
6.	<b>CAPITULO VI. DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL</b> 49	
6.1	Interfaz Móvil .....	50
6.2	Interfaz de Administrador.....	53
7.	<b>CAPITULO VII. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL TRANSPORTE PÚBLICO.....</b>	56
7.1	Implementación del sistema Electrónico.....	56
7.1.1.	Fase 1: Alimentación .....	56
7.1.1.1.	Funcionamiento del circuito LM2596.....	57
7.2.	Fase 2: Procesamiento - instrucción.....	58
7.2.1.	Fase 3: SIM 900 .....	59
7.2	Implementación de la aplicación móvil.....	60
7.3	Implementación de servidor web .....	64
7.4	Funcionamiento del prototipo.....	65
8.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	71
8.1	Conclusiones del estudio.....	71
8.2	Recomendaciones.....	72
	<b>REFERENCIAS.....</b>	74
	<b>ANEXOS .....</b>	81

## 1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones inalámbricas y el desarrollo de tecnologías permiten soluciones efectivas a las tareas diarias. Ejemplo de esto es la comunicación móvil para el acceso a internet y el empleo de aplicaciones distribuidas alojadas en dispositivos celulares. La tendencia es convertir el mundo en una sociedad conectada a internet mediante dispositivos portables de bolsillo, manteniendo siempre indicadores efectivos de nuestro estilo de vida, facilitando de esta manera el consumo masivo e interpretación de datos, como por ejemplo el seguimiento de nuestro estilo de vida con un reloj inteligente o el dispositivo móvil.

El sistema de transporte de Quito tiene problemas relacionados con cumplimiento de horarios y la calidad del servicio, lo que afecta directamente al usuario final quien en la cotidianidad experimenta problemas con ubicar una unidad de transporte que le lleve a su destino; considerando variantes de tiempo de llegada del bus hasta la parada y rutas disponibles para llegar al destino. Para lo cual, el prototipo pretende mejorar la calidad de atención al usuario utilizando la tecnología disponible bajo el esquema: recolección de datos, almacenamiento e interfaz de usuario. En base a este concepto se diseña e implementa un prototipo recolector de datos, servicios con una aplicación de consulta y una interfaz móvil para la interpretación de los datos recogidos por un prototipo electrónico. El objetivo es implementar una solución a la problemática de ubicar una unidad de transporte en el tiempo requerido por el usuario con el uso de aplicaciones, comunicación inalámbrica móvil y electrónica. La implementación del dispositivo electrónico se realiza tomando elementos disponibles en el mercado ecuatoriano en base al análisis de cualidades técnicas, costos y compatibilidad con las tecnologías de comunicación GPRS, bases de datos e interpretación de información por interfaces móviles. Por otro lado, el diseño del almacenamiento de datos obedece a tendencias de servidores arrendados como alojamientos anuales por características, cantidades de transacciones y compatibilidad con el

prototipo electrónico e interfaz de usuario. El estándar de comunicación debe manejar parámetros de conectividad a internet.

Además, para solventar la problemática del monitoreo y control del sistema de transporte público se analiza y diseña aplicaciones móviles diseñadas para el uso cotidiano de los usuarios que dispongan el sistema operativo en auge sobre dispositivos móviles y servidores web.

## **2. CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.1 Antecedentes**

En la actualidad las aplicaciones y redes móviles son parte de la vida cotidiana. Cada día aparecen nuevas tendencias tecnológicas y son aprovechadas al máximo por diferentes sectores estratégicos alrededor del mundo, como por ejemplo el desarrollo global de redes y servicios convergentes. En Ecuador se mantienen como objetivos de país el desarrollo de Tecnologías de la información y comunicación (TICS) según el Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información aplicado desde el año 2016 hasta el año 2021. En el Macroobjetivo 3 se contempla asegurar el uso de las TICS para el desarrollo económico y social del País (MINTEL, 2016).

La aplicación de las diferentes tecnologías de telecomunicaciones, servicios y redes se encuentra en manos de los diferentes espacios gubernamentales incluidos a nivel de gobierno. En consecuencia, en la ciudad de Quito, el desarrollo de tecnologías se encuentra asociado con los reglamentos establecidos a nivel país. Sin embargo, la aplicación de las TICS no se encuentra canalizada a todos los sectores de desarrollo del distrito; para muestra, el sector de transporte público urbano no utiliza adecuadamente las tecnologías para mejorar sus servicios para el público y obtener mejores réditos económicos. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) establece mediante consejo organizado el 2012 el uso de sistemas de transporte inteligentes con las consideraciones de incorporar tecnologías nuevas, como las radiocomunicaciones en los sistemas de transporte terrestre y el uso efectivo de los dispositivos inteligentes para mejorar la gestión del tráfico, esta

recomendación se encuentra disponible para todo el que desee implementar infraestructura de telecomunicaciones bajo cualquier estándar disponible en la ITU (ITU, 2012).

Actualmente existe el proyecto denominado “Transporte Seguro” llevado a cabo por el Servicio Integrado de Seguridad ECU 911. El objetivo de esta entidad es el de reducir la siniestralidad del transporte en el Ecuador, implementando kits de seguridad en más de 55.000 vehículos de transporte público; dicho kit se compone de un botón físico de auxilio, dispositivo de rastreo satelital GPS, 2 cámaras de video incluida la opción de grabado nocturno infrarrojo, sensores de apertura y sistemas de energías ininterrumpida (ECU911, 2017). La Figura 1 muestra uno de estos kits, donde los dispositivos que lo integran trabajan en conjunto y empiezan a enviar información una vez se haya activado el botón de auxilio por parte del conductor, esto ayuda a que el departamento de administración de tránsito pueda monitorear las rutas y unidades de transporte público para brindar seguridad a la ciudadanía. Además, existe un módulo electrónico instalado en el vehículo que transmite datos sobre la ubicación geográfica y la velocidad del vehículo en movimiento, por otra parte, si el vehículo se encuentra apagado este sistema pasa a un estado de espera (ECU911, 2017).



*Figura 1.* Transporte Seguro. Diagrama esquemático funcionamiento de Ecu 911, control de transporte.

Tomado de (ECU911, 2017)

El ente regulador es la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito (SM-DMQ), que tiene como objetivo estratégico emprender acciones emergentes para corregir inconvenientes de crecimiento urbano que ocasionan problemas en la movilidad, tratando a estas complicaciones de movilidad como un elemento para la inclusión y equidad social para el buen vivir. Por tanto, su objetivo es mejorar la evaluación de las Operadoras de Transporte Público con los siguientes criterios:

- a) Atención a la comunidad (ampliación de la cobertura)
- b) Análisis de informes técnicos
- c) Mejora del servicio de transporte público

La Ordenanza Metropolitana No. 0201 de fecha 14 de febrero del 2018 establece que el Administrador del Sistema de Transporte Público de Pasajeros del DMQ y las autoridades metropolitanas competentes deben garantizar altos niveles de calidad de servicio y la satisfacción de los usuarios, sin entorpecer la movilidad mediante nuevas y mejores políticas públicas de optimización de mejora en el transporte público.

El Instituto de la Ciudad, organismo que forma parte del Municipio de Quito, realizó una encuesta de veeduría ciudadana, en donde indica que el 86 % de encuestados consideran que el servicio de transporte público de Quito no ha mejorado desde el 2015 (SM-DMQ, 2018).

Tras una evaluación institucional técnica se pudieron evidenciar distintas problemáticas que van desde la falta de profesionalismo por partes de los conductores hasta el no apoderamiento de la ciudadanía para exigir mejoras.

Además, como objetivo estratégico del año 2018, la SM-DMQ decidió definir acciones emergentes en el DMQ para mejorar los problemas de movilidad y la creciente problemática del mismo mediante la modernización del sistema de transporte urbano con la innovación de estos mediante el uso de TICS en la gestión y control, mediante su entidad adscrita la Empresa Pública Metropolitana de Transporte de Pasajeros de Quito (EPMT) (SM-DMQ, 2018).

Actualmente, los usuarios acceden al servicio de transporte público dirigiéndose a las paradas y estaciones correspondientes, cancelando la tarifa asignada y esperando el tiempo necesario hasta que la unidad de transporte requerida pase por la parada, sin establecer un acuerdo de servicio entre los conductores de los buses y los usuarios; el único tiempo acordado entre la SM-DMQ y los directivos de las cooperativas de transporte es el intervalo de salida de las terminales y punto intermedios controlados por la EPMTP. Por tanto, se requiere brindar un servicio de calidad en el transporte urbano con tendencia al usuario y un control constante del mismo, con la ayuda de una interfaz gráfica accesible al usuario final, que facilite la integración de ubicación de transportes públicos y ubicación de paradas.

Según estudios, Quito experimenta falta de modelos empresariales en base al transporte público. Es decir, existen problemas con los transportistas para que cumplan metas de cajas comunes, además de inconformidades con demoras en la gestión urbana como la calidad del servicio público pese a que existen ordenanzas municipales obligando implementar estos servicios, pero hasta la fecha no ha existido implementaciones por parte del municipio ni han existido avances por parte de los operadores de servicio. (Carvajal, 2018).

Con los antecedentes enunciados, la ciudadanía quiteña necesita un medio de interacción entre los pasajeros y el sistema de transporte público del DMQ que permita visualizar las unidades del sistema de transporte, mediante la combinación de electrónica en un prototipo de rastreo para cada unidad y una plataforma de software que permita monitorear las unidades, asociadas a un sistema de monitoreo web, facilitando la implementación de una solución a la problemática expuesta.

## **2.2 Selección de ruta**

Para la selección de ruta se analiza parámetros generalizados y específicos que permiten elegir la ruta para trabajar con el prototipo. En base a este concepto se utiliza la metodología de proyectos aplicable para la toma de decisiones y se califica un conjunto de características relevantes para el proyecto aplicando la mejor decisión en la ruta seleccionada.

Para aplicar la herramienta de análisis es necesario establecer la población de rutas, en el caso de la ciudad de Quito la cantidad de rutas se subdivide en tres secciones: Intercantonal Urbano, Intercantonal Combinado e Intercantonal rural como se muestra en la Figura 2.



*Figura 2.* Rutas de transporte público. Diagrama rutas de transporte de Quito. Adaptado de (SM- DMQ, 2018)

Para seleccionar el escenario de estudio consideramos los sistemas Intercantonales Intercombinados detallados en el Anexo 1, estos poseen cooperativas de transporte y rutas vigentes donde aplicando la indicada a continuación (Figura 3) se puede obtener el cálculo del tamaño de la muestra finita.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$n$  = Tamaño de muestra buscado

$N$  = Tamaño de la Población o Universo

$Z_{\alpha}$  = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza

$e$  = Error de estimación máximo aceptado

$p$  = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q = (1 - p)$  = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

*Figura 3.* Fórmula para el cálculo de tamaño de muestra finita.

Adaptado de (Badii, 2008)

Con la fórmula de cálculo anterior seleccionamos una muestra del universo de rutas de transporte. Los valores empleados para el cálculo se muestran en la Tabla 1. Basado en estos valores tenemos que:

$$n = \frac{34 * 1,960_{\alpha}^2 * 50\% * 50\%}{1,960^2 * (34 - 1) + 1,960_{\alpha}^2 * 50\% * 50\%} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$n = 8$$

Tabla 1.

*Calculo del tamaño de la muestra – análisis rutas de buses.*

<b>Parámetro</b>	<b>Valores registrados</b>	<b>Parámetro</b>
N	34	8,00
Z <sub>α</sub>	1,960	Nivel de confianza al 95%
P	50,00%	Probabilidad de éxito
Q	50,00%	Probabilidad de fracaso
e	30,75%	Error muestral

Como resultado se obtienen 8 rutas entre la población del sistema Intercantonal Intecombinado. En el caso de la selección de la ruta se establece una estimación del tamaño óptimo de la muestra considerando un error muestral de 30,75.

En la Figura 4 se puede observar los ítems relevantes analizados en cada una de las rutas y en el Anexo 2 se encuentra el análisis sobre las 8 rutas.



*Figura 4.* Herramienta de análisis de ruta en base a FODA.

Si bien es cierto las características de las 8 rutas ya podrían inferir en una selección aleatoria de una ruta, no sería lo factible argumentando que aún no satisface la necesidad de seleccionar la mejor ruta para probar el prototipo electrónico propuesto.

Por tanto, en base a las cualidades se puede establecer valores cuantitativos ayudados por la escala de Lickert. La escala de Lickert se define como instrumento de medición complementarios para las mediciones de pruebas en base a actitudes o test psicológicos (Rodríguez, 2010). En otras palabras, se cuantifica del 0 al 5 las cualidades investigadas de las 8 rutas y se obtiene un promedio de los valores obtenidos, resultando la selección efectiva de la mejor ruta en base a la cuantificación de cualidades. Lo expresado se puede observar en la Tabla 2, en la cual se muestra un análisis cuantitativo de la herramienta FODA en base a la obtención de posiciones por los promedios obtenidos por el análisis de factores internos y externos, es decir con la obtención del promedio

del cruce de fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas y la comparativa correspondiente con sus pares se puede definir que el de mayor porcentaje de promedio aprovecha las oportunidades, enfrenta las amenazas y define las fortalezas reales que permitan enfrentar las amenazas (Cancino del Castillo, 2012).

Tabla 2.

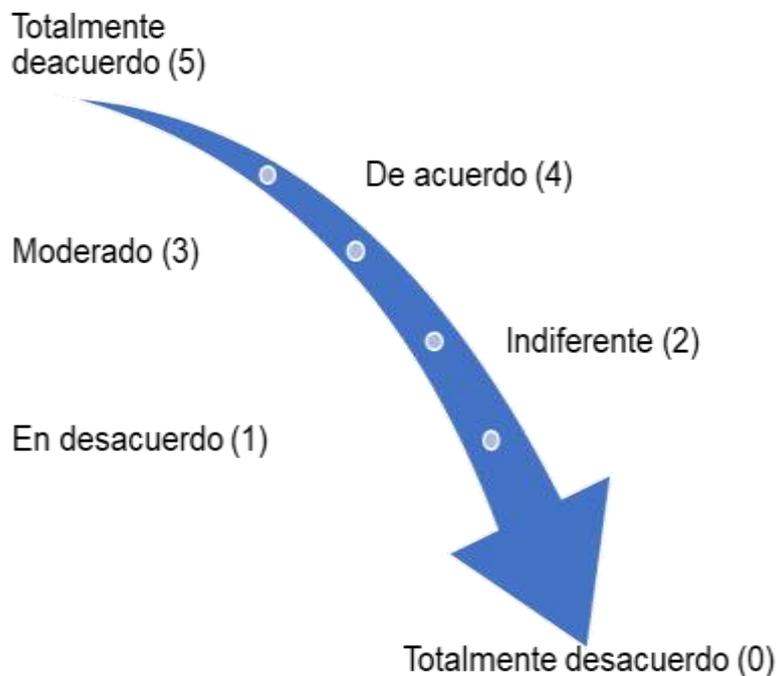
*Cálculo del tamaño de la muestra - rutas de buses.*

<b>Análisis</b>	<b>Ruta 1</b>	<b>Ruta 2</b>	<b>Ruta 3</b>	<b>Ruta 4</b>	<b>Ruta 5</b>	<b>Ruta 6</b>	<b>Ruta 7</b>	<b>Ruta 8</b>
Fortalezas – Oportunidades	2,9	3,3	2,7	3,1	2,6	2,6	3,4	3,5
Fortalezas –Amenazas	3,2	3,5	3,3	3,1	3,0	2,7	4,1	3,3
Debilidades - Oportunidades	3,6	3,0	3,1	2,2	3,0	2,7	4,0	3,4
Debilidades - Amenazas	3,6	3,2	2,5	2,5	3,0	2,2	3,6	3,2
<b>ANALISIS CUANTITATIVO FODA</b>	<b>13,2</b>	<b>13,0</b>	<b>11,7</b>	<b>10,9</b>	<b>11,6</b>	<b>10,1</b>	<b>15,1</b>	<b>13,4</b>

En los análisis siguientes se usará la escala recomendada de Lickert, misma que se muestra en la Figura 5.

Mediante el análisis de características de cada una de las rutas y la cuantificación por la escala de Likert, resulta como favorable el uso de la ruta siete, consecuentemente y en base a la comparativa levantada en el Anexo 2 y

la definición cuantitativa de FODA del Anexo 3, se establece como la mejor ruta para el proyecto: Dean Bajo -Conocoto -Armenia -Girón.



*Figura 5.* Escala de Lickert aplicada para los cálculos cualitativos.

### **2.2.1 Ruta 8: Libertadores del Valle de Conocoto: Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón**

Entre las rutas que cubre la compañía libertadores del Valle incluye la ruta Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón. Esta ruta se integra con la terminal Intracantonal Marín.

La ruta cumple con las condiciones necesarias para solventar el proyecto argumentado que la compañía mantiene una ruta con alta demanda de tráfico en horas pico además de no contar con administración y/o monitoreo de unidades. A su vez, tampoco hace uso de tecnologías para mejorar el servicio de transporte hacia el pasajero lo que evidencia la necesidad de aplicar el prototipo para visualizar el tiempo que demora el bus en llegar a la parada (COMPAÑÍA DE TRANSPORTES LIBERTADORES DEL VALLE S.A., 2018).

Los intervalos de salida de las unidades se muestran en la Tabla 3, donde se incluye el funcionamiento de las rutas en días y horas.

Tabla 3.

*Ruta 8: detalles de ruta de prueba.*

<b>Días</b>	<b>Recorrido</b>	<b>Horarios</b>		<b>Intervalos medidos en minutos</b>	<b>Intervalos medidos en minutos</b>
Lunes - Viernes	Dean Bajo - Camal de Conocoto - Armenia -	Periodos desde:	Periodos hasta:	Salidas de la terminal Girón	Salidas de la terminal Dean Bajo
		5:00	22:30	0:10	0:10
Sábados - Domingos	Girón	6:00	21:00	0:10	0:10

Adaptado de (COMPAÑÍA DE TRANSPORTES LIBERTADORES DEL VALLE S.A., 2018)

La Figura 6 muestra la ruta definitiva para la implementación del prototipo electrónico, monitorización y recolección de datos.

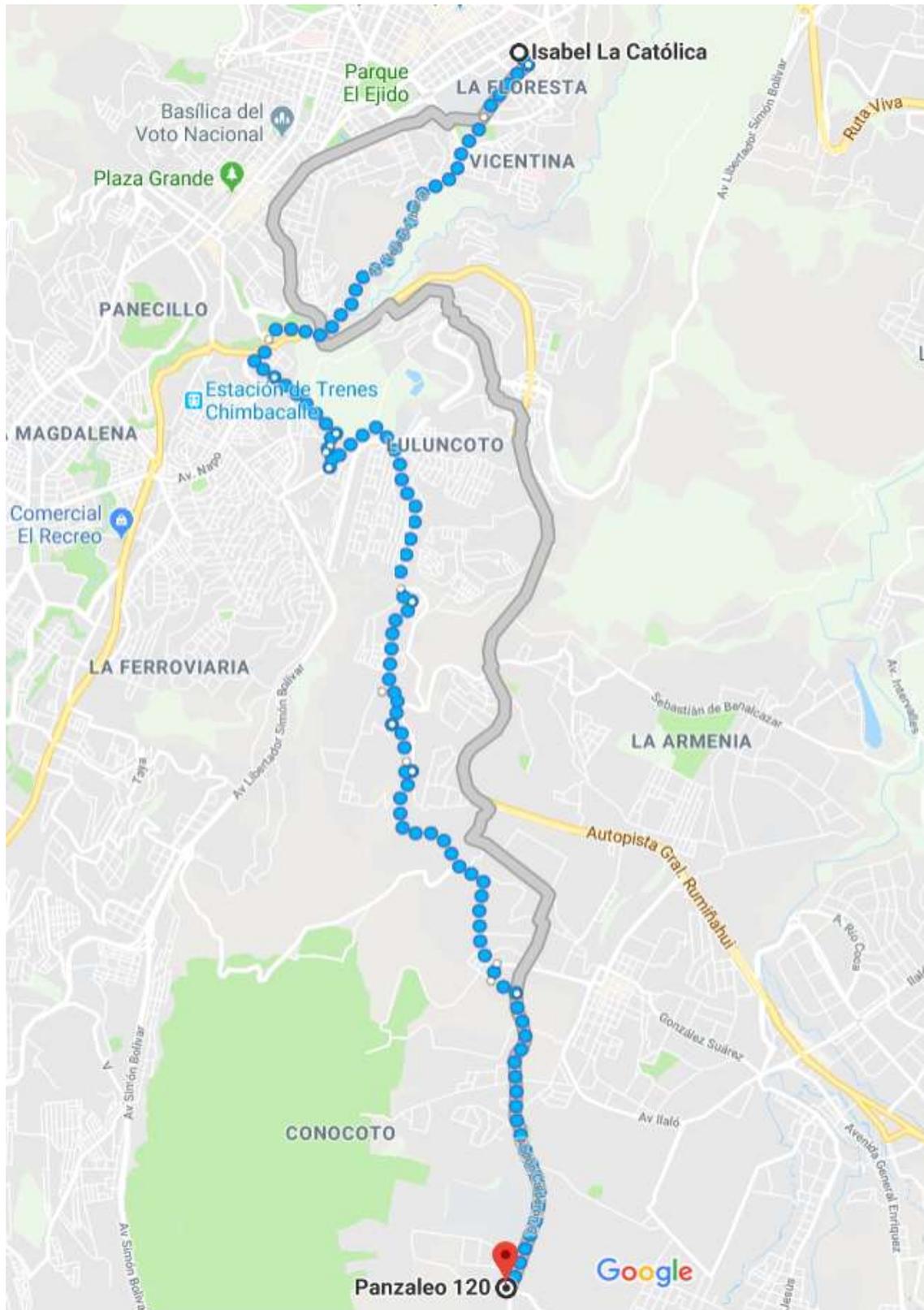


Figura 6. Ruta: Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón en la ciudad de Quito.  
Adaptado de (Google Earth, s.f)

## **2.3 Infraestructura de telecomunicaciones**

Un sistema celular o red celular es una red de comunicación donde el último enlace es inalámbrico. Las redes son distribuidas sobre superficies terrestres llamadas celdas, cada uno de los cuales cuenta con al menos un transceptor de localización fija.

### **2.3.1 Redes inalámbricas**

Entre las redes alámbricas e inalámbricas existentes en el sector, se puede definir que las redes inalámbricas contemplan ciertas ventajas debido al fácil acceso y cobertura a través de estaciones transmisoras-receptoras o simplemente estación base (EB). Estas estaciones base proporcionan la cobertura de la red a fin de que puedan realizarse transmisiones de voz, datos y otros tipos de contenido. Una celda suele utilizar un conjunto de frecuencias diferente al de las celdas vecinas para evitar interferencias y proporcionar calidad de servicio garantizado dentro de cada celda (MIAO, ZANDER, SUNG, & SLIMANE, 2016).

Cuando se unen, estas celdas proporcionan cobertura de radio en una zona geográfica amplia. Esto permite que un gran número de transceptores portátiles (por ejemplo, teléfonos móviles y tabletas) se puedan comunicar entre sí con transceptores y teléfonos fijos en cualquier parte de la red, a través de estaciones base, incluso si algunos de los transceptores se mueven a través de más de una celda durante la transmisión. Las redes celulares ofrecen una serie de características convenientes (MIAO, ZANDER, SUNG, & SLIMANE, 2016):

- Más capacidad que un solo transmisor de gran tamaño, ya que se puede utilizar la misma frecuencia para los enlaces siempre y cuando estén en celdas diferentes.
- Los dispositivos móviles utilizan menos energía que con un solo transmisor o satélite, ya que las torres de telefonía móvil están más cerca.

- Zona de cobertura más amplia que la de un solo transmisor terrenal, ya que pueden añadirse torres de telefonía móvil adicionales de forma indefinida y no están limitadas por el horizonte.

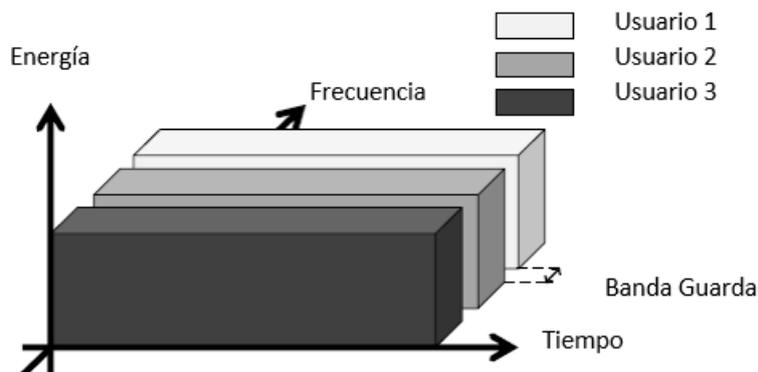
Los principales proveedores de telecomunicaciones han desplegado redes celulares de voz y datos en la mayor parte de la superficie terrestre del mundo. Esto permite que los teléfonos móviles y los dispositivos móviles se conecten a la red telefónica pública conmutada y a su vez al internet de dominio público.

### **2.3.2 Evolución de los sistemas celulares**

La evolución del sistema celular puede determinarse a partir de diferentes generaciones de sistemas (G), lo que generalmente se refiere a un cambio en la naturaleza fundamental de los servicios ofrecidos, las tecnologías empleadas y su compatibilidad con las nuevas bandas de frecuencias utilizadas para realizar las transmisiones de señales. A lo largo de los años han aparecido nuevas generaciones. Estas generaciones se describen a continuación.

#### **2.3.2.1 Primera Generación (1G)**

Las redes inalámbricas de primera generación (1G) se establecieron a finales de los años setenta con el objetivo principal de prestar servicios de telefonía de voz a los abonados móviles. Los sistemas 1G se caracterizan por el uso de la modulación analógica de frecuencia (FM) para la transmisión de voz y el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) como arquitectura de acceso múltiple (Yacoub, 2001). La asignación de recursos de esta técnica se muestra en la Figura 7.



*Figura 7.* Acceso múltiple por división de frecuencia.

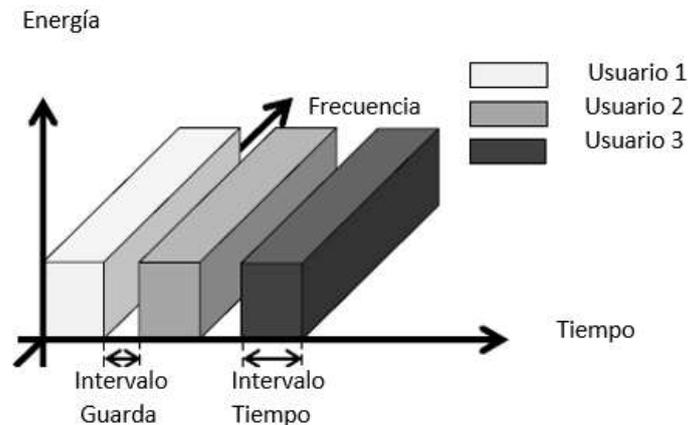
Varias redes 1G fueron desarrolladas independientemente en varias regiones del mundo, con los principales sistemas representados por los siguientes estándares: Servicio de telefonía móvil avanzada (AMPS) en América del Norte; Sistemas de comunicación de acceso total (TACS), TACS europeo (ETACS) y Telefonía Móvil Nórdica (NMT) en Europa; y TACS de Japón (JTACS) y TACS de Nipón (NTACS) en Japón. Como ejemplo, el estándar AMPS operaba en la banda celular de 850 MHz. En 1983, la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC) había concedido a cada operador dentro de un mercado de 333 pares de canales (666 canales en total). A finales de la década de 1980, la base de suscriptores de la industria celular había crecido a millones en toda América y se hizo necesario añadir canales para aumentar la capacidad. En 1989, la FCC concedió una expansión de los 666 canales anteriores a los 832 finales (416 pares por portadora). La mayor parte eran de la banda mantenida en reserva para una expansión futura (inevitable). Cada canal dúplex era compuesto de 2 frecuencias, 416 de ellos se encontraban en la gama de 824-849 MHz para las transmisiones desde el móvil a las estaciones base, emparejadas con 416 frecuencias en la gama de 869-894 MHz para transmisiones de estaciones base a las estaciones móviles. Cada sitio de celdas usaba un subconjunto de estos canales diferente al de sus pares para evitar interferencias. Esto redujo significativamente el número de canales disponibles en cada sitio en el mundo real. Cada canal AMPS tenía un

ancho de banda unidireccional de 30 kHz, para un total de 60 kHz por cada canal dúplex.

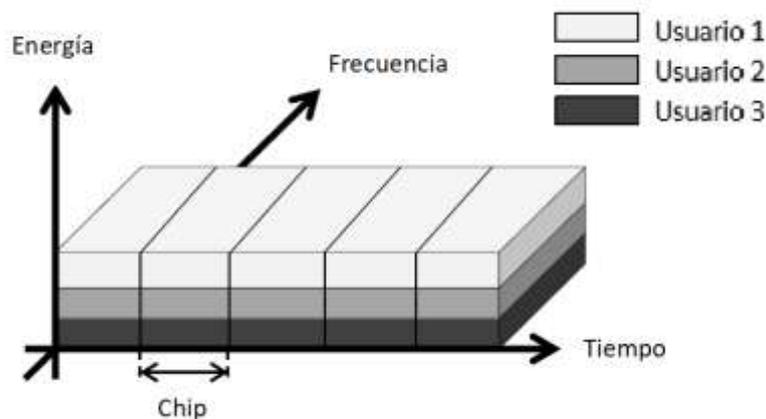
### 2.3.2.2 Segunda Generación (2G)

Las redes inalámbricas de segunda generación (2G) surgieron a principios de la década de 1990 y se basaban totalmente en técnicas de transmisión digital, sistemas 2G destinados a proporcionar una mejor eficiencia espectral, una mayor robustez y una mayor flexibilidad; comunicación, voz y servicios de datos de baja velocidad, privacidad de voz y capacidades de autenticación.

Tres normas principales se basan en los principios 2G: Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM), TIA/EIA/IS-136 (IS-136) o AMPS Digital (D-AMPS), y TIA/EIA/IS-95 (IS-95). Uso de GSM e IS-136 (TDMA), mientras que el IS-95A utiliza el acceso múltiple por división de código (CDMA) como arquitecturas de acceso múltiple (Yacoub, 2001). La asignación de recursos de TDMA y CDMA se muestra en las Figura 8.



a)



b)

*Figura 8.* Técnicas de acceso múltiple empleadas en los estándares 2G.

- a) Acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA).
- b) Acceso múltiple por división de código (CDMA).

Alta Velocidad de Datos (HDR) surgió como tecnologías inalámbricas de datos. GPRS acoplado con GSM o con IS-136, IS-95B (una evolución de IS-95A), y el HDR satisfacen las expectativas de la incorporación de la transmisión de datos en sistemas inalámbricos. Por ejemplo, las redes GSM funcionan en una serie de gamas de frecuencias portadoras diferentes, con la mayoría de las redes 2G, redes GSM que funcionan en las bandas de 900 MHz o 1800 MHz donde estas bandas ya estaban instaladas, y estaban en funcionamiento las redes GSM operando en diferentes rangos de frecuencias portadoras, con la mayoría de las redes 2G, redes GSM que funcionan en las bandas de 900 MHz o 1800 MHz. Las redes GSM operan, en una serie de gamas de frecuencias portadoras diferentes, con la mayoría de las redes 2G. Redes GSM que funcionan en las bandas de 900 MHz o 1800 MHz. Donde estas bandas ya estaban atribuidas, En cambio, se utilizaron las bandas de 850 MHz y 1900 MHz (por ejemplo, en el Canadá y los Estados Unidos).

Independientemente de la frecuencia seleccionada por un operador, el método elegido por GSM es una combinación de acceso múltiple por división en el tiempo y en frecuencia (TDMA/FDMA). La parte de la FDMA implica la división por frecuencia de la anchura de banda (máxima) de 25 MHz en 124 frecuencias

portadoras separadas por 200 kHz. Cada operador se divide en franjas de tiempo para los teléfonos individuales. Esto permite ocho canales de voz de velocidad completa por radiofrecuencia. Estos ocho intervalos de tiempo de radio (o períodos de ráfagas) se agrupan en una trama TDMA. El canal La velocidad de datos para los 8 canales es de 270.833 kbps.

### **2.3.2.3 Tercera Generación (3G)**

La conceptualización de la red inalámbrica 3G está representada por el Programa Internacional de Telecomunicaciones Móviles-2000 (IMT-2000). Las normas y especificaciones de las IMT-2000 han sido elaboradas por diversas organizaciones de normalización de todo el mundo bajo el auspicio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). En esencia, los sistemas 3G proporcionan servicios multimedia, en modo circuito y en modo paquete para sectores de usuarios como: el privado, bucle público, empresarial, residencial, local y otros, para redes terrestres y satelitales, para terminales personales de bolsillo, montados en vehículos o cualquier otro terminal especial. Dos tecnologías principales de transmisión por radio que cumplen con los requisitos de la tecnología 3G son: el Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS) e Acceso Múltiple por División de Código CDMA (CDMA2000) (Yacoub, 2001). La interfaz de radio para UMTS es el acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), que utiliza el acceso múltiple por división de código de secuencia directa (DS-SS) para proporcionar servicios de alta velocidad y gran capacidad. A diferencia de IS-95 o CDMA2000 que utilizan 1,25 MHz de ancho de banda, WCDMA emplea 5 MHz de ancho de banda de portadora. Esto permite velocidades de datos máximas de 2 Mbps (rendimiento total de la celda), típicamente 384 kbps por usuario.

El Acceso de Paquetes de Alta Velocidad (HSPA) es una fusión de varias actualizaciones del estándar original W-CDMA y ofrece velocidades de 14.4 Mbps en el enlace descendente y 5.76 Mbps en el enlace ascendente. HSPA es compatible con la versión anterior y utiliza la tecnología con las mismas frecuencias que WCDMA. Además, la última versión de UMTS, HSPA+, puede proporcionar datos de pico teóricos velocidades de hasta 168 Mbit/s en el

enlace descendente y 22 Mbit/s en el enlace ascendente, utilizando una combinación de interfaz inalámbrica, así como técnicas de antena multiportadora HSPA y múltiple entrada - múltiple salida (MIMO).

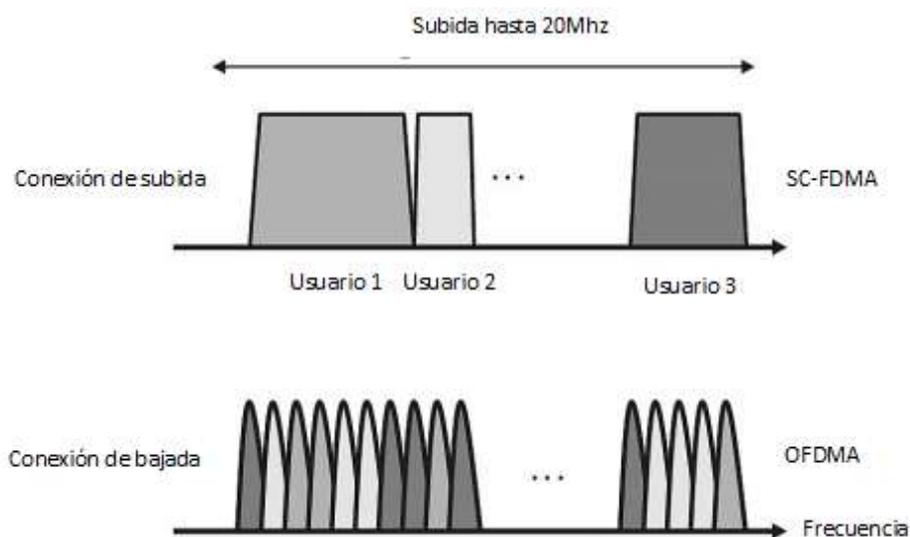
#### **2.3.2.4 Cuarta Generación (4G)**

4G es la cuarta generación de tecnología de red celular de banda ancha, que sucede a la 3G. Un sistema 4G debe proporcionar capacidades definidas por la UIT en Telecomunicaciones Móviles Internacionales - Avanzadas. Las aplicaciones potenciales y actuales incluyen el acceso web móvil modificado, la telefonía IP, los servicios de juegos, la televisión móvil de alta definición, las videoconferencias y la televisión en 3D. El estándar representativo de esta generación es Evolución a Largo Plazo (LTE), cuya primera versión fue comercializada en Oslo, Noruega, y Estocolmo, Suecia, en 2009, y desde entonces se ha desplegado en la mayor parte del mundo. Sin embargo, se ha debatido si las versiones de primera versión deben considerarse 4G.

El esquema de acceso múltiple en el enlace descendente LTE utiliza el Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA). Además, el enlace ascendente utiliza Portadora Única de Acceso múltiple por División de Frecuencia (SC-FDMA).

Estas soluciones de acceso múltiple proporcionan ortogonalidad entre los usuarios, reduciendo las interferencias y mejorando la capacidad de la red. La atribución de recursos en el dominio de las frecuencias tiene lugar con la resolución de bloques de recursos de 180 kHz tanto en el enlace ascendente como en el descendente. Un bloque de recursos es un grupo de 12 subportadoras, cada una con 15 kHz de ancho de banda. La dimensión de necesidad en la programación de paquetes es una de las razones de la alta capacidad de LTE. La solución de portadora única de enlace ascendente también está diseñada para permitir un diseño eficiente del amplificador de potencia del terminal, que es relevante para la vida útil de la batería del terminal.

La solución LTE permite la flexibilidad del espectro. La anchura de banda de transmisión puede seleccionarse entre 1,4 MHz y 20 MHz, dependiendo del espectro disponible. El ancho de banda de 20 MHz puede proporcionar una velocidad de datos de usuario de hasta 100,8 Mbps (ignorando el control y la señalización). Esta velocidad de datos puede ser incrementada considerando las técnicas MIMO (Holma & Toskala, 2011). Los esquemas de acceso múltiple se ilustran en la Figura 9.



*Figura 9.* Acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA) y acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA).

Adaptado de (Holma & Toskala, 2011)

### 2.3.3 Arquitectura de red celular

Diferentes redes inalámbricas son especificadas por diferentes organizaciones de estandarización y muestran diferentes arquitecturas. Sin embargo, se puede identificar un marco común en todos los sistemas inalámbricos. Así pues, algunos elementos de la red inteligente se utilizan como base para una arquitectura común a todas las redes inalámbricas. La Figura 10 identifica los principales componentes de un sistema inalámbrico, que se detallan a continuación:

### **2.3.3.1 Estación Móvil**

La estación móvil (MS) termina el trayecto radioeléctrico en el lado del usuario de la red, lo que permite al usuario acceder a los servicios de la red. Incorpora funciones de interfaz de usuario, funciones de radio y funciones de control, con los equipos más comunes implementados en forma de teléfono móvil. Puede funcionar como un dispositivo autónomo o puede aceptar otros dispositivos conectados a él (por ejemplo, máquinas de fax, ordenadores personales, etc.). A tal fin, puede dividirse en el equipo terminal (TE), el adaptador de terminal (TA) y la terminación móvil (MT). Un TE puede ser un fax, una computadora, etc. Un MT es el equipo que realiza las funciones inalámbricas; y un TA funciona como una interfaz entre el TE y el MT.

### **2.3.3.2 Estación Base**

La EB termina el trayecto radioeléctrico en el lado de la red y proporciona conexión a la red. Se compone de dos elementos: Estación Transceptora Base (BTS). La BTS consiste en un equipo de radio (transmisor y receptor) y proporciona la cobertura de radio para una celda o sector determinado.

El Controlador de la Estación Base (BSC) incorpora una capacidad de control para gestionar uno o más radio bases, ejecutando las funciones de interfaz entre las radios bases y la red. El BSC puede ser colocado con un BTS o con un BTS independiente.

### **2.3.3.3 Centro de conmutación móvil**

El Centro de Conmutación Móvil (MSC) proporciona un cambio automático entre usuarios dentro del mismo u otras redes públicas conmutadas, coordinando las llamadas y los procedimientos de encaminamiento. En general, un MSC controla varios BSC, pero también puede servir en diferentes capacidades.

#### **2.3.3.4 Registro de Localización de Visitantes**

El Registro de Localización de Visitantes (VLR) es una base de datos que contiene registros temporales asociados con los suscriptores bajo el estatus de visitante. Se considera que un abonado es un visitante si dicho abonado está siendo atendido por otro sistema dentro de la misma área de servicio local o por otro sistema fuera de la respectiva área de servicio local (en condiciones de itinerancia). La información dentro del VLR se recupera del HLR. Un VLR suele estar ubicada en el mismo lugar que un MSC.

#### **2.3.3.5 Registro de Ubicación Base**

El Registro de Ubicación Base (HLR) es la base de datos principal para el suscriptor doméstico. Mantiene registros de información sobre la ubicación actual del abonado, identificaciones del abonado (número de serie electrónico, identificación de la estación móvil internacional, etc.), perfil del usuario (servicios y características), etc. Un HLR puede estar situado en un mismo lugar con un CSM o puede estar situado de forma independiente del CSM. Incluso puede ser distribuido sobre varios lugares y puede servir a varios MSCs. Un HLR normalmente opera de forma centralizada y sirve a muchas MSCs.

#### **2.3.3.6 Puerta de enlace**

La puerta de enlace (GTW) sirve como interfaz entre la red inalámbrica y la red externa.

#### **2.3.3.7 Punto de control de servicio**

El Punto de Control de Servicio (SCP) proporciona un elemento centralizado para controlar la prestación de servicios a los suscriptores. Es responsable de los servicios de alto nivel que normalmente lleva a cabo el MSC en redes inalámbricas que no utilizan instalaciones de redes inteligentes.

### 2.3.3.8 Punto de transferencia de servicio

El Punto de Transferencia de Servicio (STP) es un dispositivo de conmutación de paquetes que maneja la distribución de señales de control entre diferentes elementos de la red.

Por lo tanto, una red inalámbrica puede dividirse en una Red de Acceso Radioeléctrico (RAN) y una Red Central (CN). En particular, el RAN implementa funciones relacionadas con el acceso radioeléctrico a la red, mientras que el CN implementa funciones relacionadas con el enrutamiento y la conmutación. El RAN comprende el BSC, la BTS, la MT y las funcionalidades de control de los MS. El CN comprende el MSC, HLR, VLR, GTW y otros dispositivos que implementan las funciones de conmutación y enrutamiento.

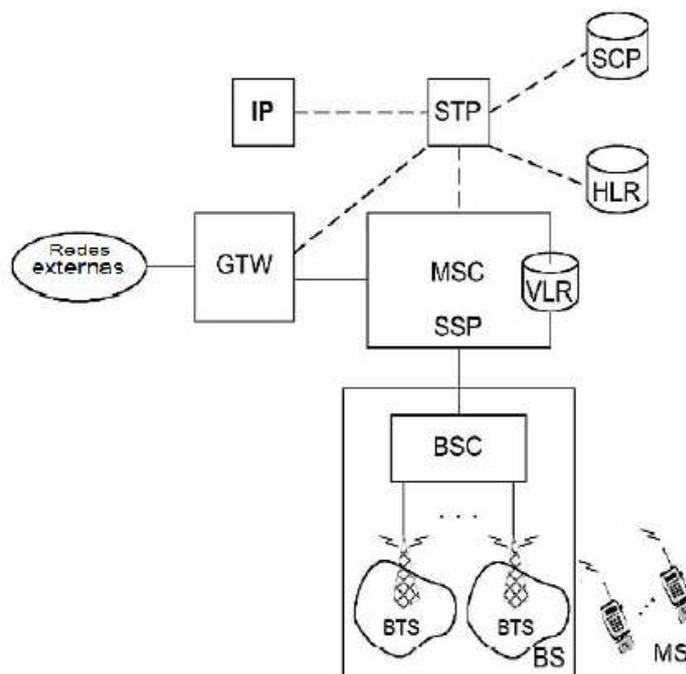


Figura 10. Arquitectura de red celular.

Adaptado de (Yacoub, 2001)

### 2.3.4 Redes celulares disponibles en la ruta de prueba

En toda la ruta seleccionada existe cobertura de redes móviles celulares lo que facilita la transmisión de datos y por ende la conexión del prototipo. La

conexión se la ejecuta mediante sistemas de telefonía móvil que por las características del despliegue de red oscila entre las tecnologías:

- 2G: GSM o Sistema Global para las comunicaciones Móviles.
- 2.5G: GPRS o Servicio general de paquetes vía radio y EDGE o Tasas de Datos Mejoradas para la Evolución del GSM.
- 3G: UMTS o Sistema Universal de Telecomunicaciones móviles.
- 4G: LTE o Evolución a largo plazo.

### **2.3.5 Tecnología Móvil Seleccionada para Implementación del Prototipo**

Considerando que para la operación adecuada del sistema propuesto se requiere una red con buena cobertura a nivel nacional y teniendo en cuenta que el prototipo que se pretende diseñar no demandará un consumo alto de transmisión de datos, se escogió el estándar GSM/GPRS para la implementación del prototipo. Esto considera también aspectos de costo-beneficio dentro de la implementación. Lo dicho será confirmado en próximos capítulos.

Al ser GSM/GPRS la técnica escogida, a continuación se detallan algunos aspectos adicionales sobre este estándar de telefonía móvil celular.

### **2.3.6 Sistemas GSM en el mundo**

Los sistemas GSM funcionan en bandas de frecuencia de alrededor de 900 MHz (GSM-900), 1,8 GHz (GSM-1800) o 1,9 GHz (GSM-1900). GSM-900 es la red celular original GSM inicialmente concebida para servir a grandes áreas (macro celdas) y para operar con terminales de alta potencia. En algunos países de América se emplea el GSM en la banda de 850 MHz (GSM-850). GSM- 1800 y GSM-1900 incorporan los conceptos de servicio de comunicación personal. El GSM-1800 está diseñado para operar en Europa y el GSM-1900 está diseñado para operar en América, y ambos comprenden terminales de baja potencia y sirven a pequeñas áreas (micro celdas). Una nueva revisión de las especificaciones GSM define un sistema E-GSM. En E-GSM, la banda de operación original GSM-900 se extiende y se especifican terminales de menor

potencia y áreas de servicio más pequeñas (micro celdas). GSM-900, E-GSM, GSM-1800, y GSM-1900 comprenden la familia GSM y sus respectivas bandas de operación detalladas en la Tabla 4. El número de canales mostrados en la tabla indica el número máximo posible de canales GSM que se pueden utilizar. El número de canales mostrados en la Tabla 4 indica el número máximo posible de canales GSM de frecuencia dentro de la banda disponible. De hecho, debido a problemas de interferencia, se recomienda una banda de guarda y menos canales son en realidad usados. (Rappaport, 1996)

Tabla 4.

*Bandas GSM.*

<b>Sistema</b>	<b>Canal subida</b>	<b>Canal de bajada</b>	<b>Ancho de Banda del canal</b>	<b>Máximo número de canales</b>
GSM-900	890-915	935-960	200	125
GSM-850	824-849	869-894	200	125
E-GSM	880-915	925-960	200	175
GSM-1800	1710-1785	1805-1880	200	375
GSM-1900	1850-1910	1930-1990	200	375

### **2.3.7 Acceso Múltiple**

GSM es un sistema totalmente digital con una arquitectura de acceso múltiple basada en la tecnología FDMATDMA-FDD de banda estrecha. En base a ello, a continuación, se obtiene el número de canales para los diferentes sistemas GSM.

- GSM-900 y GSM-850 utilizan una banda total de 50 MHz, dividida en dos bandas de 25 MHz, con enlaces ascendentes y descendentes separados por 45 MHz. Con una separación de portadoras (anchura de

banda de la portadora) de 200 kHz, el número máximo de portadoras por sentido es de  $25 \text{ MHz}/200 \text{ kHz} = 125$ .

- El E-GSM añade 10 MHz a la anchura de banda total y, en consecuencia, 50 portadoras a cada dirección de transmisión; se mantiene la separación entre el enlace ascendente y el descendente (45 MHz).
- GSM-1800 utiliza una banda total de 150 MHz, dividida en dos bandas de 75 MHz. Se utiliza la misma separación de portadoras de 200 kHz, lo que lleva a un máximo de  $75 \text{ MHz}/200 \text{ kHz} = 375$  portadoras por sentido, con una separación entre el enlace ascendente y el descendente de 95 MHz.
- GSM-1900 utiliza una banda total de 120 MHz, dividida en dos bandas de 30 MHz. El número de portadoras por trayecto es de  $60 \text{ MHz}/200 \text{ kHz} = 300$ , con una separación entre el enlace ascendente y el descendente de 80 MHz.

En todos los casos, cada portadora es compartida en el tiempo (empleando TDMA) por ocho (8) intervalos de tiempo. Para una mejor comprensión, véase la Figura 11, en la que se emplean 100 kHz como banda de guarda a ambos lados de la banda total.

El esquema de acceso múltiple FDMA-TDMA-FDD permite que el terminal transmita y reciba simultáneamente.

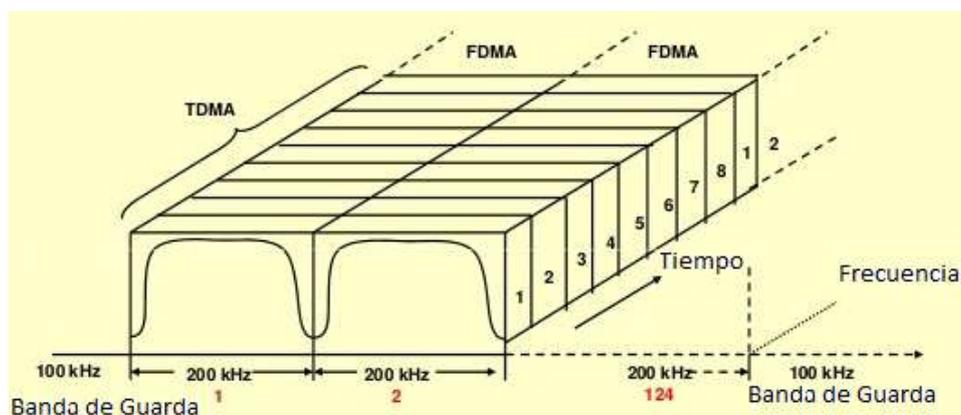


Figura 11. FDMA-TDMA en GSM.

En este caso concreto, la transmisión y la recepción se realizan a través de diferentes operadores. El GSM, por otra parte, adopta la solución de las tramas alineadas en el enlace descendente y ascendente, pero con la referencia temporal del enlace ascendente retrasada en tres intervalos de tiempo con respecto a la referencia temporal del enlace descendente. Esto elimina la necesidad de que el terminal transmita y reciba simultáneamente.

El GSM utiliza dos tipos de canales: canales físicos y canales lógicos. Los canales físicos constituyen el medio físico a través del cual fluye la información.

### 2.3.8 Tasas de transmisión máximas

La estructura de acceso múltiple se define en términos de franja horaria, trama, trama múltiple, super trama e hiper trama, como se ilustra en la Figura 12. Donde:

- Un intervalo de tiempo contiene 156,25 bits y tiene una duración de 577s. Por lo tanto, la duración de bits es de 3,69 s.
- Ocho franjas horarias componen una trama de 4.615 ms. Hay dos tipos de multitramas: tráfico multitrama, con 26 tramas y una duración de 120 ms, y control multitrama, con 51 tramas y una duración de 235,4 ms.
- Del mismo modo, existen dos tipos de supertramas, ambas con la misma duración de 6.12 s: tráfico supertrama, con 51 multitramas, y supertramas de control, con 26 multitramas.
- Finalmente, 2048 supertramas componen un hipertrama (hipertrama de encriptación) con una duración total de 3 h 28 m 53,76 s.

Nota: La estructura de tiempo de GSM es muy elaborada, con definiciones de intervalos de tiempo que van desde un cuarto de bit (900 ns) a 3.394.560.000 bits (3 h 28 m 53,76 s). La velocidad de transmisión GSM (o capacidad máxima) puede obtenerse dividiendo el número de bits por tráfico multitráfico por la duración del tráfico multitráfico. El tráfico multitráfico ( $T_{mt}$ ) es el número de bits por marco y se obtiene de la siguiente manera:

$$T_{mt} = 156.25 \frac{\text{bits}}{\text{intervalo de tiempo}} \times 8 \frac{\text{intervalo de tiempo}}{\text{Trama}} \times 26 \frac{\text{tramas}}{\text{multitramas}}$$

$$T_{mt} = 32500 \frac{\text{bits}}{\text{multitramas}}$$

Luego, la velocidad de transmisión GSM se obtiene como:

$$V_{tx} = \frac{32500 \text{ bits}}{120 \text{ ms}} = 270.8333 \text{ kbps.}$$

En GSM, pueden activarse diferentes servicios de datos con conmutación de circuitos para cada abonado con velocidades de 2,4, 4,8, 9,6 y 14,4 kbps. Estas velocidades de transmisión son suficientes para el prototipo a implementar.

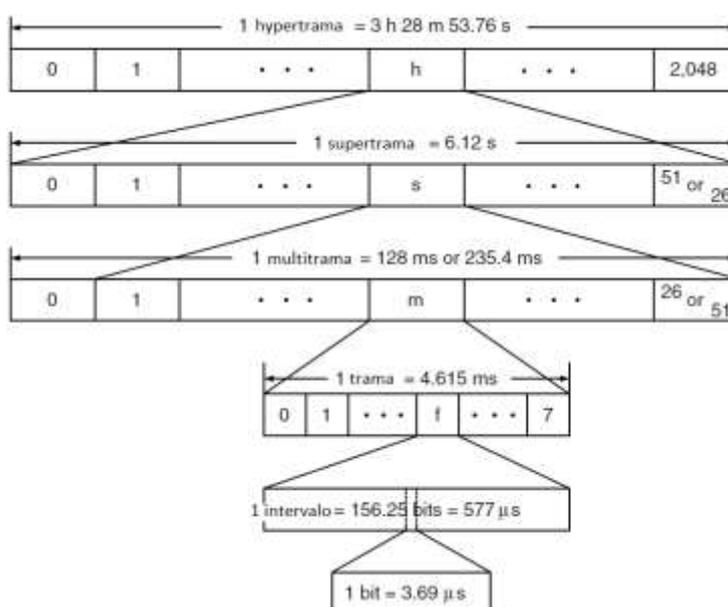


Figura 12. Estructura de tramas en GSM

### 2.3.9 Evolución GSM

#### 2.3.9.1 GPRS

A mediados de los años ochenta, las llamadas de voz eran el servicio más importante en las redes fijas e inalámbricas. Esta es la razón por la que GSM fue inicialmente diseñado y optimizado para la transmisión de voz. Sin embargo, desde mediados de la década de 1990, la importancia de Internet ha ido en constante aumento. GPRS, el servicio general de radiocomunicaciones por paquetes mejoró la norma GSM para transportar datos de forma eficiente y permitió a los dispositivos inalámbricos acceso a Internet. Con tasas de Datos

Mejoradas para la Evolución del GSM (EDGE), se especificaron otros añadidos para mejorar la velocidad y la latencia.

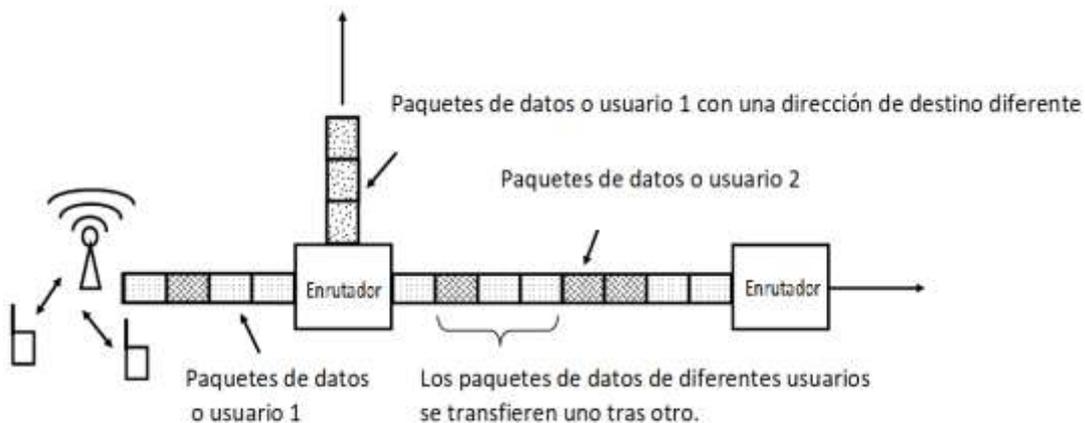
GPRS es un servicio de mejor esfuerzo, que implica un rendimiento y una latencia variables que dependen del número de otros usuarios que comparten el servicio al mismo tiempo, a diferencia de la conmutación de circuitos, cuando una cierta calidad de servicio (QoS) está garantizado durante la conexión. En sistemas 2G, GPRS proporciona velocidades de datos de 56 a 114 kbps por usuario. Una de las principales ventajas de GPRS es que un usuario puede utilizar varias ranuras para transmitir información.

Una asignación de varias franjas horarias se representa como, por ejemplo, 5+2. El primer número es el número de enlace descendente y el segundo es el número de franjas de tiempo de enlace ascendente asignadas para su uso por la estación móvil. GPRS proporciona velocidades de datos de 56 a 114 kbps por usuario.

Mientras que la transmisión de datos con conmutación de circuitos es ideal para las transmisiones de voz, hay una serie de desventajas significativas para la transmisión de datos con uso de ancho de banda variable. La navegación web es una aplicación típica con un uso variable o de ancho de banda desbordado. Para enviar una solicitud a un servidor web y recibir la página web, se desea tanto ancho de banda como sea posible para permitir que la página web se reciba lo más rápidamente posible. Como el ancho de banda de un canal con conmutación de circuitos es constante, no hay posibilidad de que aumente la velocidad de transmisión de datos mientras se descarga la página. Una vez recibida la página, no se intercambian datos mientras el suscriptor lee la página. La necesidad de ancho de banda durante este tiempo es cero y los recursos simplemente no se utilizan y, por lo tanto, se desperdician.

Para aplicaciones de datos en modo ráfaga, sería mucho mejor solicitar recursos para enviar y recibir datos y para que los recursos sean liberados nuevamente después de la transmisión, como se muestra en la Figura 13. Este método de envío de datos se denomina conmutación de paquetes. Así, GPRS emplea la transmisión de datos por conmutación de paquetes. Como ya no hay

una conexión lógica de extremo a extremo, cada paquete tiene que contener un encabezado. La cabecera, por ejemplo, contiene información sobre el remitente (dirección de origen) y el receptor (dirección de destino) del paquete. Esta información se utiliza en la red para enrutar los paquetes a través de los diferentes elementos de la red. En Internet, por ejemplo, las direcciones de origen y de destino son las direcciones de protocolo de Internet (IP) de los usuarios emisor y receptor. (Sauter, 2017)



*Figura 13.* Transmisión de datos por conmutación de paquetes.

Adaptado de (Sauter, 2017)

GPRS amplía las capacidades de conmutación de circuitos de datos de paquetes GSM y ofrece los siguientes servicios posibles:

- Mensajería y difusión de SMS
- Siempre con acceso a Internet
- Servicio de mensajería multimedia (MMS)
- Pulsar para hablar con el teléfono celular (PoC)
- Mensajería instantánea y presencia inalámbrica en la aldea
- Aplicaciones de Internet para dispositivos inteligentes a través del protocolo de aplicación inalámbrica (WAP)
- Servicio punto a punto (P2P): interconexión con Internet (IP)
- Servicio punto a multipunto (P2M)

- Llamadas multidifusión punto a multipunto y llamadas de grupo punto a multipunto
- Si se utiliza SMS sobre GPRS, la velocidad de transmisión de SMS puede ser de unos 30 mensajes SMS por minuto. Esto es mucho más rápido que usar el SMS ordinario sobre GSM, cuya velocidad de transmisión de SMS es de 6 a 10 mensajes SMS por minuto.

### **2.3.9.2 EDGE**

Velocidades de datos mejoradas para la evolución de GSM (EDGE) (también conocida como GPRS mejorada (EGPRS), o IMTT) Mono portadora (IMT-SC), o velocidades de datos mejoradas para la evolución global, es una tecnología de telefonía móvil digital que permite mejorar las velocidades de transmisión de datos como una extensión de GSM compatible con versiones anteriores. EDGE es considerada una tecnología de radio pre-3G y forma parte de la definición 3G de la UIT. EDGE se desplegó en redes GSM a partir de 2003, inicialmente por Cingular (ahora AT&T) en los Estados Unidos. (Sauter, 2017)

Además de la modulación por desplazamiento mínimo gaussiano (GMSK), el EDGE utiliza la modulación por desplazamiento de fase de 8 MDP-4 de orden superior (8 MDP-4). EDGE produce una palabra de 3 bits para cada cambio en la fase portadora. Esto triplica de manera efectiva la velocidad de datos ofrecida por GSM. EDGE, al igual que GPRS, utiliza un algoritmo de adaptación de velocidad que adapta el esquema de modulación y codificación (MCS) en función de la calidad del canal radioeléctrico, la velocidad binaria y la robustez de la transmisión de datos. Introduce una nueva tecnología que no se encuentra en GPRS, la Redundancia Incremental, la cual, en lugar de retransmitir paquetes alterados, envía más información de redundancia para ser combinada en el fichero receptor. Esto aumenta la probabilidad de una decodificación correcta. EDGE puede transportar hasta 236 kbps para 4 intervalos de tiempo. El máximo teórico es de 473,6 kbps para 8 intervalos de tiempo en modo paquete. Esto significa que puede manejar cuatro veces más tráfico que el GPRS estándar. (Yacoub, 2001)

### 2.3.10 GSM en el Ecuador

En mayo de 2003, CONECEL pasó del Sistema Telefónico Móvil Avanzado (AMPS) a la tecnología GSM global, operando en la banda de 850 MHz. A finales de ese mismo año, concluye con la instalación y configuración del soporte de datos GPRS/EDGE. En 2006 consigue la concesión de espectro de 10 MHz en la Banda de 1900 MHz, donde también se utiliza el GSM. Además, OTECEL adoptó GSM, GPRS y EDGE como se muestra en la Figura 14 acerca del despliegue de señal 2G en el Ecuador.



Figura 14. Despliegue de señal 2G en Ecuador.

Adaptado de (Arcotel, s.f)

## 2.4 Servicios Asociados

### 2.4.1 Sistemas electrónicos de telecomunicaciones

Los sistemas electrónicos se constituyen en la base de los proyectos tecnológicos que se basan en la recopilación de datos, medición de los resultados, y la conexión por diferentes medios de comunicación como por ejemplo los medios móviles. Así, los sistemas de telecomunicaciones permiten colocar la información disponible en tiempo real para empleo de los usuarios.

El principal objetivo al emplear este tipo de sistemas electrónicos es el de conectar elementos o dispositivos hacia el internet. Esto se conoce como IoT que es un concepto que se detalla como la interconexión de los objetos o elementos a través de un medio digital.

### **2.4.2 Cobertura de red en la ruta de pruebas**

En el sector tenemos cobertura con las tres principales redes de operadores a nivel nacional. Por lo tanto, podemos escoger cualquiera de las operadoras para proveer conectividad al dispositivo propuesto. Es importante indicar que el prototipo implementado puede operar siempre que exista cobertura celular. Considerando que las tecnologías 2G y 2.5G son aquellas que tienen mayor cantidad de radio bases desplegadas en el Ecuador (y el mundo) (Arcotel, s.f). Se optó por utilizar un dispositivo (tarjeta) que se conecte a este tipo de redes celulares. Así, el operador seleccionado es transparente para el correcto funcionamiento del prototipo implementado.

## **3. CAPITULO III. ANALISIS DE TECNOLOGÍAS**

En este capítulo se realiza el análisis de tecnologías de todos los componentes necesarios para la implementación. Para continuar con la implementación de todo el sistema que compone la solución planteada, es necesario especificar los dispositivos y mecanismos que componen el prototipo electrónico pasando por la aplicación web de administración hasta la aplicación móvil. La Figura 15 detalla el funcionamiento del proyecto con la combinación de todas las tecnologías usadas detalladas a continuación.

El proceso inicia con que el prototipo, el cual cuenta con un módulo Arduino programado para recibir datos desde el módulo de GPS y GPRS. Posterior, mediante el módulo GPRS obtener una dirección pública IP por el cual se podrá transmitir los datos de ubicación los cuales se almacenarán en el servidor web.

El servidor Web mediante sentencias de programación almacena y consulta los datos almacenados en la base de datos.

El tercer paso del proceso es el que interviene el dispositivo móvil el cual tiene acceso a internet para realizar consultas de los datos del dispositivo dando la ubicación precisa para conocer la distancia y el recorrido del mismo.

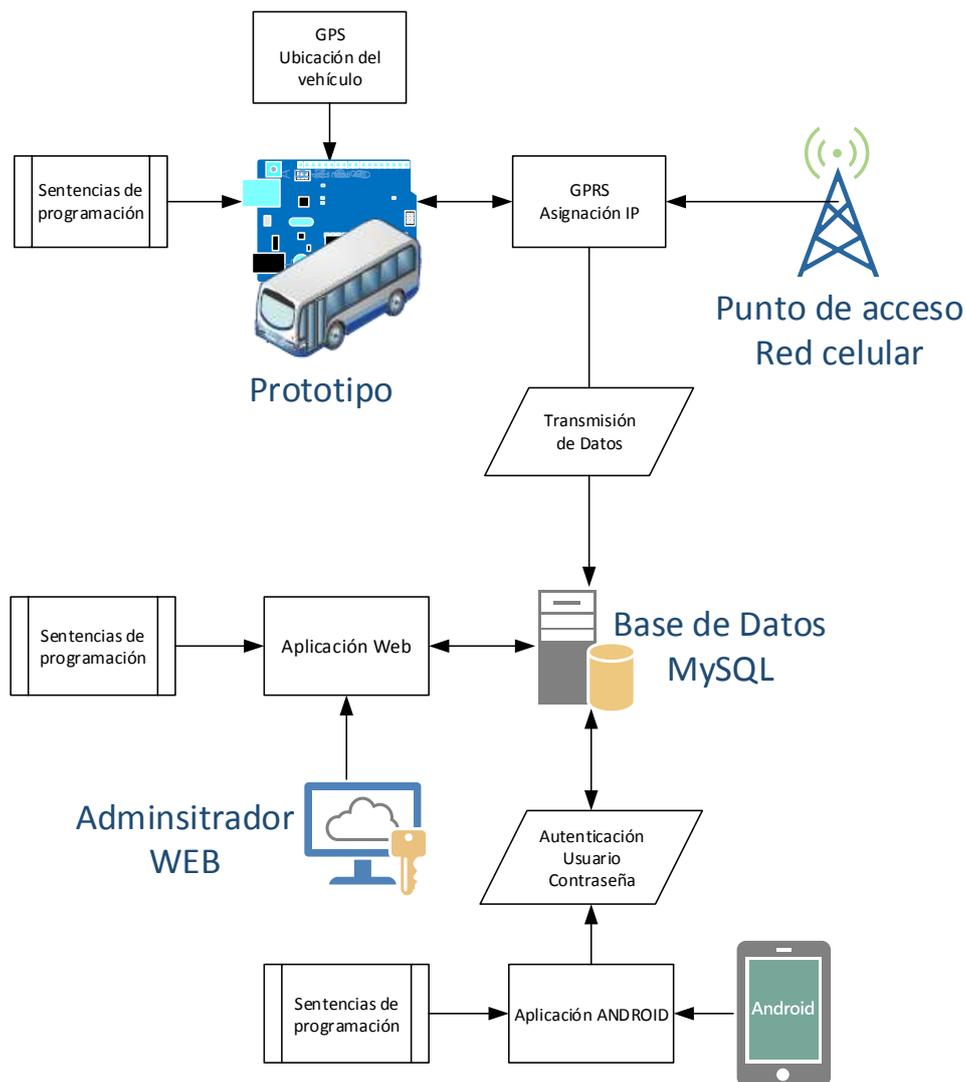


Figura 15. Esquema Macro de la Plataforma propuesta

### 3.1 Sensores

#### 3.1.1 Sistema de posicionamiento global

El Sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema para determinar la latitud, longitud y altura de la ubicación de cualquier dispositivo electrónico. Este sistema electrónico permite calcular la ubicación de un dispositivo en base a la triangulación matemática de un sitio. Con este fin, el dispositivo electrónico y el satélite se comunican en base a radiofrecuencia.

Para definir el uso del módulo GPS es necesario realizar un análisis en base a la herramienta FODA donde se indica características de los módulos GPS que

se encuentran actualmente en el mercado, donde se verifica el mejor costo referencial, su precisión mediante el Sistema de coordenadas geográficas Mundiales (WGS-84), la sensibilidad y el tamaño del dispositivo. Con esta información se obtiene un promedio de los valores obtenidos, resultando la selección efectiva del mejor módulo GPS en base a la cuantificación de sus cualidades. Lo expresado se puede observar en la Tabla 5 y está descrito con mayor detalle en el anexo 6 del presente documento. El cálculo para obtener los valores expresa la cuantificación del cruce del promedio de:

1. **Promedio de Fortalezas – Oportunidades =**  

$$\frac{\text{Fortaleza 1 vs Oportunidad 1} + \text{Fortaleza 2 vs Oportunidad 2} + \text{Fortaleza 3 vs Oportunidad 3} + \text{Fortaleza 4 vs Oportunidad 4}}{4}$$
2. **Promedio de Fortalezas – Amenazas =**  

$$\frac{\text{Fortaleza 1 vs Amenaza 1} + \text{Fortaleza 2 vs Amenaza 2} + \text{Fortaleza 3 vs Amenaza 3} + \text{Fortaleza 4 vs Amenaza 4}}{4}$$
3. **Promedio de Debilidades – Oportunidades =**  

$$\frac{\text{Debilidades 1 vs Oportunidad 1} + \text{Debilidades 2 vs Oportunidad 2} + \text{Debilidades 3 vs Oportunidad 3} + \text{Debilidades 4 vs Oportunidad 4}}{4}$$
4. **Promedio de Debilidades – Amenazas =**  

$$\frac{\text{Debilidades 1 vs Amenazas 1} + \text{Debilidades 2 vs Amenazas 2} + \text{Debilidades 3 vs Amenazas 3} + \text{Debilidades 4 vs Amenazas 4}}{4}$$
5. **Análisis cuantitativo FODA =**  

$$\text{Promedio de Fortalezas – Oportunidades} + \text{Promedio de Fortalezas – Amenazas} + \text{Promedio de Debilidades – Oportunidades} + \text{Promedio de Debilidades – Amenazas}$$

Tabla 5.

Análisis cuantitativo FODA, Módulo GPS.

Consideraciones analizadas del módulo GPS	Módulo GPS modelo: Neo 6	Módulo GPS modelo: Neo 7m
Fortalezas -Oportunidades	2,4	3,3

Fortalezas -Amenazas	2,9	3,0
Debilidades - Oportunidades	3,3	2,9
Debilidades - Amenazas	3,3	2,8
ANALISIS CUANTITATIVO FODA	12,0	11,9

Basado en los resultados de la Tabla 5 se puede establecer que el módulo con las mejores características para el proyecto es el GPS Neo6, debido a que presenta rasgos propios de acuerdo con el GPS Neo 7 el cual no cuenta con la precisión de ubicación de sistema de coordenadas WGS-84. En el prototipo propuesto, el GPS permite determinar la ubicación del módulo y enviarla hacia un servidor *web*.

El modelo GPS Neo6MV2 que se empleó se muestra en la Figura 16. El mismo permite realizar conexiones directas con los datos de Google e incorporar mediante comandos la conectividad con el módulo Arduino. (Arduino, 2018)



*Figura 16.* Módulo Neo6MV2 control de GPS, imágenes físicas

Tomado de (Arduino, 2018)

### 3.1.2 Servicio General de Paquetes vía Radio

Para la selección del módulo de Servicio General de Paquetes vía Radio (GPRS) consideramos los dos módulos GPRS disponibles en el mercado, donde mediante el uso de la herramienta FODA se verifica características de los dispositivos como consumo de corriente eléctrica, tiempos de activación y comunicación serial. Con esta información se obtiene un promedio de los valores obtenidos, resultando la selección efectiva del mejor módulo GPRS 900 en base a la cuantificación de sus cualidades. Lo expresado se puede observar en la Tabla 6 y su análisis cuantitativo y cualitativo se muestra con detalle en el anexo 8.

Tabla 6.

*Análisis cuantitativo FODA, Placa GPRS.*

<b>Consideraciones módulo GPRS</b>	<b>analizadas</b>	<b>del</b>	<b>Módulo GPRS modelo 808</b>	<b>Módulo GPRS modelo900</b>
Fortalezas –Oportunidades			1,6	3,3
Fortalezas –Amenazas			3,1	4,0
Debilidades - Oportunidades			2,9	3,7
<b>Consideraciones módulo GPRS</b>	<b>analizadas</b>	<b>del</b>	<b>Módulo GPRS modelo 808</b>	<b>Módulo GPRS modelo900</b>
Debilidades - Amenazas			3,4	3,4
ANALISIS CUANTITATIVO FODA			10,9	14,3

Como se puede observar en la Tabla 6, el módulo con las mejores características para el proyecto es el GPRS modelo 900, por presentar mejoras características en relación al módulo GPRS modelo 808 el cual se caracteriza por un alto consumo de energía, lo cual es desfavorable para este proyecto.



Figura 17 - SIM 900.

Tomado de (Prometec, s.f)

## 3.2 Módulos

### 3.2.1 Arduino

Arduino es una placa electrónica que permite la manipulación de un micro controlador con componentes libres y facilidad de uso en relación con componentes de hardware y software (Arduino, 2018).

Para establecer el módulo Arduino a utilizar se considera nuevamente la herramienta FODA donde se incluyen las características de los módulos Arduino disponibles en el mercado verificando las características como: costo referencial, consumo de corriente eléctrica y tamaño. Con esta información se obtiene un promedio de los valores obtenidos, resultando en la selección efectiva del módulo Arduino en base a la cuantificación de sus cualidades. Lo expresado se puede observar en la Tabla 7 y describe con mayor detalle en el Anexo 4. Basado en los resultados mostrados en la tabla, se puede definir que

el módulo a utilizar para el prototipo es el Arduino Nano debido a que presenta las mejores características.

Tabla 7.

*Análisis cuantitativo FODA, Módulo Arduino.*

<b>Consideraciones analizadas del Arduino</b>	<b>Arduino micro</b>	<b>Arduino nano</b>	<b>Arduino uno</b>
Fortalezas -Oportunidades	2,4	3,3	3,3
Fortalezas -Amenazas	2,9	3,5	3,5
Debilidades - Oportunidades	3,2	3,0	3,1
Debilidades - Amenazas	2,8	3,2	2,9
<b>ANALISIS CUANTITATIVO FODA</b>	<b>11,3</b>	<b>13,0</b>	<b>12,8</b>

El Arduino nano que se muestra en la Figura 18 contiene un microcontrolador ATmega328 con una entrada mini – USB que permite cargar el código por USB o comunicación serial. (González, 2013). El Arduino nano posee 14 puertos digitales de entrada y salida, 8 puertos analógicos, una memoria de 16 KB, y 512 bytes de EPROM.



Figura 18. Arduino Nano, imagen física.

Tomado de (Arduino, 2018)

La compatibilidad de Arduino se sustenta debido a que existen componentes complementarios que permiten la conexión del microcontrolador con varias interfaces o módulos para diferentes usos y aplicaciones. La conexión de módulos se la ejecuta mediante placas modulares que permiten el vínculo del módulo GPS y el módulo GPRS facilitando la comunicación del receptor de señal de posicionamiento global y las comunicaciones de paquetes por radio.

### **3.2.2 Módulo GPS**

Para determinar la ubicación de forma precisa es necesario el uso del módulo GPS NEO-6, este módulo se caracteriza por su pequeño tamaño, bajo costo y poco consumo de energía; lo que permite dotar al módulo Arduino la capacidad de recibir señales GPS.

El geo localizador NEO-6, es un dispositivo compacto de bajo consumo energético y permite obtener datos de posicionamiento global como las coordenadas en latitud y longitud. Este geo localizador necesita un cierto tiempo para realizar la vinculación y sincronización con los satélites disponibles. El módulo GPS NEO-6 consta de 4 interfaces como son: recepción, transmisión, alimentación de 5v y 0v.

Para la obtención de los datos y posterior envío al módulo de Arduino es necesario contar con la librería *Tiny GPS*, la cual posee métodos y funciones prácticas para la extracción de la posición, fecha, hora, altitud, velocidad y rumbo donde se encuentra el dispositivo. Esta biblioteca contiene varios objetos y funciones que se detallan a continuación:

- Ubicación
- Fecha
- Tiempo de sincronización, tiempo de reloj
- Velocidad
- Curso

- Altitud
- Satélites

### 3.2.3 SIM Arduino

Una vez establecida la plataforma (Arduino), es necesario emplear un módulo para realizar la comunicación con la red de telefonía móvil. El módulo disponible en el mercado es el SIM900, el cual es una placa compacta que se encuentra basada en el chip SIM900 y por lo tanto trabaja en las frecuencias:

- 850 MHz
- 900 MHz
- 1800 MHz
- 1900 MHz

Este módulo permite realizar llamadas de voz, envío de mensajes y la opción de conexión a internet, consumo de energía bajo en reposo de 1,5 mA. Este módulo permite la inserción de la tarjeta de Módulo de Identidad del Suscriptor (SIM) y por lo tanto puede ser utilizado con cualquiera de las 3 operadoras más grandes del país.

De manera particular, este módulo permite diversos tipos de comunicación entre los que se menciona:

- Envío y recepción de datos por mensajes de texto.
- Envío y recepción de datos mediante GSM/GPRS.
- Envío y recepción de datos por los protocolos TCP/IP.

La comunicación entre el microcontrolador y el módulo GPRS se realiza mediante una interfaz serial y comandos AT. Los comandos AT son instrucciones codificadas que permiten la comunicación con los *módems*, esta comunicación fue adoptada por todos los terminales GSM.

Este módulo permite usar Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet (TCP/IP), por lo cual existen facilidades para la creación de aplicaciones que se conectan a internet, esta información es enviada por comandos AT.

### **3.3 Software**

#### **3.3.1 Android Studio**

Existen varias herramientas para el desarrollo de aplicaciones móviles con un entorno de programación sencillo, entre estas están Eclipse con el *plugin* ADT y Android Studio. Estas dos herramientas poseen un emulador para la ejecución de ambientes virtualizados de sistemas operativos Android. A partir de diciembre del año 2014, con la primera versión de Android Studio, pasó a ser el entorno oficial y recomendado para el desarrollo de las aplicaciones.

Debido a que se eligió el sistema operativo Android, se usa también el lenguaje de programación *JAVA*, con esto el Android SDK proporciona todas las herramientas e Interfaces de Programación de Aplicaciones (API's) necesarias para el desarrollo de aplicaciones móviles.

##### **3.3.1.1 Android SDK**

El SDK o Kit de desarrollo del software de Android es el responsable por las bibliotecas API y las herramientas de desarrollo. Con estos instrumentos es posible crear y depurar las aplicaciones Android. Esta herramienta contiene todas las versiones del sistema operativo, utilitarios y funcionalidades.

El SDK compilará la aplicación con todos los recursos y ficheros en una sola aplicación ejecutable .apk. Así se podrá instalar y ejecutar la aplicación en cualquier dispositivo Android.

##### **3.3.1.2 IDE Android Studio**

Es un entorno de programación gráfico creado como programa de aplicación, donde existe:

1. Editor de código: editor de texto que funciona para alterar el código.
2. Constructor de interfaz gráfica: facilita el diseño de interfaces con gráficos.
3. Depurador: líneas de código que interpretan errores en el código programado.
4. Compilador: traductor de lenguaje programado a lenguaje de máquina.

### **3.3.1.3 Google Maps API para Android**

Esta herramienta que forma parte de la librería de *Google Play Services* es una librería que ofrece Google para los desarrolladores; esta librería facilita el desarrollo de aplicaciones y permite mostrar la ubicación de un dispositivo en un mapa a través de marcadores o puntos permitiendo una interacción con el dispositivo cuando se mueve en el mapa, además estas API's permiten la generación de polilíneas, estas consisten en una serie de segmentos conectados por vértices creada por dos puntos en un mapa en donde se indica la ruta establecida.

### **3.3.2 MySQL**

MySQL es un sistema para administrar bases de datos de manera eficiente, con esta herramienta se posee facilidad de acceso a páginas web dinámicas y a sistemas de transacción en línea. Gracias a la facilidad de uso, la base de datos se integra fácilmente con servicios web lo que permite almacenar fácilmente información y usarla. Por ejemplo, en el prototipo propuesto la base de datos es implementada en un alojamiento *web* para una rápida administración.

Como se muestra en la Figura 19, el portal de modelamiento de datos en base a tendencias e indicadores coloca a la base de datos MySQL en segundo lugar por facilidad de configuración, calidad del soporte, facilidad de administración en el mercado tecnológico.

Considerando que en primer lugar en el ranking se encuentra Microsoft SQL Server y en tercer lugar Oracle pero en sus versiones pagadas dando mejores resultados del rendimiento pero con la desventaja del licenciamiento desde su versión más básica. Por el contrario MySQL se ubica en el segundo lugar en su versión completa de calidad Libre.

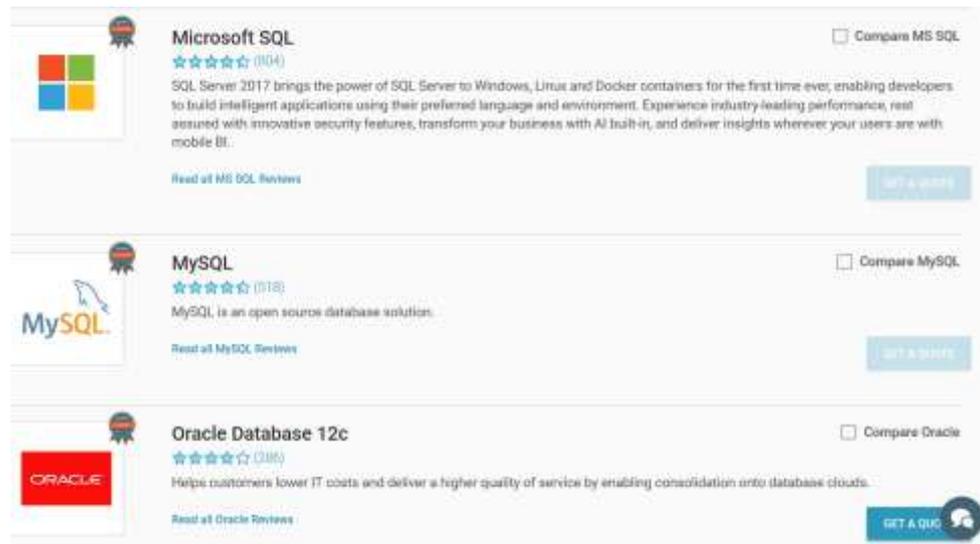


Figura 19. Top de sistemas bases de datos en tendencia, top 2 - MySQL. Tomado de (CROWD, 2018)

#### 4. CAPITULO IV. DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN

En este capítulo se realiza el diseño de la red de comunicación de los dispositivos que componen el proyecto. Además, es necesario definir el tipo de comunicaciones usadas, así como las etapas de comunicación que permitirá el correcto funcionamiento del sistema planteado.

Para el diseño de la red de comunicación se consideró la información establecida en los capítulos I y II. Con esta información se objetiva que la comunicación empleada es la red de telefonía móvil con la tecnología GSM, GPRS.

##### 4.1 Diagrama de red

En la Figura 20 se muestra el funcionamiento basado en las conexiones de red establecidas.

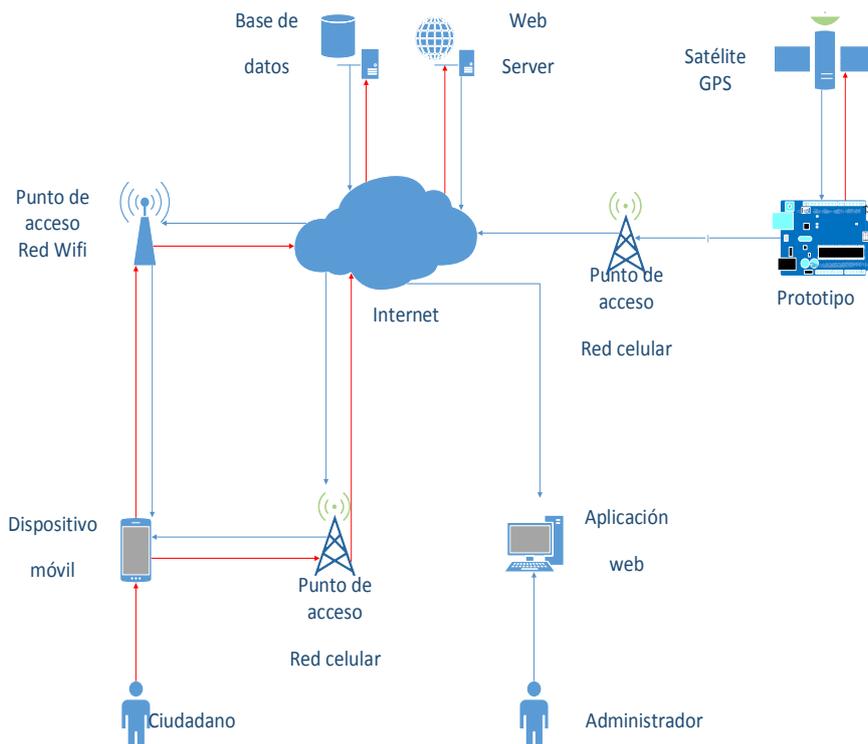


Figura 20. Diagrama de comunicación de red

## 4.2 Etapas de comunicación

Para explicar las etapas de comunicación es necesario conceptualizar rápidamente dos aspectos importantes:

**Nombre del punto de acceso (APN):** Permite conectarse mediante un nombre específico con el proveedor de internet móvil mediante la autenticación estándar de conexión a internet. La configuración APN en el presente proyecto se encuentra aplicada para CLARO – CONECEL S.A en la configuración estándar del prototipo el APN equivale a: internet.claro.com.ec.

**Alojamiento web:** Permite el alojamiento web en un servicio externo prestado por una empresa que alquila su infraestructura de red, hardware y software para alojar servicios web. El servicio permite el almacenamiento de los datos enviados por el prototipo electrónico mediante internet y facilita la consulta de las interfaces, la aplicación móvil y la página web de monitoreo. Con estas consideraciones la comunicación presenta las siguientes opciones:

El ciudadano podrá hacer uso de la aplicación móvil (explicada en el capítulo V) por medio del dispositivo celular con acceso a la red celular.

El dispositivo celular se conectará a la red móvil mediante conexiones al APN de la red celular requerida, mediante esta conexión se puede realizar consultas a los servicios web para posterior obtener los datos capturados por el prototipo electrónico.

Conexión a internet, los puntos de acceso se comunicarán con las respectivas rutas de acceso al servidor web. La conexión a internet es necesaria porque los datos se transmiten hacia el servidor web desde el prototipo electrónico.

Acceso a base datos, el servidor web se comunica con la base de datos ubicada dentro del mismo alojamiento web, este permitirá el almacenamiento de todos los datos, mismos que se detalla en el capítulo V.

Acceso al servidor web, el servidor web tendrá comunicación con las aplicaciones desarrolladas en PHP para recibir, procesar y enviar información.

Obtención de datos del GPS, el prototipo posee un módulo de GPS el cual recoge información solicitada y enviada por los satélites que proveen este servicio.

Acceso a la red celular, el prototipo se conectará a la red móvil mediante conexiones al APN de la red celular CLARO. Esta conexión se realiza a través de la red GPRS la misma que permite la transmisión de los datos capturados por los sensores que conforman el prototipo.

## **5. CAPITULO V. DISEÑO DEL PROTOTIPO ELECTRÓNICO**

Para la optimización de los dispositivos planteados en el capítulo II es necesario realizar un esquema del circuito electrónico en un ambiente de simulación para la verificación de puertos, consumo de corriente eléctrica y etapas que componen el proceso de funcionamiento del prototipo electrónico.

Para el diseño del circuito electrónico es necesario considerar ciertos aspectos propios de cada componente. El componente principal que mantiene la

conexión entre los dos elementos secundarios (GPS y GPRS) es el Arduino Nano detallados en el capítulo II del presente documento. Además, para realizar el diseño del prototipo se usó el simulador Proteus el cual permite verificar la conectividad y funcionalidad de cada uno de los componentes a usar.

### **5.1 Etapas de funcionamiento del prototipo electrónico**

Para dar a conocer de forma generalizada el proceso de conectividad de los componentes activos y pasivos del circuito electrónico, es necesario indicar que el proceso se ejecuta en 4 fases detalladas a continuación:

**Fase 1**, en la fase uno se configura la fuente de corriente directa LM2596, permitiendo las fases de una fuente de alimentación de voltaje. La fuente en mención predispone un voltaje nominal de 3V en relación con una alimentación de entrada de entre 3V a 40V. Para el funcionamiento en el vehículo se puede hacer uso del encendedor de cigarrillos ya que se posee un adaptador que permite la alimentación estándar de 12V en DC. Además, lo importante es el voltaje de salida, siendo este un voltaje variable desde 1,25V hasta los 35V. En conclusión, esta etapa permite mantener un voltaje regulado en base a un voltaje de entrada mayor mediante el uso de la fuente de corriente directa LM2596 que permite la variación de voltaje a la necesidad de los componentes internos del prototipo.

**Fase 2**, en la fase 2 se contempla la programación en la tarjeta Arduino NANO, la cual permite capturar los datos del sensor GPS, así como el envío de datos mediante el módulo SIM 900 al servidor web y posterior registro en la base de datos.

**Fase 3**, en esta fase se obtiene la ubicación mediante coordenadas de longitud y latitud recopiladas del sensor GPS del lugar donde se encuentra ubicado el prototipo.

**Fase 4**, en esta fase el módulo SIM 900 hará uso de la red GPRS, donde el proveedor de la red celular asigna una IP pública, la cual permite la comunicación con el servidor web y base de datos.

## 5.2 Esquema electrónico

Con la ayuda del simulador Proteus (versión 8) se puede obtener una simulación inicial para mejorar la conexión y obtener un uso correcto de los dispositivos periféricos pasivos como se muestra en la Figura 21.

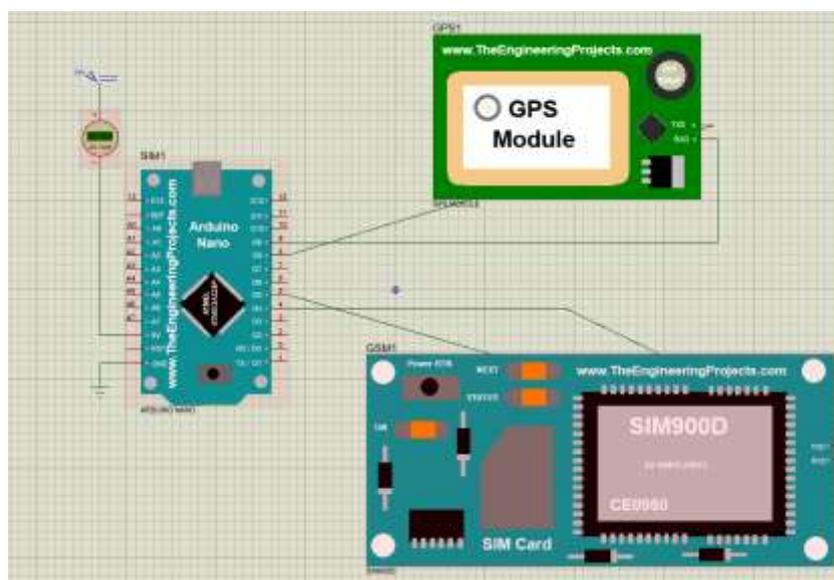


Figura 21 Simulación Proteus 8, prototipo electrónico.

## 5.3 Diagrama Esquemático

Para la implementación del circuito electrónico del prototipo es imprescindible considerar el consumo de corriente eléctrica de todos los componentes debido a que el consumo referencial varía de acuerdo al funcionamiento de los distintos dispositivos internos del prototipo, un ejemplo claro de esta diferencia de corriente es cuando el módulo SIM 900 definido en el capítulo II del presente documento, el cual permanece en estado de funcionamiento normal (pasivo) a 1,5 mA (Anexo 8), pero varía en el funcionamiento de envío aproximadamente 2,5 mA y recepción a 1,2 mA. El envío de datos se ejecuta mediante comandos AT descritas en el capítulo II en la descripción del SIM Arduino, dichos comandos deberán ser definidos en la programación del Arduino Nano para

habilitar la transmisión de caracteres que contemplen la nomenclatura de comandos AT para envío y recepción de datos como la ubicación del GPS Neo6m como se puede observar a continuación en la Figura 22.

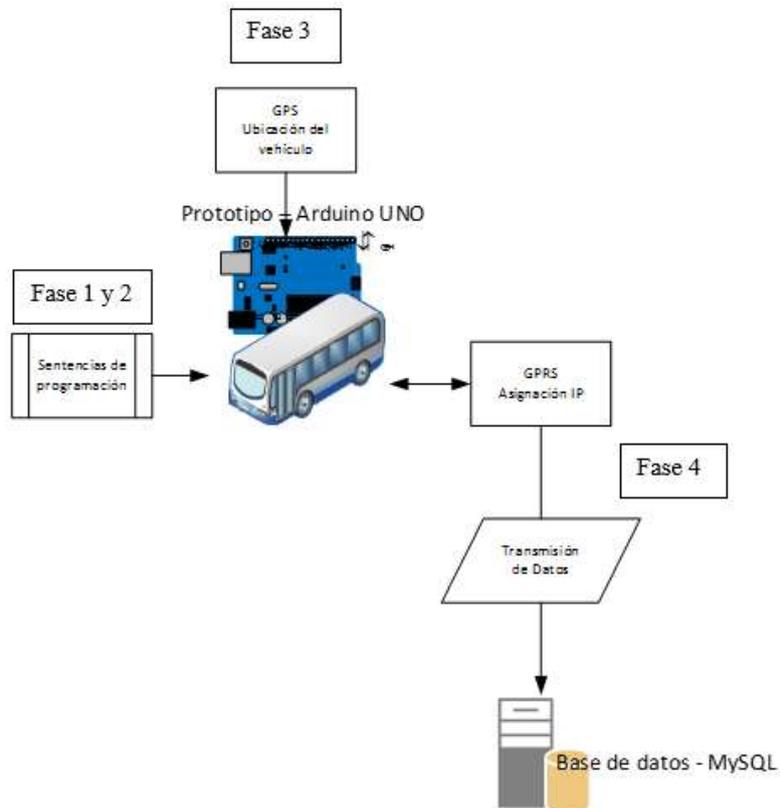


Figura 22. Diagrama de funcionamiento, prototipo electrónico.

Como se puede observar en la Figura 22 las cuatro fases que contemplan el proceso de recepción, geolocalización y envío de datos establecen una combinación precisa entre los componentes del prototipo (Arduino Nano, SIM 900, GPS Neo 6) y equipos externos (Equipos celulares móviles, Base de datos y servidor web).

## 6. CAPITULO VI. DISEÑO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

Luego de diseñar la red de comunicaciones y el prototipo electrónico, es necesario contar con la herramienta para interpretar los datos recibidos por el prototipo electrónico y enviarlos mediante la red de comunicación hacia el

dispositivo móvil de consulta. Resultando en una interfaz de comunicación de software para interpretación de datos.

## **6.1 Interfaz Móvil**

La interfaz móvil fue desarrollada en la plataforma Android en la versión 3.1.1, siendo este software de código abierto basado en Linux, el cual permite la interacción entre el servidor *web* y los datos capturados por el prototipo permitiendo una alta variedad de uso en dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado.

La solución creada es amigable con el usuario, pues posee plantillas que facilitan la interacción entre las consultas de los datos alojados en el servidor *web*, además de cumplir requisitos mínimos de funcionalidad, manejabilidad y trazabilidad. Conceptos que son parametrizables en tres plantillas principales:

- Autenticación del usuario
- Elección de ruta
- Mapa con ubicación del bus en ruta escogida

A continuación, el diagrama general del funcionamiento sobre las interfaces del usuario, detallado por cada uno de las plantillas. La aplicación fue generada para obtener los datos enviados y almacenados en el servidor *web*. En la Figura 23 se muestra el funcionamiento.



Figura 23. Diagrama de bloques de la aplicación móvil

### Explicación del diagrama de bloques de la aplicación móvil

**Iniciar Sesión**, en este proceso estará disponible una plantilla para el ingreso de credenciales que permiten el acceso a la aplicación móvil, se valida con los siguientes pasos:

- Ingreso de usuario y contraseña.

- Envío de credenciales a servidor web para validación.
- Respuesta de servidor web para permitir acceso.
- Ingreso a aplicación y habilitación de plantilla con rutas.

**Cargar rutas establecidas por el Administrador**, en este subproceso la aplicación móvil consulta al servidor web todas las rutas y responde con las rutas disponibles mostrándolas en una lista en la cual podrá escoger la necesaria.

**Elegir ruta necesaria**, en este proceso se deberá elegir la ruta necesaria.

**Cargar mapas**, una vez escogida la ruta, la aplicación móvil cargará el mapa de Google, valida con los siguientes pasos:

- Comunicación con Maps de Google.
- Validación de llaves para aplicaciones de desarrollo de Google.
- Permitir la carga de mapas de Google con API predefinida.

**Obtener ubicación GPS de celular**, el dispositivo que tenga instalada la aplicación móvil debe poseer permisos habilitados para el acceso al GPS para obtener la ubicación precisa del mismo y adquirir la comparación entre el dispositivo y el prototipo electrónico.

**Posicionar celular en el mapa**, en este proceso una vez que se cuenta con la ubicación del dispositivo, este tiene que ser ubicado en latitud y longitud sobre el mapa; esto se realiza mediante comandos *Marker*.

**Obtener ubicación del prototipo**, en este subproceso cuando se obtiene la ubicación del GPS del dispositivo móvil es necesario ubicar el prototipo electrónico en la ruta seleccionada; esto se realizará con los siguientes pasos:

- Enviar a servidor web los datos de identificación del prototipo dependiendo de la ruta seleccionada.
- Respuesta de servidor web con la latitud y longitud del prototipo.

**Posicionar prototipo en mapa**, en este subproceso el prototipo será ubicado en el mapa previamente cargado mediante la latitud y longitud mediante objetos de API Google para graficar iconos de ubicación.

**Obtener ubicación prototipo cada 5 segundos**, es este subproceso permite un ciclo de actualización para la ubicación mediante los siguientes pasos:

- Enviar a servidor web los datos del identificador del prototipo dependiendo de la ruta seleccionada.
- Respuesta de servidor web con la latitud y longitud del prototipo el cual se actualizará cada 5 segundos.

**Generar línea de guía entre celular y prototipo**, en este subproceso la aplicación generará una línea o ruta entre el prototipo y el celular desde el cual es consultado mediante comandos de polilíneas, estos comandos fueron definidos en el capítulo II en la determinación de los conceptos de Android Studio.

**Medir vectores de tiempo y distancia entre celular y prototipo**, en este subproceso la aplicación realizará mediciones de tiempo y distancia comparando entre el dispositivo celular y el prototipo montando en el vehículo; permite conocer la hora de llegada del vehículo con el prototipo, así como el tiempo de duración y la distancia al destino.

La aplicación móvil se encargará de realizar peticiones solicitando información al servidor. Este responderá automáticamente permitiendo marcar el mapa con las posiciones de los dispositivos involucrados y generar la ruta para la guía. Para más detalles se podrá encontrar los diagramas de flujo y código fuente en el Anexo 10.

## **6.2 Interfaz de Administrador**

La interfaz de administrador ha sido generada mediante el Procesador de Hipertexto Personal (PHP). Esta solución se encuentra en la nube junto al servidor web, el cual responderá las peticiones que son solicitadas por la

aplicación móvil. El acceso del administrador cuenta con los siguientes módulos:

- Ingreso y edición de rutas
- Ingreso y edición de usuarios
- Consulta de datos de rutas
- Consulta de usuarios

A continuación, un detalle de los subprocesos detallados en la Figura 24.

**Ingresar y editar rutas**, en este proceso se realiza el ingreso y la edición de rutas ingresando la información necesaria para conocer las rutas y respectivos vehículos que darán el servicio.

**Ingresar y editar usuarios**, en este subproceso la interfaz de administrador cuenta con la opción de ingresar y editar usuarios que posee el acceso de ingresar a la aplicación.

**Consultar datos de rutas**, en este subproceso se puede consultar datos de las rutas que se han ingresado y las posiciones de latitud y longitud para cada una de las rutas establecidas.

**Consultar usuarios**, en este subproceso se realizan las consultas de los usuarios que se han ingresado y que poseen acceso al aplicativo móvil.

A continuación en la Figura 24 se detalla el diagrama general para la interfaz del administrador de los buses disponibles para la consulta de datos y la configuración de los parámetros de las rutas.

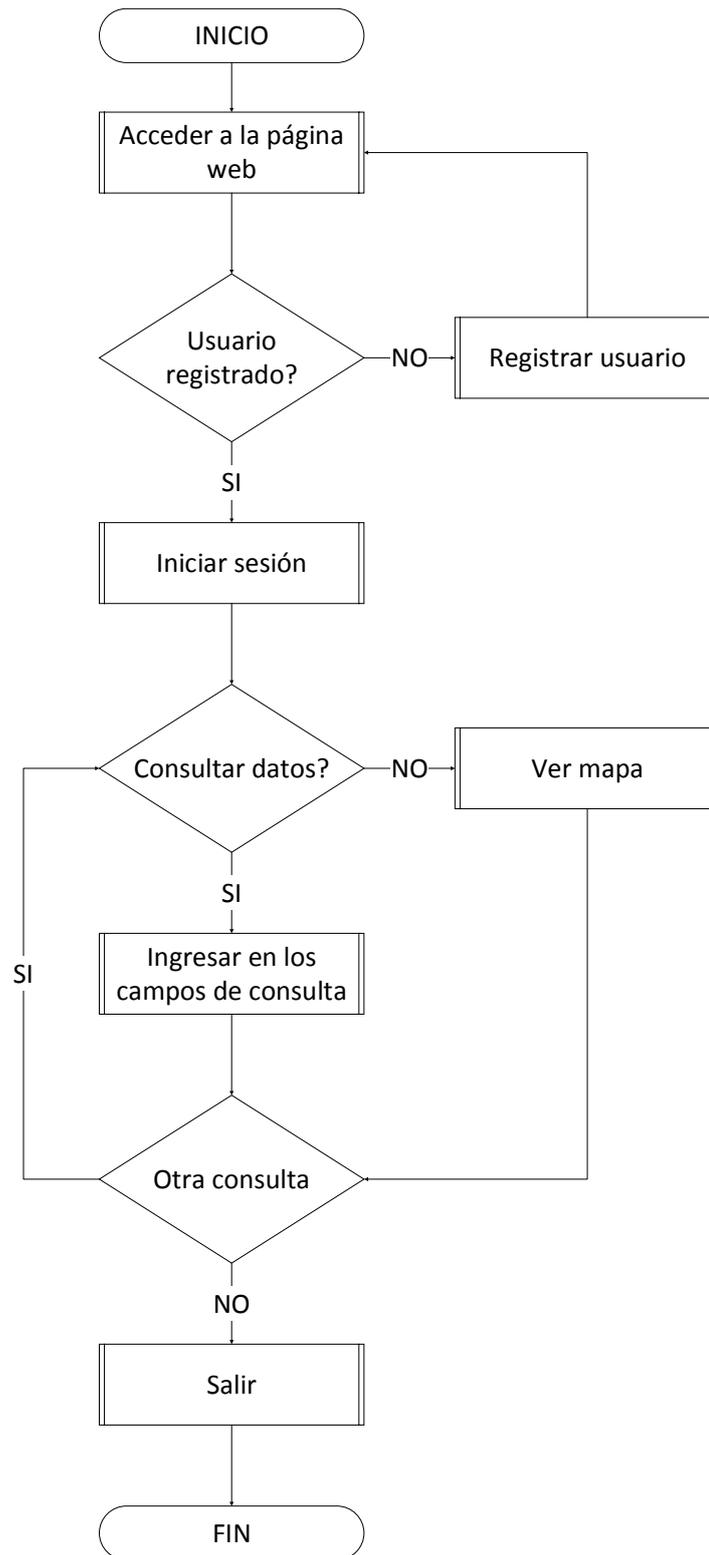


Figura 24. Plantilla Administrador, diagrama de funcionamiento

## 7. CAPITULO VII. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL TRANSPORTE PÚBLICO

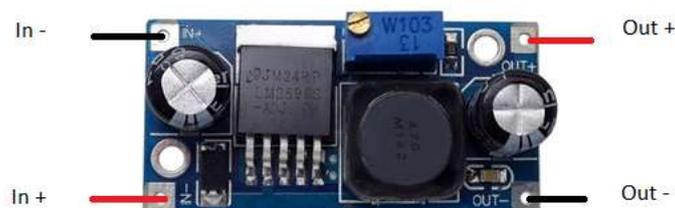
En este capítulo se contempla la implementación del sistema de monitoreo y control del transporte público, incluyendo las fases de implementación con los respectivos explicativos en cada fase y las pruebas de funcionamiento. Al final del capítulo se encuentra un video del funcionamiento del prototipo y aplicación móvil.

La implementación del prototipo para el sistema de monitoreo y control de transporte considera lo evaluado en los capítulos anteriores. En los cuales se seleccionó los elementos, metodologías y procedimientos a llevar a cabo para la ejecución del presente proyecto, Así a continuación se presenta el desarrollo del esquema electrónico implementado desde su alimentación, procesamiento, conexión al servidor web y posteriores pruebas de campo.

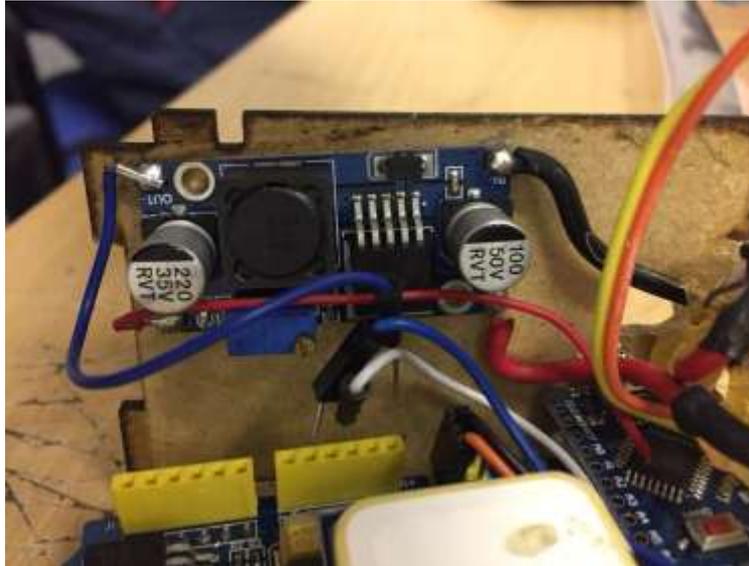
### 7.1 Implementación del sistema Electrónico

#### 7.1.1. Fase 1: Alimentación

En base a las condiciones técnicas del consumo de corriente y alimentación de energía detalladas en el capítulo IV, se concluye que el conjunto de elementos que componen el módulo LM2596 se comporta como fuente regulable de energía. En el caso del prototipo permite obtener los 5V necesarios para la alimentación continua de todos los módulos necesarios; por consiguiente, la Figura 25 describe la alimentación de energía desde la toma de 12 V de entrada y la salida de 5 V de corriente continua.



a)



b)

*Figura 25. Fuente regulable LM2596, fuente regulable fija 1,5 a 36 V.*

- a) *Pines de entrada y salida circuito LM2596*
- b) *Implementación del circuito LM2596 conexión alimentación regulada*

#### **7.1.1.1. Funcionamiento del circuito LM2596**

El proceso de funcionamiento del circuito se puede resumir en la conectividad de cada uno de los pines descritos en la Figura 25.

**Entrada - (cable negro)**, en este terminal se conecta el cableado correspondiente desde el generador de carga negativa, en el caso del prototipo al estar en un vehículo este mantiene un voltaje en DC de 12V.

**Entrada + (cable rojo)**, en este terminal se conecta el cableado correspondiente desde el generador de carga positiva, en el caso del prototipo al estar en un vehículo este mantiene un voltaje en DC de 12V.

**Salida + (cable azul)**, la fuente de poder después de las etapas de regulación permite obtener voltajes fijos de 5 V en la bornera positiva.

**Salida - (cable rojo)**, la fuente de poder después de las etapas de regulación permite obtener voltajes fijos de 5 V en la bornera negativa.



**Tx – Rx GPS (par amarillo naranja)**, envió y recepción de datos de ubicación obtenidos del módulo GPS mediante el uso de la comunicación IP entre el prototipo y el servidor web.

### 7.2.1. Fase 3: SIM 900

La fase 3 corresponde a la comunicación entre el prototipo y el servidor *web*. Esta comunicación se logra mediante la ejecución de sentencias programadas en el Arduino Nano. Dichas sentencias se encuentran en el Anexo 11 del presente documento y permiten transmitir a través del módulo SIM 900 los datos de ubicación obtenidos del GPS hacia el servidor web para su posterior almacenamiento. En la Figura 27 se describe los pines de conexión de procesamiento y alimentación.

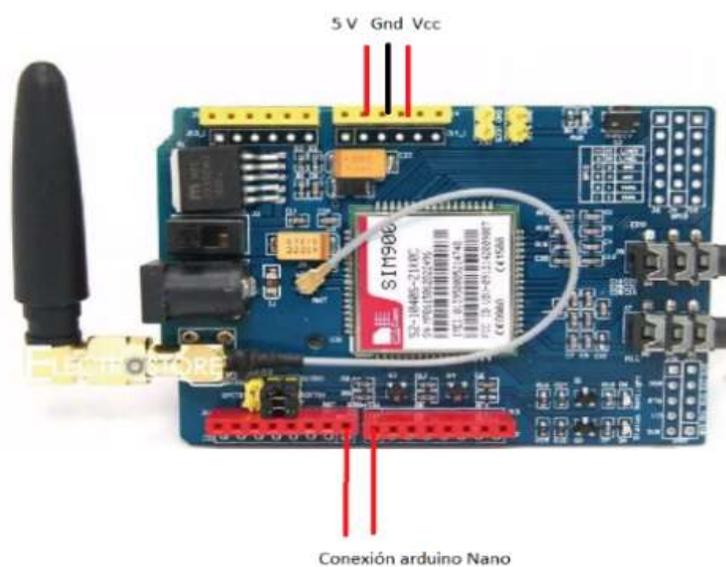


Figura 27. Conectividad entre la placa Arduino y la placa SIM 900

Para una mejor explicación de las funciones que cada puerto cumple en la tarjeta SIM 900 se describen las características en la Tabla 8.

Tabla 8.

*Funcionamiento del circuito del SIM 900 – Arduino.*

<b>Conectividad</b>	<b>Descripción</b>
5V (cable rojo)	Alimentación de energía desde la fuente.
Gnd (cable negro)	Conexión a tierra.
Vcc (cable rojo)	Alimentación del Arduino.
Conexión Arduino (pares gris amarillo, verde blanco)	Transmisión y recepción de señales.

## 7.2 Implementación de la aplicación móvil

Como se mencionó en el capítulo V, es necesario dividir la aplicación en 3 diferentes módulos o pantallas principales para una mayor facilidad de uso por parte del usuario. Por lo indicado a continuación se describe en diferentes interfaces detalladas a continuación:

**Splash de inicio**, plantilla para generar un tiempo de espera para al usuario lo que permite cargar componentes básicos y necesarios de la aplicación. Además, de dar interacción amigable al usuario. Conforme a la Figura 28.

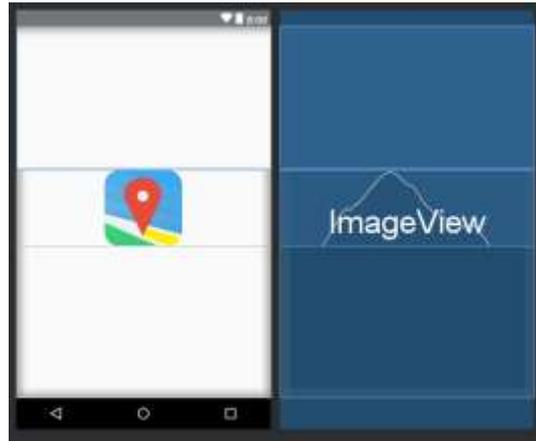


Figura 28. Plantilla splash de inicio

Inicio de sesión, esta plantilla posee 3 componentes básicos:

- Campo que valida el usuario registrado para el ingreso insertado en la base de datos.
- Campo que valida la contraseña ingresada relacionada con el registro de campo contraseña ingresada en la base de datos.
- Botón en el cual se realizará la validación de los datos ingresados mediante métodos *Post* para la ejecución de las sentencias en PHP en internet. Mostrado en la Figura 29.

**Listado de rutas disponibles**, en esta plantilla se presenta el listado de todas las rutas ingresadas por el administrador asociadas a prototipos electrónicos. Mostrado en la Figura 30.

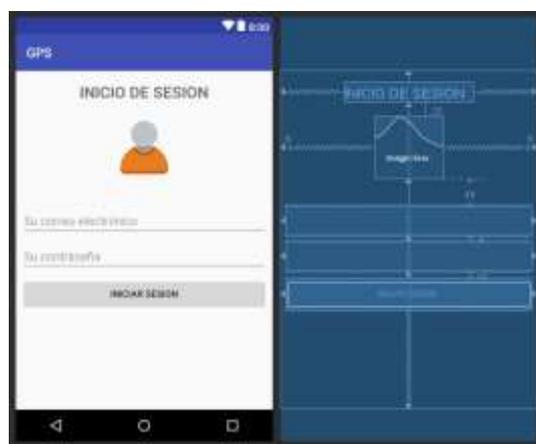


Figura 29. Plantilla Inicio de sesión



Figura 30. Plantilla Inicio de sesión

**Mapa**, en esta plantilla se muestra el mapa solicitado a través de Google Maps mediante el API de conexión con Google y las llaves de conexión y consulta.

Cabe mencionar que la programación en Arduino Studio mantiene características estándares de programación establecida en procedimientos y métodos instanciados en la versión del SDK 27. Además de lo descrito anteriormente la programación se la puede encontrar en el Anexo 12 con comentarios para una mejor comprensión. En este anexo también se muestran las características .xml para las vistas y las ventanas programadas en lenguaje java en cuatro actividades:

1. ActividadPrincipal.java
2. Mapa.java
3. Principal.java
4. Webservice.java

Con base en la programación de Android Studio, cada vez que se crea una plantilla se genera un archivo con extensión *JAVA*. En el cual todos los componentes que se encuentran en el diseño adquieren funcionalidad. Por lo tanto, en la Tabla 9 se indican las funciones asociadas a cada una de las capas de diseño.

Tabla 9.

*Programación en Java.*

<b>Documento</b>	<b>Funciones</b>
Principal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicialización de variables</li> <li>• Recuperación de rutas desde el servidor web</li> <li>• Recuperación de latitud y longitud de la ruta escogida</li> </ul>
Web Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión con servidor web</li> <li>• Conexión para validación de credenciales de inicio de sesión</li> <li>• Conexión para recuperación de rutas</li> <li>• Conexión para recuperación de posición de vehículo</li> <li>• Validaciones para consultar existencia de datos</li> </ul>
Mapas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión a Google Play Services</li> <li>• Posicionamiento de vehículo en el mapa</li> <li>• Añadir marcadores</li> <li>• Actualización de localización</li> <li>• Generación de líneas de rutas</li> </ul>
Inicio de sesión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validación de datos para inicio de sesión</li> </ul>

### 7.3 Implementación de servidor web

El desarrollo del servidor *web* se puede dividir en 3 etapas, definidas en base a sus funciones, mismas que se detallan a continuación:

- Conexión base de datos
- Aplicativo para consumir datos
- Aplicativo para ingreso de información

Los archivos que contienen las funciones de los aplicativos se muestran a continuación y estos pueden ser editados mediante conexión Protocolos de Transmisión de Archivos (FTP).

**/login.php**, archivo que es recuperado por el aplicativo móvil el cual realiza la consulta de las credenciales enviadas por el móvil.

**/posición\_vehiculo.php**, archivo que es recuperado por el aplicativo móvil el cual realiza las consultas de las posiciones de los vehículos con el identificador, enviadas por el móvil por medio de métodos post.

**/vehículos.php**, archivo que es recuperado por el aplicativo móvil el cual realiza la consulta de los vehículos enviados por el móvil por medio de métodos post.

**/dato/index.php**, archivo por el cual se realizan inserciones a la base de datos de las latitudes y longitudes del prototipo.

**/php/conexión.php**, archivo con sentencias PHP para realizar la conexión a la base de datos.

**/php/config.php**, archivo con las variables de conexión de la base de datos.

**/php/meta.php**, archivo que contiene información meta de inserciones de la base de datos.

**/usuario/index.php**, archivo por el cual se realizan inserciones en la base de datos de los usuarios que tendrán acceso al aplicativo móvil.

**/vehiculo/index.php**, archivo por el cual se realizan inserciones en la base de datos de vehículos que se mostrarán en el aplicativo móvil.

En la Figura 31 se muestra los archivos desde el gestor FILEZILLA de la aplicación web implementada.

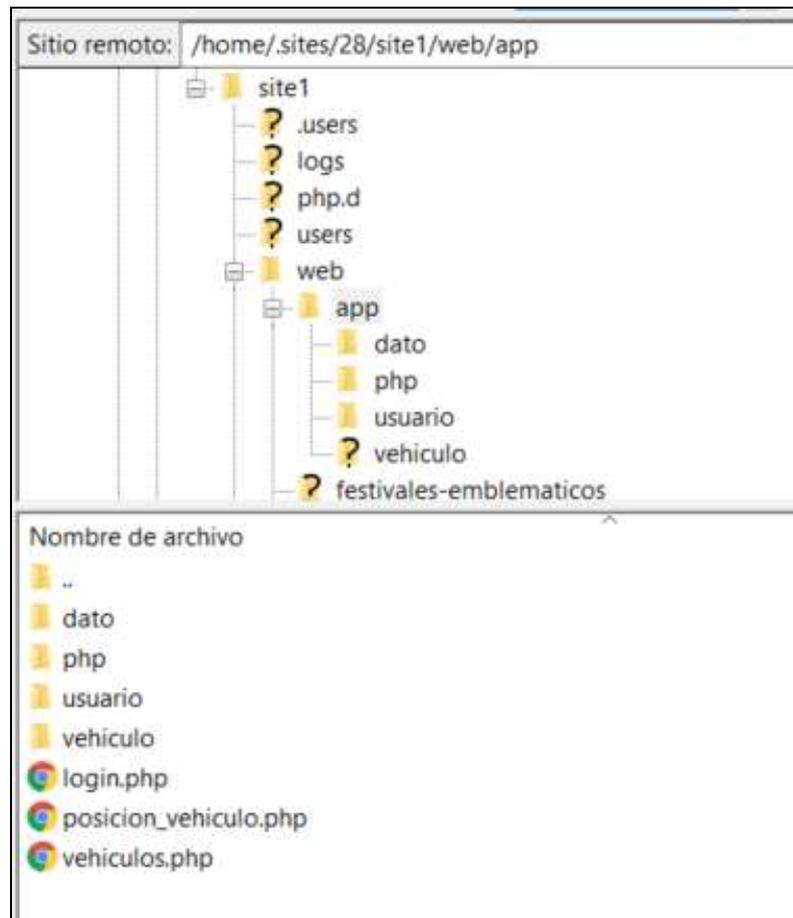


Figura 31. Captura del IDE de programación PHP con las vistas generales.

#### 7.4 Funcionamiento del prototipo

Para que todo el sistema de monitoreo y control funcione debe ser alimentado de energía al prototipo por medio de una conexión USB o a su vez empleando el encendedor de cigarrillos del automóvil como se muestra en la Figura 32.



*Figura 32.* Prototipo conectado a fuente de energía del vehículo 12 VCD.

Una vez conectado a la fuente de energía, el prototipo electrónico inicializará sus componentes como se muestra en la Figura 33 y en secuencia como se muestra a continuación:

- Inicialización de variables
- Asignación de variables
- Inicialización de módulo SIM 900
- Conexión a red celular
- Asignación de IP pública
- Inicialización de módulo GPS
- Conexión a satélite para la conexión GPS
- Almacenamiento en memoria volátil de latitud y longitud
- Generación de dirección web con variables establecidas, latitud y longitud
- Almacenamiento en memoria volátil de dirección web
- Ingreso de dirección web en internet.



Cuando el prototipo tenga las coordenadas de su ubicación y confirme el proceso de ubicación por buffer al servidor web. El servidor web almacena la información en una base de datos, los cuales están disponibles para su consulta por parte de la aplicación móvil.

Posterior al insertado de ubicación en la base de datos, el siguiente paso es monitorear el recorrido que seguirá realizando el prototipo. Para lo cual es necesario iniciar la aplicación móvil en el dispositivo celular que mantendrá encendidos sus datos de red celular y GPS.

La primera pantalla mostrada es una imagen que brinda un tiempo de espera al usuario para cargar componentes básicos de la aplicación como se muestra en la Figura 35.



*Figura 35.* Vista, imagen de inicio de aplicación.

La siguiente pantalla es una validación de credenciales para acceder a consultar las rutas de los transportes, para esto es necesario colocar correctamente el usuario y contraseña, las cuales se verifican mediante consultas al servidor web como se muestra en la Figura 36. En la siguiente pantalla se selecciona la ruta en la cual se ha registrado el prototipo de una lista de posibles rutas de transportes como se evidencia en la Figura 37.



Figura 36. Vista, pantalla de inicio de sesión.



Figura 37. Vista, listado de rutas para escoger.

En la siguiente pantalla se muestra un mapa con la ubicación actual del prototipo, así como la del celular que está realizando la consulta, a su vez se generará la ruta por la cual el automóvil se moviliza siguiendo las paradas establecidas como se muestra en la Figura 38.

El prototipo envía su localización exacta de posicionamiento y en la aplicación móvil se refleja este movimiento. Además, la ubicación, tiempo y distancia de llegada son calculadas cada 10 segundos. La aplicación cuenta con el manual correspondiente, el mismo que está en el Anexo 13 del presente documento.



*Figura 38.* Mapa con ruta de autobús.

Para una mejor experiencia del proyecto y muestra del funcionamiento se incluye el enlace de YouTube donde se muestra las pruebas realizadas.  
<https://bit.ly/2UQQf8k>.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 Conclusiones del estudio

Se implementó un prototipo electrónico y un aplicativo móvil que en conjunto permiten a los usuarios conocer la hora de llegada de un determinado transporte urbano a paradas establecidas dentro de una ruta. El prototipo envía información de la ubicación del vehículo hacia el aplicativo móvil utilizando la red celular GSM / GPRS. Esto garantiza la ubicuidad del servicio móvil.

Se evidenció que la inclusión de la escala de Lickert es necesaria para cuantificar cada uno de los ítems participantes del proyecto donde facilita la selección de las rutas, redes móviles, sistemas electrónicos y lenguajes de programación.

Se analizó una muestra conformada por 8 rutas seleccionadas en base a parámetros como las rutas disponibles por compañía, estado de las unidades, tiempo de recorrido desde el terminal de inicio hasta la parada final, rutas con baja demanda de tráfico, tecnología empleada para monitorear las unidades de transporte, población de unidades de transporte, medidores de calidad de servicio, estado de paradas en el trayecto, falta de monitoreo. Estos factores se analizaron parametrizando una matriz cualitativa. Del análisis realizado, se determinó que la mejor ruta de transporte es Dean Bajo – Conocoto – Armenia – Girón.

El proyecto trabaja con estándares de comunicación GPRS que facilitan el envío de datos con velocidades de hasta 171 kbps. Sin embargo, en redes prácticas, la velocidad efectiva alcanzada por el estándar GPRS es de 20, 8 kbps (Arenas, Bettancourt, Grote, Soto, & Grote, 2019). Lo que puede limitar la velocidad de transmisión y producir ligeros retardos en los procesamientos de escritura y lectura de los datos. No obstante, estos retardos están en el orden de 1 o 2 segundos. Así, son imperceptibles para los usuarios.

Se realizó un análisis para la selección de los componentes de hardware y software necesarios para el desarrollo del prototipo y su vinculación con medios

externos. Con este fin, se utilizó la metodología de análisis cuantitativo Lickert. Del análisis realizado, se escogió para el procesamiento del prototipo la plataforma Arduino además de los módulos de conectividad con lenguaje C++.

La herramienta Android Studio facilitó la creación de componentes necesarios para la aplicación móvil. Los aplicativos creados permiten la conexión del prototipo electrónico y el servidor web. Android Studio permite estandarizar la conexión entre los datos y la visualización permitiendo facilidad de uso para el usuario.

La implementación del prototipo y los datos que este genera demandan el uso de herramientas de almacenamiento las cuales se encuentran habilitadas para el ingreso y captura de información una vez esta ha sido procesada. Así, fue necesario crear un servidor web el mismo que está disponible en internet para la conexión con los dispositivos móviles y el prototipo electrónico. Este servidor contiene una base de datos MySql y programación en código libre.

Las consideraciones para el diseño del sistema de monitoreo y control del transporte público garantizan la creación de usuarios, rutas y accesos concurrentes que pueden ser expandidos de manera continua, lo que facilita el uso distribuido y funcionamiento masivo del prototipo desarrollado.

## **8.2 Recomendaciones**

El uso de la metodología FODA estableció directrices funcionales para el presente estudio. Sin embargo, los resultados de la metodología se pueden mejorar empleando información certificada de la Secretaría de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito (SM-DMQ).

Se recomienda evaluar los componentes utilizados en el proyecto para una futura implementación, en donde se puede mejorar el diseño considerando el factor de costos, el cual fue un limitante en el presente proyecto.

Se recomienda ocupar módulos certificados por Arduino para estándares HSPA que garanticen mayores velocidades de transmisión desde el prototipo hacia el servidor web, y disminuir retardos en los tiempos de captura y envío de datos.

Se recomienda usar servicios de transacción estándar disponibles en los entornos de desarrollo seleccionados. En el proyecto se usó paquetes de desarrollo de Google, los mismos que se encuentran masificados pero no garantizan ser los mejores del mercado ya que pueden existir diferentes ambientes de desarrollo que pueden mejorar el rendimiento por transacción pero inferir proporcionalmente en el costo de la implementación.

Se recomienda invertir en la habilitación de los servicios API de Google con una cuenta Premium, la cual posee un valor de \$300 dólares anuales con la cual se posee consultas ilimitadas y acceso a todos los servicios API de Google. Esto facilita la cantidad de transacciones eficientes entre los servicios para el desarrollo de mapas y objetos.

Se recomienda habilitar la licencia como desarrollador en Google Play Services donde es necesario pagar un valor de \$25 dólares, con esto las aplicaciones se podrán certificar y podrán ser habilitadas en Google Play Store. Permitted, obtener una aplicación con el soporte de Google.

## REFERENCIAS

- ARCOTEL. (2018). Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Recuperado de Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones: <http://www.arcotel.gob.ec/servicio-movil-avanzado-sma/>
- Arcotel. (s.f). *Señal Móvil Ecuadore*. Recuperado de Comparativa operadoras celulares: <http://smovilecuador.arcotel.gob.ec/SenalMovilEcuadorWeb/mapas.html>
- Arduino. (2014). Preguntas de Programación. Recuperado de Configuración de la velocidad de transmisión en baudios para GSM shield: <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=228872.0>
- Arduino. (2018). *arduino*. Recuperado de *what is Arduino?*: <https://www.arduino.cc/>
- Arduino. (2018). *Arduino Nano*. Recuperado de Características: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano/>
- Badii, M. J. (2008). *Innovaciones de Negocios*. Recuperado de Tamaño óptimo de la muestra: <http://revistainnovaciones.uanl.mx/index.php/revin/article/view/199/184>
- Callejón-Ferre, Á., Montoya-García, M., Pérez-Alonso, J., & Rojas-Sola, J. (2015). *The psychosocial risks of farm workers in south-east Spain*. *Safety Science*. Recuperado de Características: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092575351500107>

- Cancino del Castillo, C. (2012). Matriz de análisis foda cuantitativo. Chile, Chile. Recuperado de: <http://christiancancino.cl/wp-content/uploads/2016/09/MATRIZ-DCS-FODA-CUANTITATIVA.pdf>
- Carvajal, A. M. (2018). El transporte público en Quito tiene cuatro problemas. Recuperado de: <http://www.elcomercio.com/actualidad/transporte-quito-problemas-movilidad-pasajeros.html>. Recuperado de el transporte público en Quito tiene cuatro problemas: <http://www.elcomercio.com/actualidad/transporte-quito-problemas-movilidad-pasajeros.html>
- COMPAÑÍA DE TRANSPORTES LIBERTADORES DEL VALLE S.A. (2018). *cialibertadoresdelvalle*. Recuperado de Información: <http://cialibertadoresdelvalle.com/nosotros.php>
- COMPAÑÍA DE TRANSPORTES LIBERTADORES DEL VALLE S.A. (2018). *Libertadores del Valle*. Recuperado de Información: <http://cialibertadoresdelvalle.com/nosotros.php>
- CROWD. (2018). *Best Relational Databases Software*. Recuperado de <https://www.g2crowd.com/categories/relational-databases>
- ECU911, S. I. (2017). ECU 911. Recuperado de <http://www.ecu911.gob.ec/transporte-seguro/>
- electronilab. (s.f). *electronilab.co*. Recuperado de *SIM 808*: <https://electronilab.co/tienda/adafruit-fona-808-modulo-celular-gsm-gps-sim-808/>
- EPMTP. (2017). *trolebus.gob.ec*. Recuperado de Ley Orgánica de Transparencia y Acceso a la Información Pública. Recuperado de:

<http://www.trolebus.gob.ec/index.php/transparencia/transparencia-2017/marzo-2/d-servicios-2017/788-servicios-epmtpq-26/file>

EPMTP. (sf). *trolebus.gob.ec*. Recuperado de Metrobus -Q Trolebus:  
<http://www.trolebus.gob.ec/websys/trolebus/>

Fernandez, Y. (2014). Tecnología Movil. Recuperado de SlideShare:  
<https://pt.slideshare.net/YenniferFernandez/tecnologia-mvil/9>

Freire, J. (2001). Udla Presencial - Material de apoyo. Recuperado de:  
Evolución de la telefonía celular:  
[http://www2.udla.edu.ec/udlapresencial/pluginfile.php/1478776/mod\\_resource/content/2/1.1%20El%20origen%20de%20la%20telfon%C3%ADa%20celular.pdf](http://www2.udla.edu.ec/udlapresencial/pluginfile.php/1478776/mod_resource/content/2/1.1%20El%20origen%20de%20la%20telfon%C3%ADa%20celular.pdf)

Freire, J. (2017). Udla Presencial. Recuperado de: IIRE3160-70 TELEFONIA CELULAR:  
[http://www2.udla.edu.ec/udlapresencial/pluginfile.php/1478782/mod\\_resource/content/2/2.2\\_Asignaci%C3%B3n%20de%20canales\\_Handoff\\_Interferencia.pdf](http://www2.udla.edu.ec/udlapresencial/pluginfile.php/1478782/mod_resource/content/2/2.2_Asignaci%C3%B3n%20de%20canales_Handoff_Interferencia.pdf)

González, A. G. (2013). *PanamaHitek*. Recuperado de *Arduino Nano*: Características, Funciones y cómo conseguirlo en Panamá:  
<http://panamahitek.com/arduino-nano-caracteristicas-funciones-y-como-conseguirlo-en-panama/>

Gonzalez, m. (2012). *redes telemáticas.com*. Recuperado de  
<http://redestelematicas.com/la-transmision-de-datos-en-la-telefoniamovil/>

- Google. (2017). *Google Maps API*. Recuperado de Documentación: <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/intro?hl=es-419#TravelModes>
- Google Earth. (s.f). *Google Maps*. Recuperado de Dean Bajo - Camal de Conocoto - Armenia - Girón: <https://www.google.com/maps/dir/Isabel+La+Católica,+Quito+170143,+Ecuador/Panzaleo+120,+Quito,+Ecuador/@-0.2434093,-78.5264304,21614m/data=!3m1!1e3!4m16!4m15!1m5!1m1!1s0x91d59a0e75a601e7:0xafc9b5a57a5de3e9!2m2!1d-78.4851872!2d-0.2061499!1m5!1m1!1s0x91d5a2>
- Hernandez, C. (2015). *ap.mx*. Recuperado de Documentos: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/hernandez\\_c\\_a/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/hernandez_c_a/capitulo3.pdf)
- Holma, H., & Toskala, A. (2011). *LTE for UMTS: Evolution to LTE-Advanced, 2nd Edition*. John Wiley and Sons,.
- Instituto de la Ciudad, M. (2017). Calidad de Transporte Público en el DMQ. Recuperado de <http://www.institutodelaciudad.com.ec/coyuntura-sicoms/170-calidad-del-transporte-publico-en-el-dmq.html>
- ITU. (2012). Sistemas de transporte inteligente. Recuperado de Cuestión UIT-R 205-5/5: <https://www.itu.int/pub/R-QUE-SG05.205-5-2012>
- Jacoy, J. (2009). Esquema de transmisión celular. Recuperado de [blogsport.com: http://yacoyjulieta.blogspot.com/2009/07/esquema-de-transmision-de-senales-de.html](http://yacoyjulieta.blogspot.com/2009/07/esquema-de-transmision-de-senales-de.html)
- Mártil, I. (2017). ¿Cómo funcionan las redes inalámbricas de telefonía móvil? Recuperado de: <https://blogs.publico.es/ignacio->

martil/2017/02/24/como-funcionan-las-redes-inalambricas-de-  
telefonía-movil/

MIAO, G., ZANDER, J., SUNG, K., & SLIMANE, S. (2016). *Fundamentals of Mobile Data Networks*. Cambridge University Press.

MINTEL. (2016). telecomunicaciones.gob.ec. Recuperado de PLAN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DEL ECUADOR 2016 -2021: [https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro\\_plan\\_tti\\_REGISTRO-OFICIAL\\_30\\_AGOSTO.pdf](https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/08/Libro_plan_tti_REGISTRO-OFICIAL_30_AGOSTO.pdf)

Ordenanza 185, M. d. (2017). *Implementación de Sistemas Inteligentes de transporte*. Recuperado de [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202017/](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202017/)

Ordenanza 201, M. d. (2018). Ordenanza tarifas. Recuperado de [http://www7.quito.gob.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202018/](http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202018/)

PatagoniaTec. (2014). patagoniatec.blog. Recuperado de Arduino Nano: <http://saber.patagoniatec.com/2014/12/arduino-nano-328-arduino-atmega-clon-compatible-arduino-argentina-ptec/>

Prometec. (s.f). *SIM808: GSM/GPRS + GPS*. Recuperado de Localización GPS, llamadas, mensajes e Internet: <https://www.prometec.net/wp-content/uploads/2017/01/Conexion-Arduino-SIM808.png>

Rappaport, T. (1996). *Wireless Communications: Principles and Practice (2nd Edition)*. New Jersey: Upper Saddle River.

- Rodríguez, M. L. (2010). *ESCALAS LICKERT*. Recuperado de INVESTIGACION EN PSICOLOGIA BASICA, METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION: <https://aulasvirtuales.wordpress.com/2010/05/15/escalas-lickert/>
- Sauter, M. (2017). *From GSM to LTE-Advanced Pro and 5G: An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband, 3rd Edition*. USA: John Wiley and Sons,.
- Segan, S. (2017). *CDMA vs. GSM: ¿Cuál es la diferencia?* Recuperado de pcmag.com: <http://latam.pcmag.com/cell-phone-service-providers-products/19700/news/cdma-vs-gsm-cual-es-la-diferencia>
- SM - DMQ. (2018). Secretaria de movilidad. Recuperado de Intercantonal combinado, rutas de transporte: <http://www.secretariademovilidad.quito.gob.ec/index.php/component/content/article.html?id=143>
- SM- DMQ. (2018). Secretaria de movilidad. Recuperado de Intercantonal combinado, rutas de transporte: <http://www.secretariademovilidad.quito.gob.ec/index.php/component/content/article.html?id=143>
- SM-DMQ. (2018). Política. Recuperado de Secretaría de Movilidad - Alcaldía DMQ: <http://www.secretariademovilidad.quito.gob.ec/index.php/la-institucion/politica1.html>
- SM-DMQ. (2018). Secretaría de Movilidad Alcaldía. Recuperado de <http://www.secretariademovilidad.quito.gob.ec/>

u-blox. (2018). *NEO-6 series*. Recuperado de Versatile u-blox 6 GPS modules:

[https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6\\_ProductSummary\\_%28GPS.G6-HW-09003%29.pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_ProductSummary_%28GPS.G6-HW-09003%29.pdf)

Yacoub, M. D. (2001). *Wireless Technology Protocols, Standards And Techniques*,. CRC Press.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

Este anexo muestra las posibles rutas de prueba, las mismas han sido tomadas del catálogo expuesto en la página del Municipio Metropolitano de Quito.

No.	OPERADORA	RUTA
1	<b>Transportes San José de Cocotog CA</b>	Cocotog - Terminal Río Coca
2	<b>Compañía Expreantisana S.A.</b>	Marín-Pintag-San Alfonso
3	<b>Flota Pichincha</b>	El Quinche - Guayllabamba - Ofelia
		Guayllabamba - Ofelia
		Servicio Interno de la Parroquia
4	<b>Libertadores del Valle de Conocoto</b>	Marín-San Pedro de Taboada-Cuarteles
		Marín-Hospital INFA-Ontaneda Alta
		Marín-La Salle-Cuarteles (Fajardo)
		Camal de Conocoto - El Girón
5	<b>Compañía de Transportes San Sebastián de Pifo S. A.</b>	Terminal Interparroquial Río Coca - Pifo
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Quitumbe
6	<b>Compañía de Transportes Puenbo Trapuca C.A.</b>	Terminal Interparroquial Río Coca - Puenbo
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Quitumbe
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Río Coca
7	<b>Reina del Quinche</b>	Quinche - Checa - Terminal Interparroquial Río Coca
		El Quinche - La Victoria - Guayllabamba
		El Quinche - Cusubamba
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Quitumbe
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Río Coca

No.	OPERADORA	RUTA
8	<b>Termas Turis</b>	El Tingo - El Girón
		La Merced - Marín
		Marín - Las palmeras
		Marín - El Nacional
9	<b>Compañía Transportes La Floresta Transfloresta S.A.</b>	Cumbayá - La Floresta
10	<b>Cooperativa de Transportes Tumbaco</b>	Terminal Interparroquial Río Coca - Collaquí
		Terminal Interparroquial Río Coca - El Arenal
		Terminal Interparroquial Río Coca - Lumbisí
		Terminal Interparroquial Río Coca - La Morita
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Quitumbe
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Río Coca
11	<b>Cooperativa de Transporte de Pasajeros Yaruquí</b>	Terminal Interparroquial Río Coca - Yaruquí
		Otón de Vélez - Yaruquí - Terminal Interparroquial Río Coca
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Quitumbe
		Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Río Coca

## Anexo 2

Este anexo muestra los análisis de rutas de las 8 rutas planteadas verificando sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, para plantear la mejor ruta para el presente proyecto.

ANÁLISIS DE RUTA # 1	
RUTA	Terminal Inter parroquial Río Coca - Collaquí
COOPERATIVA	Transportes Tumbaco
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	Si
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	Si
Rutas con baja demanda de tráfico	No
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	No
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	SI

ANÁLISIS DE RUTA # 2	
RUTA	El Quinche - Guayllabamba - Ofelia
COOPERATIVA	Flota Pichincha
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	No
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	Si
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	SI

ANÁLISIS DE RUTA # 3	
RUTA	Quinche - Checa - Terminal Interparroquial Río Coca
COOPERATIVA	Reina del Quinche
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	Si
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si

ANÁLISIS DE RUTA # 3	
RUTA	Quinche - Checa - Terminal Interparroquial Río Coca
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

ANÁLISIS DE RUTA # 4	
RUTA	La Merced - Marín
COOPERATIVA	Termas Turis
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	No
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	No
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	No
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	

ANÁLISIS DE RUTA # 4	
RUTA	La Merced - Marín
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

ANÁLISIS DE RUTA # 5	
RUTA	Nuevo Aeropuerto Internacional de Quito - Río Coca
COOPERATIVA	Reina del Quinche
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	Si
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

ANÁLISIS DE RUTA # 6	
RUTA	Terminal Interparroquial Río Coca - Lumbisí
COOPERATIVA	Cooperativa de Transportes Tumbaco
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	Si
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	No
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

ANÁLISIS DE RUTA # 7	
RUTA	Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón
COOPERATIVA	
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	Si
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	Si
Rutas con baja demanda de tráfico	No
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si

ANÁLISIS DE RUTA # 7	
RUTA	Dean Bajo - Conocoto - Armenia – Girón
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si
<b>Amenazas</b>	
Control del monitoreo vehículo	Si
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

ANÁLISIS DE RUTA # 8	
RUTA	Marín - Las palmeras
COOPERATIVA	Termas Turis
<b>Fortalezas</b>	
Varias rutas disponibles por compañía	Si
Esta de unidades Buenas	No
Tiempo de recorrido (1 hora de recorrido máximo)	No
Rutas con baja demanda de tráfico	No
<b>Oportunidades</b>	
Administración de unidades	No
Mejorar la demanda	Si
Competencia segmentada y dividida por mejores rutas	Si
Uso de tecnologías de último nivel	No
<b>Debilidades</b>	
Pocas unidades de transporte (población)	Si
Calidad de servicio deficiente	Si
Unidades viejas anteriores al 2012	Si
Falta de paradas eficientes	Si
Falta de control usuarios	Si
Falta monitoreo control	Si

ANÁLISIS DE RUTA # 8	
----------------------	--

<b>Amenazas</b>	
-----------------	--

Control del monitoreo vehículo	Si
Aumento del precio de gastos – vehículos de transporte	Si
Sin cobertura de red móvil	No
Cambio de reglamentos de transito de DMQ	No

### Anexo 3

A continuación, se muestran los promedios obtenidos del análisis FODA de las posibles rutas. El cálculo para obtener los valores expresa la cuantificación del cruce del promedio de:

**Promedio de Fortalezas – Oportunidades =**

*Fortaleza 1 vs Oportunidad 1 + Fortaleza 2 vs Oportunidad 2 +*

1. *Fortaleza 3 vs Oportunidad 3 + Fortaleza 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Fortalezas – Amenazas =** *Fortaleza 1 vs Amenaza 1 +*

*Fortaleza 2 vs Amenaza 2 + Fortaleza 3 vs Amenaza 3 +*

2. *Amenaza 4 vs Amenaza 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Oportunidades =**

*Debilidades 1 vs Oportunidad 1 + Debilidades 2 vs Oportunidad 2 +*

3. *Debilidades 3 vs Oportunidad 3 + Debilidades 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Amenazas =**

*Debilidades 1 vs Amenazas 1 + Debilidades 2 vs Amenazas 2 +*

4. *Debilidades 3 vs Amenazas 3 + Debilidades 4 vs Amenazas 4 / 4*

**Análisis cuantitativo FODA =** *Promedio de Fortalezas –*

*Oportunidades + Promedio de Fortalezas – Amenazas +*

*Promedio de Debilidades – Oportunidades + Promedio de Debilidades –*

5. *Amenazas*

RUTA 1	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	2	3	4	4	3,3	3	4	2	4	3,3
F2	1	2	3	3	2,3	2	1	4	5	3,0
F3	2	4	3	4	3,3	1	3	4	5	3,3
Promedio	2	3	3	4		2	3	3	5	
D1	1	1	0	3	2,9	3	3	0	3	3,2
D2	2	2	3	4	2,9	2	4	5	2	3,2
D3	4	3	5	5	4,3	5	2	3	3	3,3
D4	5	4	5	2	4,0	5	3	5	4	4,3
D5	3	5	5	1	3,5	4	5	4	5	4,5
D5	2	5	5	3	3,8	2	3	5	3	3,3
Promedio	3	3	4	3		3	3	4	4	

RUTA 2	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	3	4	3	4	3,5
F2	2	2	3	3	3,3	4	1	2	4	3,5
F3	2	3	4	5	3,3	3	3	4	5	3,5
Promedio	3	4	4	2		3	4	3	4	
D1	1	1	3	3	2,0	1	3	5	3	3,0
D2	2	1	3	1	1,8	2	4	5	2	3,3
D3	3	4	5	5	4,3	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	3	2	2,8	2	3	1	4	2,5
D5	3	5	5	1	3,5	3	5	4	5	4,3
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	2	3	4	3		3	3	4	3	

RUTA 3	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	2	4	2	2,8	3	4	3	4	3,5
F2	2	0	3	3	2,0	4	1	2	4	2,8
F3	2	2	4	5	3,3	3	3	4	5	3,8
Promedio	2	1	4	3		3	4	3	4	
D1	1	0	3	3	1,8	1	3	5	3	3,0
D2	2	1	4	5	3,0	5	1	5	2	3,3
D3	3	1	5	5	3,5	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	5	2	3,3	1	1	1	1	1,0
D5	3	5	4	1	3,3	3	1	1	2	1,8
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	2	3	4	3		3	2	3	2	

RUTA 4	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	3	1	3	4	2,8
F2	2	2	3	3	2,5	4	1	2	4	2,8
F3	2	3	4	5	3,5	3	3	4	5	3,8
Promedio	2	3	4	3		3	2	3	4	
D1	1	1	3	3	2,0	1	1	5	3	2,5
D2	2	1	4	4	2,8	2	2	5	2	2,8
D3	1	5	2	2	2,5	5	1	3	3	3,0
D4	1	2	3	2	2,0	1	1	2	4	2,0
D5	1	1	1	1	1,0	1	2	2	2	1,8
D5	3	1	5	3	3,0	2	2	5	3	3,0
Promedio	2	2	3	3		2	2	4	3	

RUTA 5	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	3	4	3	4	3,5
F2	2	1	3	3	2,3	4	1	2	4	2,8
F3	3	3	4	5	2,3	3	3	4	5	2,8
Promedio	3	3	4	3		3	3	3	4	
D1	0	1	3	3	1,8	1	3	5	3	3,0
D2	0	2	3	4	2,3	2	4	5	2	3,3
D3	3	1	5	5	3,5	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	3	2	2,8	3	3	0	4	2,5
D5	3	5	5	1	3,5	3	3	3	5	3,5
D5	3	5	5	3	4,0	1	3	5	3	3,0
Promedio	2	3	4	3		3	3	4	3	

RUTA 6	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	1	4	2	2,5	1	4	3	4	3,0
F2	1	2	3	3	2,3	1	1	2	4	2,0
F3	2	1	4	5	3,0	3	3	1	5	3,0
Promedio	2	1	4	3		2	3	2	4	
D1	1	1	3	3	2,0	1	3	1	3	2,0
D2	2	2	3	4	2,8	2	4	1	2	2,3
D3	3	1	1	5	2,5	1	1	2	3	1,8
D4	2	4	1	2	2,3	2	3	1	2	2,0
D5	3	5	5	1	3,5	1	1	4	2	2,0
D5	3	5	2	3	3,3	2	2	5	3	3,0
Promedio	2	3	3	3		2	2	2	3	

RUTA 7	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	4	4	4	2	3,5	5	5	5	4	4,8
F2	4	1	3	3	2,8	4	5	2	4	3,8
F3	5	5	1	5	4,0	3	3	4	5	3,8
Promedio	4	3	3	3		4	4	4	4	
D1	5	5	3	1	3,5	5	3	5	3	4,0
D2	5	5	1	4	3,8	2	4	5	5	4,0
D3	5	5	5	5	5,0	5	0	3	3	2,8
D4	4	4	3	2	3,3	5	0	1	4	2,5
D5	5	5	5	1	4,0	5	5	4	5	4,8
D5	5	5	5	3	4,5	5	5	2	3	3,8
Promedio	5	5	4	3		5	3	3	4	

RUTA 8	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	5	4	4	2	3,8	3	4	3	4	3,5
F2	5	2	3	3	3,3	4	1	2	4	2,8
F3	2	3	4	5	3,5	3	3	4	5	3,8
Promedio	4	3	4	3		3	3	3	4	
D1	1	5	3	3	3,0	1	3	5	3	3,0
D2	2	2	3	4	2,8	2	4	5	2	3,3
D3	3	4	5	5	4,3	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	3	2	2,8	2	3	1	4	2,5
D5	3	5	5	1	3,5	3	5	4	5	4,3
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	2	4	4	3		3	3	4	3	

## Anexo 4

A continuación, se muestran los análisis de la selección del módulo Arduino mediante el uso de FODA, analizando las características más importantes como son: capacidades de procesamiento, puertos de comunicación, tamaño, etc.

Arduino Mini	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	4,95 *
<b>Fortalezas</b>	
Microcontradador capacidades de procesamiento moderadas	No
Alimentación baja voltaje	Si
Puerto Programación de fácil conexión	No
<b>Oportunidades</b>	
Frecuencias de operación	Si
Compatibilidad módulos shield	No
Entradas y salidas 14/14	Si
PWM superior a 5	Si
<b>Debilidades</b>	
Tamaño menor o igual a 4.5 x 1.77	Si
UART = 1	Si
Memoria FLASH superior a 32	Si
Tiempos de reloj tardíos	Si
Costos menores a 10\$	No
Memoria EPPROM y SRAM elevadas	No
<b>Amenazas</b>	
Fragilidad del dispositivo	Si
Interfaz de programación cambiante	Si
Posibilidad de eliminar bootloader	Si
Cambios de programación	Si

Arduino Uno	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	12 *
<b>Fortalezas</b>	
Microcontradolor capacidades de procesamiento moderadas	Si
Alimentación baja voltaje	No
Memoria EPPROM y SRAM elevadas	Si
Puerto Programación de facil conexión	Si
<b>Oportunidades</b>	
Frecuencias de operación	Si
Compatibilidad módulos shield	Si
Entradas y salidas 14/14	Si
PWM superior a 5	Si
<b>Debilidades</b>	
Tamaño menor o igual a 4.5 x 1.77	No
UART = 1	No
Memoria FLASH superior a 32	No
Tiempos de reloj tardíos	No
Costos menores a 10\$	No
<b>Amenazas</b>	

Arduino Nano	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	6,50 *
<b>Fortalezas</b>	
Microcontradolor capacidades de procesamiento moderadas	Si
Alimentación baja voltaje	Si
Memoria EPPROM y SRAM elevadas	No
Puerto Programación de facil conexión	Si
<b>Oportunidades</b>	
Frecuencias de operación	Si
Compatibilidad módulos shield	Si
Entradas y salidas 14/14	Si
PWM superior a 5	Si
<b>Debilidades</b>	
Tamaño menor o igual a 4.5 x 1.77	Si
UART = 1	Si
Memoria FLASH superior a 32	Si
Tiempos de reloj tardíos	Si
Costos menores a 10\$	No
<b>Amenazas</b>	
Fragilidad del dispositivo	Si
Interfaz de programación cambiante	No
Posibilidad de eliminar bootloader	No
Cambios de programación	No

## Anexo 5

A continuación, se muestran los promedios obtenidos del análisis FODA para la selección del módulo Arduino. El cálculo para obtener los valores expresa la cuantificación del cruce del promedio de:

**Promedio de Fortalezas – Oportunidades =**

*Fortaleza 1 vs Oportunidad 1 + Fortaleza 2 vs Oportunidad 2 +*

1. *Fortaleza 3 vs Oportunidad 3 + Fortaleza 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Fortalezas – Amenazas =** *Fortaleza 1 vs Amenaza 1 +*

*Fortaleza 2 vs Amenaza 2 + Fortaleza 3 vs Amenaza 3 +*

2. *Amenaza 4 vs Amenaza 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Oportunidades =**

*Debilidades 1 vs Oportunidad 1 + Debilidades 2 vs Oportunidad 2 +*

3. *Debilidades 3 vs Oportunidad 3 + Debilidades 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Amenazas =**

*Debilidades 1 vs Amenazas 1 + Debilidades 2 vs Amenazas 2 +*

4. *Debilidades 3 vs Amenazas 3 + Debilidades 4 vs Amenazas 4 / 4*

**Análisis cuantitativo FODA =** *Promedio de Fortalezas –*

*Oportunidades + Promedio de Fortalezas – Amenazas +*

*Promedio de Debilidades – Oportunidades + Promedio de Debilidades –*

5. *Amenazas*

Arduino Mini	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	1	1	1	1	1,0	1	4	1	4	2,5
F2	3	3	3	3	3,0	2	1	4	5	3,0
F3	2	4	3	4	3,3	1	3	4	5	3,3
Promedio	2	2,7	2,3	2,7		1,3	2,7	3	4,7	
D1	1	1	0	3	2,4	3	3	0	3	2,9
D2	2	2	3	4	2,4	2	0	5	2	2,9
D3	4	3	5	5	4,3	0	2	3	3	2,0
D4	0	4	5	2	2,8	5	0	5	4	3,5
D5	3	5	5	1	3,5	4	0	4	0	2,0
D6	2	5	5	3	3,8	2	3	5	3	3,3
Promedio	2	3,2	3,6	3		2,5	1,5	3,6	2,8	

Aduino Nano	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	3	4	3	4	3,5
F2	2	2	3	3	3,3	4	1	2	4	3,5
F3	2	3	4	5	3,3	3	3	4	5	3,5
Promedio	3	4	4	2		3	4	3	4	
D1	1	1	3	3	2,0	1	3	5	3	3,0
D2	2	1	3	1	1,8	2	4	5	2	3,3
D3	3	4	5	5	4,3	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	3	2	2,8	2	3	1	4	2,5
D5	3	5	5	1	3,5	3	5	4	5	4,3
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	2,3	3,3	4	2,5		2,5	3,2	3,8	3,3	

Arduino Uno	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	2	4	2	2,8	3	4	3	4	3,5
F2	6	0	3	3	3,0	4	1	2	4	2,8
F3	5	2	4	5	4,0	5	3	4	5	4,3
Promedio	4,7	1,3	3,7	3,3		3	4	3	4	
D1	1	0	3	3	1,8	1	3	5	3	3,0
D2	2	1	4	5	3,0	5	5	5	2	4,3
D3	3	1	5	5	3,5	5	1	3	3	3,0
D4	2	4	5	2	3,3	1	1	5	1	2,0
D5	3	5	4	1	3,3	3	1	1	2	1,8
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	2,3	2,7	4,3	3,2		2,8	2,3	4	2,3	

## Anexo 6

A continuación, se muestra los análisis de la selección del componente GPS mediante el uso de FODA.

Modulo Gps Ublox Neo 6m	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
<b>Fortalezas</b>	
Presión de ubicación sistema de coordenadas WGS-84	Si
Alimentación baja voltaje	Si
Led indicador de señal	Si
<b>Oportunidades</b>	
Sensibilidad de captura mayor a -148 dBm	Si
Sensibilidad de rastreo mayor a -161 dBm	Si
Exactitud de señal mejor o igual a 1 $\mu$ s	Si
Promedio de inicio de captura menor a 35 s	Si
<b>Debilidades</b>	
Antena de cerámica	Si
Tamaño de la antena menor a 2,5 cm	Si
Almacenamiento EEPROM	Si
Comunicación serial	Si
Señalización 1 lógico en 3,3 volts	Si
Altura máxima de rastreo 18000m	Si
<b>Amenazas</b>	
Frecuencia de recepción en L1	Si
Antena no activa	Si
Sistemas de coordenadas no medible	Si
Compatibilidad limitada con Arduino Nano	SI

Modulo Gps Ublox Neo 7m	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	31*
<b>Fortalezas</b>	
Presión de ubicación sistema de coordenadas WGS-84	No
Alimentación baja voltaje	Si
Led indicador de señal	No
<b>Oportunidades</b>	
Sensibilidad de captura mayor a -148 dBm	Si
Sensibilidad de rastreo mayor a -161 dBm	No
Exactitud de señal mejor o igual a 1µs	Si
Promedio de inicio de captura menor a 35 s	Si
<b>Debilidades</b>	
Antena de cerámica	Si
Tamaño de la antena mayor a 5 cm	No
Almacenamiento EEPROM	Si
Comunicación serial	Si
Señalización 1 lógico en 3,3 volts	No
Altura máxima de rastreo 18000m	No
<b>Amenazas</b>	
Frecuencia de recepción en L1	Si
Antena no activa	Si
Sistemas de coordenadas no medible	Si
Compatibilidad limitada con Arduino Nano	SI

## Anexo 7

A continuación, se muestra los promedios obtenidos del análisis FODA para la selección del componente GPS. El cálculo para obtener los valores expresa la cuantificación del cruce del promedio de:

**Promedio de Fortalezas – Oportunidades =**

*Fortaleza 1 vs Oportunidad 1 + Fortaleza 2 vs Oportunidad 2 +*

1. *Fortaleza 3 vs Oportunidad 3 + Fortaleza 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Fortalezas – Amenazas = Fortaleza 1 vs Amenaza 1 +**

*Fortaleza 2 vs Amenaza 2 + Fortaleza 3 vs Amenaza 3 +*

2. *Amenaza 4 vs Amenaza 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Oportunidades =**

*Debilidades 1 vs Oportunidad 1 + Debilidades 2 vs Oportunidad 2 +*

3. *Debilidades 3 vs Oportunidad 3 + Debilidades 4 vs Oportunidad 4 / 4*

**Promedio de Debilidades – Amenazas =**

*Debilidades 1 vs Amenazas 1 + Debilidades 2 vs Amenazas 2 +*

4. *Debilidades 3 vs Amenazas 3 + Debilidades 4 vs Amenazas 4 / 4*

**Análisis cuantitativo FODA = Promedio de Fortalezas –**

*Oportunidades + Promedio de Fortalezas – Amenazas +*

*Promedio de Debilidades – Oportunidades + Promedio de Debilidades –*

5. *Amenazas*

GPS 6m	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	1	1	1	1	1,0	1	4	1	4	2,5
F2	1	3	5	3	3,0	2	1	4	5	3,0
F3	2	4	3	4	3,3	1	3	4	5	3,3
Promedio	1,33	2,67	3	2,67		1,33	2,67	3	4,67	
D1	1	1	0	3	2,4	3	3	5	3	2,9
D2	2	2	3	4	2,4	2	5	5	2	2,9
D3	4	3	5	5	4,3	5	2	3	3	3,3
D4	4	4	5	2	3,8	5	5	5	5	5,0
D5	3	5	5	1	3,5	4	2	4	0	2,5
D6	2	5	5	3	3,8	2	3	5	3	3,3
Promedio	2,48	3,24	3,71	2,95		3,19	3,24	4,29	2,95	

GPS 7m	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	1	4	3	4	3,0
F2	1	2	3	3	3,3	4	1	1	1	3,0
F3	2	3	4	5	3,3	3	3	4	5	3,0
Promedio	3	4	4	2		1	4	3	4	
D1	1	1	3	3	2,0	1	3	5	3	3,0
D2	1	1	3	1	1,5	1	1	1	1	1,0
D3	1	4	5	5	3,8	5	1	1	3	2,5
D4	2	4	3	2	2,8	2	3	1	4	2,5
D5	3	5	5	1	3,5	3	5	4	5	4,3
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	1,83	3,33	4	2,5		2,33	2,67	2,83	3,17	

## Anexo 8

A continuación, se muestra los análisis de la selección del componente GSM mediante el uso de FODA.

Modulo Sim 900 GSM	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	37 *
<b>Fortalezas</b>	
QuadBand 850/ 900/ 1800/ 1900 Mh	Si
Consumo de 15 mA	Si
Protocolo TCP/UDP	Si
<b>Oportunidades</b>	
Clas 4 AT 2w	Si
Clas 1 AT 1w	Si
Soporta RTC	Si
Compatible con GSM	Si
<b>Debilidades</b>	
Sin antena de trx y rx	No
Tamaño del módulo igual a 6 cm	Si
GPRS Clase A	No
Comunicación serial	Si
Single slot clase 10/8	No
No compatible con Shield	Si
<b>Amenazas</b>	
Conectividad por jumper	Si
Antena no activa	Si
Tiempos de activación mayores a 10 s	No
Compatibilidad limitada con Arduino Nano	SI

Modulo Sim 808 GSM	
Análisis de características / Usabilidad	Costo referencial mercado ECUADOR *Mercado libre Ecuador
	37 *
<b>Fortalezas</b>	
QuadBand 850/ 900/ 1800/ 1900 Mh	Si
Consumo de 1.5 mA	No
Protocolo TCP/UDP	Si
<b>Oportunidades</b>	
Clas 4 AT 2w	Si
Clas 1 AT 1w	Si
Soporta RTC	Si
Compatible con GSM	Si
<b>Debilidades</b>	
Sin antena de trx y rx	No
Tamaño del módulo igual a 6 cm	Si
GPRS Clase A	No
Comunicación serial	Si
Single slot clase 10/8	No
No compatible con Shield	Si
<b>Amenazas</b>	
Conectividad por jumper	Si
Antena no activa	Si
Tiempos de activación mayores a 10 s	Si
Compatibilidad limitada con Arduino Nano	SI

## Anexo 9

A continuación se muestra los promedios obtenidos del análisis FODA para la selección del componente GSM.

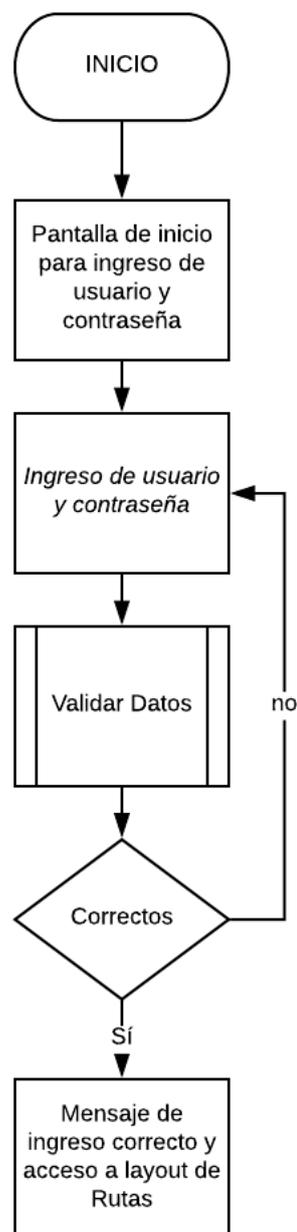
GPRS 808	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	2	1	2	1	1,5	2	4	2	4	3,0
F2	1	3	0	3	1,8	2	1	4	5	3,0
F3	2	1	3	0	1,5	1	3	4	5	3,3
Promedio	1,67	1,67	1,67	1,33		1,67	2,67	3,33	4,67	
D1	1	1	0	3	1,6	3	3	5	3	3,1
D2	2	2	0	4	1,6	2	5	5	2	3,1
D3	4	3	5	5	4,3	5	2	3	3	3,3
D4	4	4	0	2	2,5	5	5	5	5	5,0
D5	3	5	5	1	3,5	4	2	4	0	2,5
D6	2	5	5	3	3,8	2	3	5	3	3,3
Promedio	2,52	3,1	2,38	2,76		3,24	3,24	4,33	2,95	

GPRS 900	O1	O2	O3	O4	Promedio	A1	A2	A3	A4	Promedio
F1	3	4	4	2	3,3	5	4	3	4	4,0
F2	1	2	5	3	3,3	4	1	5	5	4,0
F3	2	3	4	5	3,3	3	3	4	5	4,0
Promedio	3	4	4	2		5	4	3	4	
D1	1	1	5	3	2,5	5	3	5	3	4,0
D2	5	5	3	1	3,5	5	1	1	5	3,0
D3	5	4	5	5	4,8	5	1	5	3	3,5
D4	2	4	3	2	2,8	2	3	1	4	2,5
D5	3	5	5	5	4,5	3	5	4	5	4,3
D5	3	5	5	3	4,0	2	3	5	3	3,3
Promedio	3,17	4	4,33	3,17		3,67	2,67	3,5	3,83	

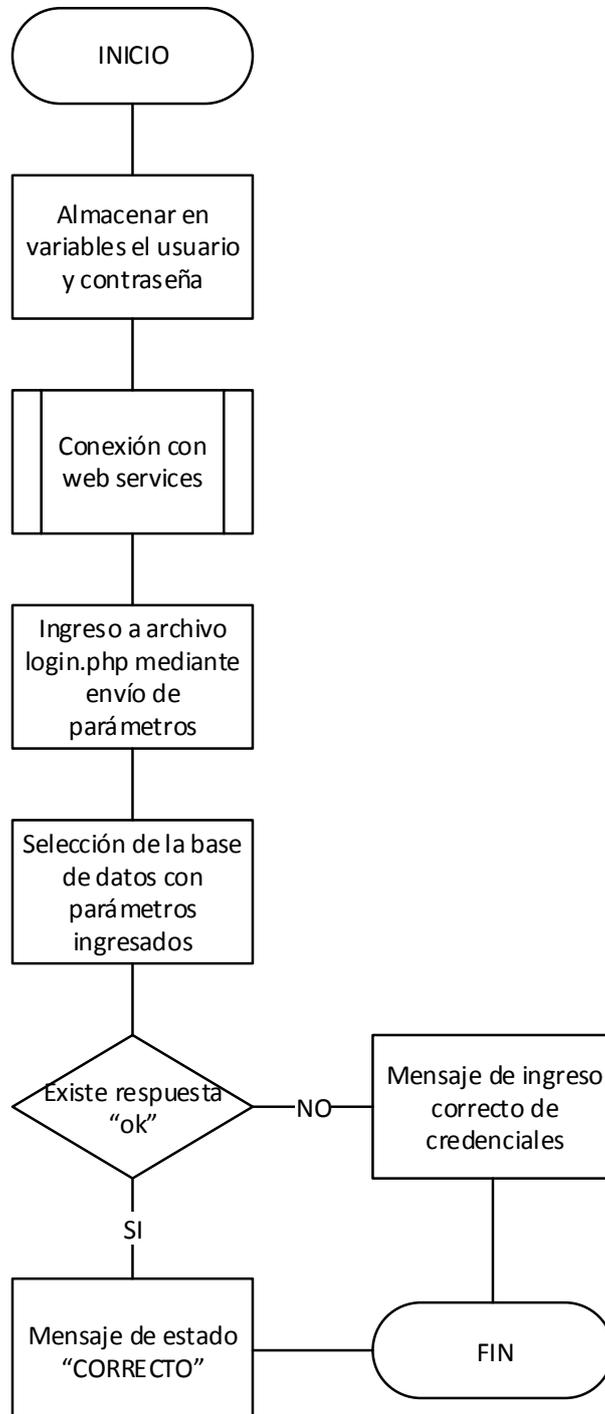
## Anexo 10

Este anexo muestra los diagramas de bloques del flujo de trabajo de la aplicación móvil.

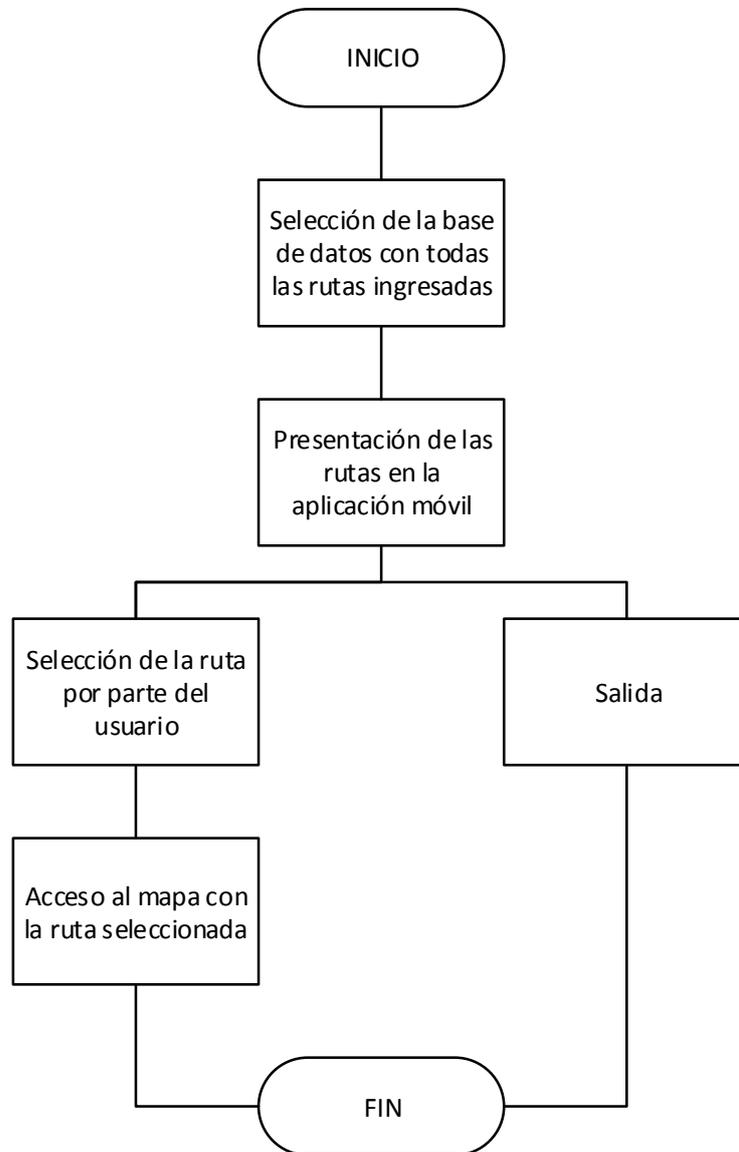
LOGIN: En el siguiente diagrama de bloques se describe los procesos y subprocesos que realiza la aplicación móvil para validar las credenciales del usuario ingresado permitiendo usar sus componentes.



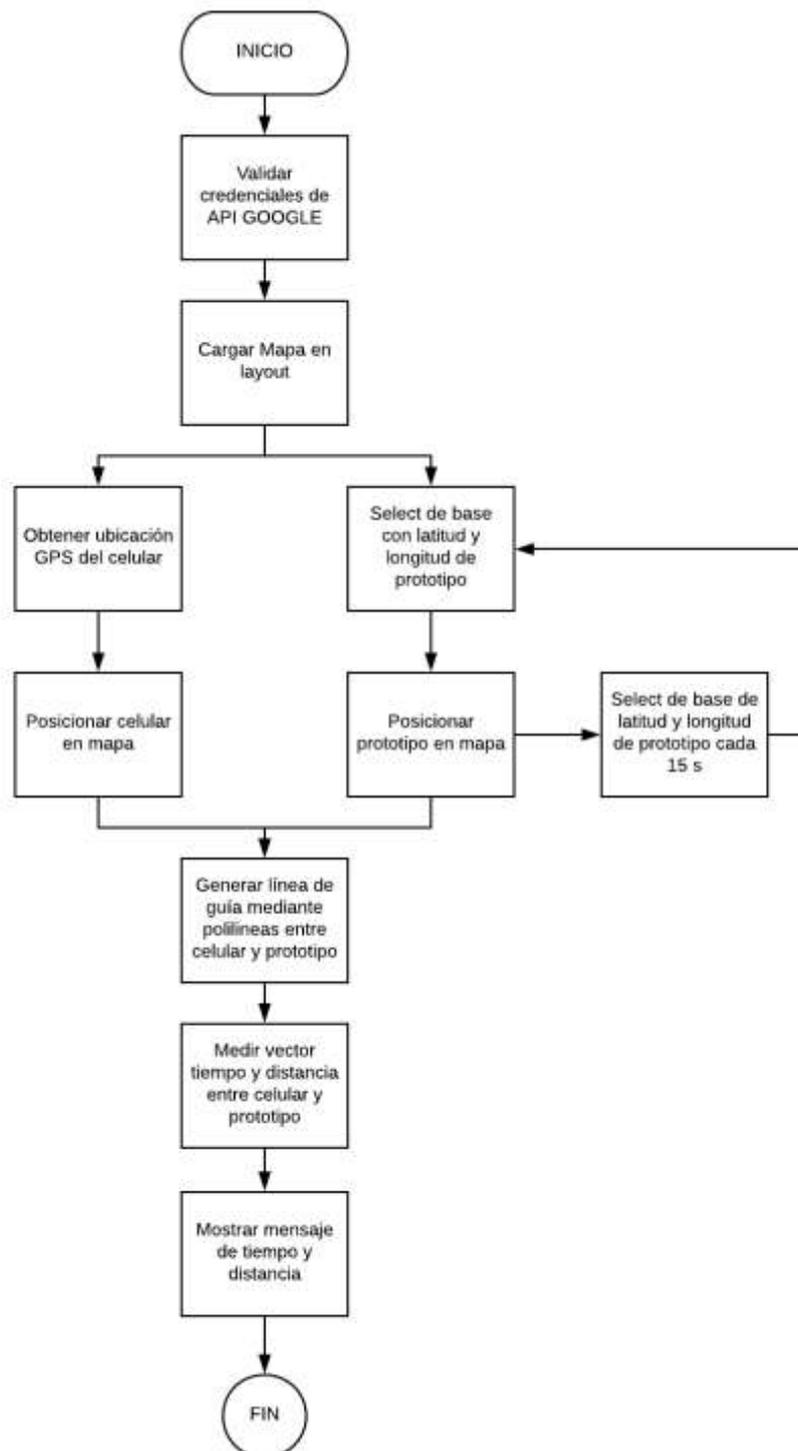
VALIDAR DATOS: En el siguiente diagrama de bloques se describe el proceso que realiza el servidor web para validar las credenciales solicitadas por el dispositivo móvil.



SELECCIÓN DE RUTAS: Una vez validadas las credenciales en el dispositivo móvil se mostrarán las rutas disponibles, a continuación se detalla los procesos que realiza el aplicativo móvil para presentar la consulta realizada.



MAPAS: Una vez escogida la ruta, se procederá según el siguiente diagrama de bloques donde se indica todos los procesos y subprocesos que realiza la aplicación móvil indicando la ruta, tiempo de llegada, etc.



## Anexo 11

Este anexo muestra la programación usada en el Arduino NANO.

```
#include "SIM900.h"
#include <SoftwareSerial.h>
#include "inetGSM.h"
//#include <Wire.h>
InetGSM inet;

//RTC_DS1307 RTC;

char msg[250];
int numdata;
char inSerial[50];
int ii=0;

boolean started=false;

void setup()
{
  pinMode(13,OUTPUT);
  digitalWrite(13,HIGH);
  //Serial connection.
  Serial.begin(9600);//serial port

  // Wire.begin();// inic i2c
  // RTC.begin();//ici rtc
  delay(100);
  //RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));// IGUALAR EL RTC
  /* if (! RTC.isrunning()) {
    Serial.println("RTC is NOT running!");
```

```

// following line sets the RTC to the date & time this sketch was compiled
RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
}
*/
Serial.println("GSM Shield testing.");
//Start configuration of shield with baudrate.
//For http uses is raccomanded to use 4800 or slower.
if (gsm.begin(9600)) {
    Serial.println("\nstatus=READY");
    started=true;
} else Serial.println("\nstatus=IDLE");

};

void loop()
{

char buffer[40];
int id=1;
int sensor=0;
int v=13;
int volt=0;
sensor = analogRead(A0);// LEO EL SENSOR DE DISTANCIAS
v=analogRead(A1);//LEP EL SENSOR DE VOLTAJE
volt=v/40.5;
    Serial.print("Sensor:");
    Serial.println(sensor);
/*
    DateTime now = RTC.now();////LEO RTC
    int hh=(now.hour());
    int mm=(now.minute());

```

```

int ss=(now.second());
int aa=(now.year());
int me=(now.month());
int dd=(now.day());
*/
//////////////////////////////////////////ARMO UN BUFFER PARA ENVIAR A LA WEB

// sprintf(buffer, "/caudales/recibir.php?var1=%1.1d-%1.1d-
%1.1d&var2=%1.1d:%1.1d:%1.1d&var3=%1.1d&var4=%1.1d&var5=%1.1d",aa,me,dd,
hh,mm,ss,sensor,id,volt);//SPRINT PERMITE CREAR UN VECTOR BASADO EN
VARIABLES

// DateTime now = RTC.now();

Serial.print("BUFFER:");

//Serial.println(buffer);

if(started) {
  //if(){
    //GPRS attach, put in order APN, username and password.
    //If no needed auth let them blank.

    if (inet.attachGPRS("internet.claro.com.ec", "claro", "claro"))
      Serial.println("status=ATTACHED");
    else Serial.println("status=ERROR");
    delay(1000);

    //Read IP address.
    gsm.SimpleWriteIn("AT+CIFSR");
    delay(2000);
    //Read until serial buffer is empty.
    gsm.WhileSimpleRead();

    //TCP Client GET, send a GET request to the server and
    //save the reply.

```

```
//appgps.ddns.net

//numdata=inet.httpGET("www.appgps.ddns.net", 80, buffer, msg, 250);//envio
de datos a la web

//http://appgps.ddns.net/dato/?latitud=-0.169581&longitud=-78.4604&id=4

numdata=inet.httpGET("appgps.ddns.net", 80, "/dato/?latitud=-
0.169581&longitud=-88.4604&id=4", msg, 250);
Serial.println("\nNumber of data received:");
Serial.println(numdata);
Serial.println("\nData received:");
Serial.println(msg);

// }

}
delay(10000);//delay para envio de datos web
}

void serialswread()
{
gsm.SimpleRead();
}
```

## Anexo 12

Este anexo muestra la programación usada en la programación de la aplicación móvil.

### Main Activity

```
import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.Toast;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    EditText correo, pass;
    Button inicio;
    WebService web;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        web = new WebService();

        correo = (EditText)findViewById(R.id.text_correo);
        pass = (EditText)findViewById(R.id.text_pass);

        inicio = (Button)findViewById(R.id.button);

        inicio.setOnClickListener(new View.OnClickListener(){
            @Override
            public void onClick(View v){
                final String correo_data = correo.getText().toString();
                final String pass_data = pass.getText().toString();

                if ((correo_data.length()>0)&&(pass_data.length()>0)){
                    Thread tr = new Thread(){
                        @Override
                        public void run() {

                            final String datos = web.Inicio_Sesion(correo_data, pass_data);
                            runOnUiThread(new Runnable() {
                                @Override
```

```

        public void run() {
            if (web.Hay_Datos(datos)){
                Intent intent = new Intent(getApplicationContext(),
Principal.class);

                //EditText editText = (EditText) findViewById(R.id.editText);
                //String message = editText.getText().toString();
                //intent.putExtra(EXTRA_MESSAGE, message);
                startActivity(intent);
                finish();
            }else{
                Toast.makeText(getApplicationContext(), "Las credenciales
son incorrectas.", Toast.LENGTH_LONG).show();
                pass.setText("");
                correo.setText("");
            }
        }
    });
}
};
tr.start();
}else{
    Toast.makeText(getApplicationContext(), "Debe ingresar los dos campos
obligatoriamente.", Toast.LENGTH_LONG).show();
}

}
});
}
}
}

```

```

import android.Manifest;
import android.app.Activity;
import android.app.Dialog;
import android.content.Intent;
import android.content.pm.PackageManager;
import android.location.Location;
import android.location.LocationListener;
import android.os.AsyncTask;
import android.support.annotation.NonNull;
import android.support.annotation.Nullable;
import android.support.v4.app.ActivityCompat;
import android.support.v4.app.FragmentActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

```

```
import com.directions.route.AbstractRouting;
import com.directions.route.Route;
import com.directions.route.RouteException;
import com.directions.route.Routing;
import com.directions.route.RoutingListener;
import com.google.android.gms.common.ConnectionResult;
import com.google.android.gms.common.GooglePlayServicesUtil;
import com.google.android.gms.common.api.GoogleApiClient;
import com.google.android.gms.location.LocationRequest;
import com.google.android.gms.location.LocationServices;
import com.google.android.gms.maps.CameraUpdateFactory;
import com.google.android.gms.maps.GoogleMap;
import com.google.android.gms.maps.OnMapReadyCallback;
import com.google.android.gms.maps.SupportMapFragment;
import com.google.android.gms.maps.UiSettings;
import com.google.android.gms.maps.model.LatLng;
import com.google.android.gms.maps.model.Marker;
import com.google.android.gms.maps.model.MarkerOptions;
import com.google.android.gms.maps.model.Polyline;
import com.google.android.gms.maps.model.PolylineOptions;
```

```
import org.json.JSONArray;
import org.json.JSONObject;
```

```
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
```

```
public class MapsActivity extends FragmentActivity implements OnMapReadyCallback,
GoogleApiClient.ConnectionCallbacks, GoogleApiClient.OnConnectionFailedListener,
com.google.android.gms.location.LocationListener, RoutingListener {
```

```
    private GoogleMap mMap;
    String latitud, longitud, id_seleccionado;
    WebService web;
```

```
    GoogleApiClient mGoogleApiClient;
    Location mLastLocation;
    LocationRequest mLocationRequest;
```

```
    private Marker PosicionCarro;
    boolean centrar = false;
```

```
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_maps);
```

```
        //actualizar = (Button)findViewById(R.id.actualizar);
```

```
        polylines = new ArrayList<>();
```

```

int estado =
GooglePlayServicesUtil.isGooglePlayServicesAvailable(getApplicationContext());

if (estado == ConnectionResult.SUCCESS) {
    latitud = getIntent().getExtras().getString("latitud");
    longitud = getIntent().getExtras().getString("longitud");
    id_seleccionado = getIntent().getExtras().getString("id_seleccionado");

    // Obtain the SupportMapFragment and get notified when the map is ready to
    be used.
    SupportMapFragment mapFragment = (SupportMapFragment)
getSupportFragmentManager()
    .findFragmentById(R.id.map);
    mapFragment.getMapAsync(this);
} else {
    Dialog dialog = GooglePlayServicesUtil.getErrorDialog(estado, (Activity)
getApplicationContext(), 10);
    dialog.show();
}

/*actualizar.setOnClickListener(new View.OnClickListener(){

@Override
public void onClick(View v) {
    Thread tr = new Thread(){
        @Override
        public void run() {

            final String posiciones = web.Posicion(id_seleccionado);

            runOnUiThread(new Runnable() {
                @Override
                public void run() {
                    try{
                        JSONArray pos_temp = new JSONArray(posiciones);

                        for (int i = 0; i < pos_temp.length(); i++) {
                            JSONObject jsonobject = pos_temp.getJSONObject(i);

                            latitud = jsonobject.getString("latitud");
                            longitud = jsonobject.getString("longitud");
                        }
                    }catch(Exception e){
                        System.out.println(e.getMessage());
                    }
                }
            });
        }
    };
}
}
}

```

```

        });
    }
};
tr.start();
}
});*/
}

@Override
public void onMapReady(GoogleMap googleMap) {
    mMap = googleMap;

    double lat_data = Double.parseDouble(latitud);
    double lon_data = Double.parseDouble(longitud);

    if (ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED &&
ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
        return;
    }
    buildGoogleApiClient();
    mMap.setMyLocationEnabled(true);
    mMap.animateCamera(CameraUpdateFactory.zoomTo(15));

    /*mMap.setMapType(googleMap.MAP_TYPE_NORMAL);

    UiSettings uisetting = mMap.getUiSettings();
    uisetting.setZoomControlsEnabled(true);

    // Add a marker in Sydney and move the camera
    LatLng sydney = new LatLng(lat_data, lon_data);
    mMap.addMarker(new MarkerOptions().position(sydney).title("Automovil"));
    float zoom_level = 17;
    mMap.moveCamera(CameraUpdateFactory.newLatLngZoom(sydney,
zoom_level));*/
}

protected synchronized void buildGoogleApiClient(){
    mGoogleApiClient = new GoogleApiClient.Builder(this)
        .addConnectionCallbacks(this)
        .addOnConnectionFailedListener(this)
        .addApi(LocationServices.API)
        .build();
    mGoogleApiClient.connect();
}

@Override

```

```

public void onLocationChanged(Location location) {
    mLastLocation = location;
    LatLng latLng = new LatLng(location.getLatitude(), location.getLongitude());
    if (!centrar){
        mMap.moveCamera(CameraUpdateFactory.newLatLng(latLng));
        centrar = true;
    }

    LocationTaks It = new LocationTaks();
    It.execute();

    double lat_data = Double.parseDouble(latitud);
    double lon_data = Double.parseDouble(longitud);

    LatLng pos_carro = new LatLng(lat_data, lon_data);
    if (PosicionCarro!=null){
        PosicionCarro.remove();
    }

    Location loc1 = new Location("");
    loc1.setLatitude(location.getLatitude());
    loc1.setLongitude(location.getLongitude());

    Location loc2 = new Location("");
    loc2.setLatitude(pos_carro.latitude);
    loc2.setLongitude(pos_carro.longitude);

    float distance = loc1.distanceTo(loc2);

    PosicionCarro = mMap.addMarker(new
    MarkerOptions().position(pos_carro).title("Automovil"));
    getRouteToMarker(pos_carro);
}

private void getRouteToMarker(LatLng pos_carro) {
    try{
        Routing routing = new Routing.Builder()
            .travelMode(AbstractRouting.TravelMode.DRIVING)
            .withListener(this)
            .alternativeRoutes(false)
            .waypoints(new LatLng(mLastLocation.getLatitude(),
mLastLocation.getLongitude()), pos_carro)
            .build();
        routing.execute();
    }catch(Exception e){
        //
    }
}
}

```

```

@Override
public void onConnected(@Nullable Bundle bundle) {
    // cuando el mapa esta conectado y mostrado
    mLocationRequest = new LocationRequest();
    mLocationRequest.setInterval(30000);
    mLocationRequest.setFastestInterval(30000);
    mLocationRequest.setPriority(LocationRequest.PRIORITY_HIGH_ACCURACY);

    if (ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED &&
ActivityCompat.checkSelfPermission(this,
Manifest.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION) !=
PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {

        return;
    }
    LocationServices.FusedLocationApi.requestLocationUpdates(mGoogleApiClient,
mLocationRequest, this);

}

@Override
public void onConnectionSuspended(int i) {
    Regresar();
}

@Override
public void onConnectionFailed(@NonNull ConnectionResult connectionResult) {
    Regresar();
}

private void Regresar(){
    Intent intent = new Intent(MapsActivity.this, Principal.class);
    startActivity(intent);
    finish();
}

private void Actualizar_Locacion(){

    Thread tr = new Thread(){
        @Override
        public void run() {

            final String posiciones = web.Posicion(id_seleccionado);

            runOnUiThread(new Runnable() {
                @Override
                public void run() {
                    try{

```

```

JSONArray pos_temp = new JSONArray(posiciones);

for (int i = 0; i < pos_temp.length(); i++) {
    JSONObject jsonobject = pos_temp.getJSONObject(i);

    latitud = jsonobject.getString("latitud");
    longitud = jsonobject.getString("longitud");
    System.out.println("nueva latitud = "+latitud);
}

}catch(Exception e){
    System.out.println(e.getMessage());
}

}
});
}
};
tr.start();
}

private List<Polyline> polylines;
private static final int[] COLORS = new int[]{R.color.primary_dark_material_light};

@Override
public void onRoutingFailure(RouteException e) {
    if(e != null) {
        Toast.makeText(this, "Error: " + e.getMessage(),
Toast.LENGTH_LONG).show();
    }else {
        Toast.makeText(this, "Something went wrong, Try again",
Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }
}

@Override
public void onRoutingStart() {

}

@Override
public void onRoutingSuccess(ArrayList<Route> route, int shortestRouteIndex) {
    if(polylines.size()>0) {
        for (Polyline poly : polylines) {
            poly.remove();
        }
    }
}

polylines = new ArrayList<>();
//add route(s) to the map.

```

```

for (int i = 0; i <route.size(); i++) {

    //In case of more than 5 alternative routes
    int colorIndex = i % COLORS.length;

    PolylineOptions polyOptions = new PolylineOptions();
    polyOptions.color(getResources().getColor(COLORS[colorIndex]));
    polyOptions.width(10 + i * 3);
    polyOptions.addAll(route.get(i).getPoints());
    Polyline polyline = mMap.addPolyline(polyOptions);
    polyLines.add(polyline);

    //Toast.makeText(getApplicationContext(),"Route "+ (i+1) +": distance - "+
route.get(i).getDistanceValue()+" duration - "+
route.get(i).getDurationValue(),Toast.LENGTH_SHORT).show();
}
}

@Override
public void onRoutingCancelled() {

}

```

```

class LocationTaks extends AsyncTask{

    @Override
    protected Object doInBackground(Object[] objects) {

        Actualizar_Locacion();
        return null;
    }
}

```

```

import android.app.Activity;
import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.View;
import android.view.ViewGroup;
import android.widget.AdapterView;
import android.widget.BaseAdapter;
import android.widget.Button;
import android.widget.ListView;
import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

```

```

import org.json.JSONArray;
import org.json.JSONObject;
import org.w3c.dom.Text;

import java.util.ArrayList;

public class Principal extends AppCompatActivity {

    WebService web = new WebService();

    String[] vehiculo_lista = {};
    String[] placas_lista = {};
    String[] colores_lista = {};
    String[] id_lista = {};

    JSONArray elementos;
    Button salir;
    ListView carros;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_principal);

        salir = (Button)findViewById(R.id.salir);
        carros = (ListView)findViewById(R.id.vehiculos);

        Thread tr = new Thread(){
            @Override
            public void run() {

                final String datos = web.Vehiculos();
                runOnUiThread(new Runnable() {
                    @Override
                    public void run() {
                        try{
                            elementos = new JSONArray(datos);

                            if (elementos.length()>0) {
                                for (int i = 0; i < elementos.length(); i++) {
                                    JSONObject jsonobject = elementos.getJSONObject(i);
                                    String id = jsonobject.getString("id_vehiculo");
                                    String vehiculo = jsonobject.getString("vehiculo");
                                    String color = jsonobject.getString("color");
                                    String placa = jsonobject.getString("placa");

                                    vehiculo_lista = add(vehiculo_lista, vehiculo);
                                    colores_lista = add(colores_lista, color);
                                    placas_lista = add(placas_lista, placa);
                                }
                            }
                        } catch (Exception e) {
                            e.printStackTrace();
                        }
                    }
                });
            }
        };
    }
}

```

```

        id_lista = add(id_lista, id);
    }

    CustomAdapter custom = new CustomAdapter();
    carros.setAdapter(custom);
}else{
    Toast.makeText(getApplicationContext(), "No existen vehículos
registrados en el sistema.", Toast.LENGTH_SHORT).show();
}

}catch(Exception e){
    System.out.println(e.getMessage());
}

}
});
}
};
tr.start();

salir.setOnClickListener(new View.OnClickListener(){

    @Override
    public void onClick(View v) {
        finish();
    }
});

carros.setOnItemClickListener(new AdapterView.OnItemClickListener() {
    @Override
    public void onItemClick(AdapterView<?> arg0, View arg1, int position, long
arg3) {
        final String id_seleccionado = ((TextView)
arg1.findViewById(R.id.id_vehiculo)).getText().toString();
        Thread tr = new Thread(){
            @Override
            public void run() {

                final String posiciones = web.Posicion(id_seleccionado);

                runOnUiThread(new Runnable() {
                    @Override
                    public void run() {
                        try{
                            JSONArray pos_temp = new JSONArray(posiciones);

                            for (int i = 0; i < pos_temp.length(); i++) {
                                JSONObject jsonobject = pos_temp.getJSONObject(i);

                                String latitud = jsonobject.getString("latitud");

```

```

        String longitud = jsonobject.getString("longitud");

        Intent intent = new Intent(Principal.this, MapsActivity.class);
        intent.putExtra("latitud", latitud);
        intent.putExtra("longitud", longitud);
        intent.putExtra("id_seleccionado", id_seleccionado);
        startActivity(intent);
    }

    }catch(Exception e){
        System.out.println(e.getMessage());
    }

    }
    });
}
};
tr.start();
}
});
}
}

```

```

class CustomAdapter extends BaseAdapter{

    @Override
    public int getCount() {
        return vehiculo_lista.length;
    }

    @Override
    public Object getItem(int position) {
        return null;
    }

    @Override
    public long getItemId(int position) {
        return 0;
    }

    @Override
    public View getView(int position, View convertView, ViewGroup parent) {
        convertView = getLayoutInflater().inflate(R.layout.listado_vehiculos, null);
        TextView vehiculo = (TextView)convertView.findViewById(R.id.placa_vehiculo);
        TextView color_placa =
(TextView)convertView.findViewById(R.id.placa_color_vehiculo);
        TextView id_vehiculo = (TextView)convertView.findViewById(R.id.id_vehiculo);

        vehiculo.setText(vehiculo_lista[position]);
        color_placa.setText(placas_lista[position]+" - "+colores_lista[position]);
        id_vehiculo.setText(id_lista[position]);
    }
}

```

```

        return convertView;
    }
}

public static String[] add(String[] originalArray, String newItem){
    int currentSize = originalArray.length;
    int newSize = currentSize + 1;
    String[] tempArray = new String[ newSize ];
    for (int i=0; i < currentSize; i++)
    {
        tempArray[i] = originalArray [i];
    }
    tempArray[newSize- 1] = newItem;
    return tempArray;
}
}

import android.content.Intent;
import android.widget.Toast;

import org.json.JSONArray;

import java.io.DataOutput;
import java.io.DataOutputStream;
import java.net.HttpURLConnection;
import java.net.URL;
import java.util.Scanner;

public class WebService {

    String servidor = "http://www.fomentocultural.gob.ec/app";

    public String Inicio_Sesion(String correo, String pass){
        String parametros = "correo="+correo+"&pass="+pass;
        HttpURLConnection conexion = null;
        String respuesta = "";

        try{
            URL url = new URL(servidor+"/login.php");
            conexion = (HttpURLConnection)url.openConnection();
            conexion.setRequestMethod("POST");
            conexion.setRequestProperty("Content-Length",
""+Integer.toString(parametros.getBytes().length));
            conexion.setDoOutput(true);
            DataOutputStream wr = new DataOutputStream(conexion.getOutputStream());
            wr.writeBytes(parametros);
            wr.close();

```

```

        Scanner inStream = new Scanner(conexion.getInputStream());
        while(inStream.hasNextLine()){
            respuesta +=(inStream.nextLine());
        }
    }catch(Exception e){
        //respuesta = e.getMessage();
        System.out.println(e.getMessage());
    }
    return respuesta.toString();
}

public String Vehiculos(){
    String parametros = "";
    HttpURLConnection conexion = null;
    String respuesta = "";

    try{
        URL url = new URL(servidor+"/vehiculos.php");
        conexion = (HttpURLConnection)url.openConnection();
        conexion.setRequestMethod("POST");
        conexion.setRequestProperty("Content-Length",
""+Integer.toString(parametros.getBytes().length));
        conexion.setDoOutput(true);
        DataOutputStream wr = new DataOutputStream(conexion.getOutputStream());
        wr.writeBytes(parametros);
        wr.close();

        Scanner inStream = new Scanner(conexion.getInputStream());
        while(inStream.hasNextLine()){
            respuesta +=(inStream.nextLine());
        }
    }catch(Exception e){
        //respuesta = e.getMessage();
        System.out.println(e.getMessage());
    }
    return respuesta.toString();
}

public String Posicion(String id){
    String parametros = "id="+id;
    HttpURLConnection conexion = null;
    String respuesta = "";

    try{
        URL url = new URL(servidor+"/posicion_vehiculo.php");
        conexion = (HttpURLConnection)url.openConnection();
        conexion.setRequestMethod("POST");
        conexion.setRequestProperty("Content-Length",
""+Integer.toString(parametros.getBytes().length));
        conexion.setDoOutput(true);

```

```

        DataOutputStream wr = new DataOutputStream(conexion.getOutputStream());
        wr.writeBytes(parametros);
        wr.close();

        Scanner inStream = new Scanner(conexion.getInputStream());
        while(inStream.hasNextLine()){
            respuesta +=(inStream.nextLine());
        }
    }catch(Exception e){
        //respuesta = e.getMessage();
        System.out.println(e.getMessage());
    }
    return respuesta.toString();
}

public boolean Hay_Datos(String pta){
    boolean res = false;
    try{
        JSONArray json = new JSONArray(pta);
        if (json.length()>0)
            res = true;
    }catch(Exception e){
        System.out.println(e.getMessage());
    }
    return res;
}
}

```

## Anexo 13

En esta sección se muestra el manual de uso de la aplicación móvil.

<b>UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS</b>	
<b>Tema: : MANUAL DE USO DE APLICACIÓN MÓVIL DE MONITOREO Y CONTROL DE RUTAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO</b>	
<b>Código No. : UDLA-STP-01</b>	<b>Versión: 1.0</b>
<b>Producto / : APLICACIÓN MÓVIL Servicio</b>	
<b>Fecha de : 26/12/2018 Elaboración</b>	<b>Actualización:</b>

### ALCANCE

Este manual sirve para indicar el uso de la aplicación móvil diseñada para el monitoreo y control de rutas del sistema de transporte público urbano del Distrito Metropolitano de Quito.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

#### 2.1 INSTALACIÓN DE APLICACIÓN MÓVIL

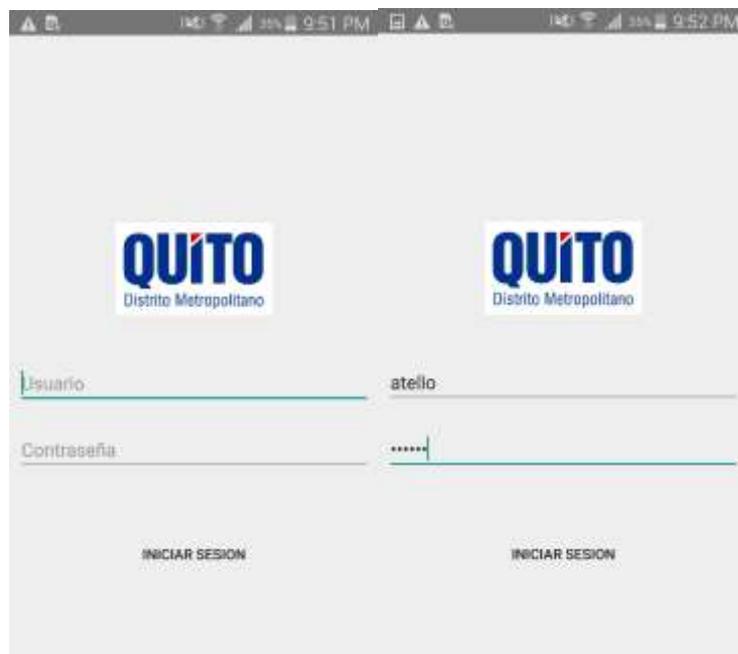
2.1.1. Copiar la aplicación móvil en formato .apk en el dispositivo con sistema operativo Android.

2.1.2 Instalar la aplicación en el dispositivo móvil. Permitir los accesos solicitados por la aplicación: GPS, Datos Móviles.

2.1.3 Una vez instalada la aplicación, la misma iniciará indicando una primera pantalla de inicio como se muestra a continuación:



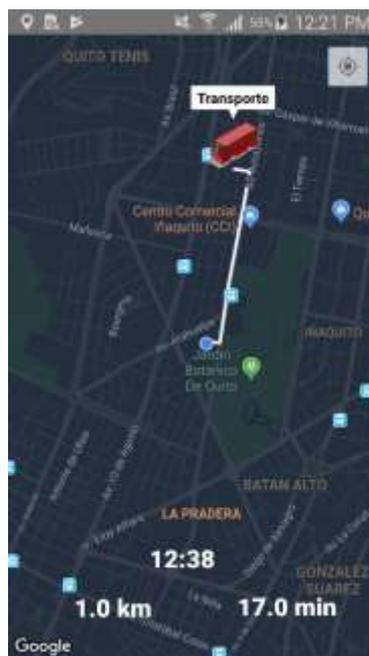
2.1.4 Una vez que todos los componentes se carguen, la aplicación mostrará un inicio de sesión, el cual deberá ser ingresado con credenciales correctas para que se permita acceder a usar los servicios de la aplicación.



2.1.5 Una vez validadas las credenciales se mostrarán las rutas que se encuentran disponibles, de las cuales se elegirá la solicitada y donde se procederá a mostrar el mapa.



2.1.6 Seleccionada la ruta se mostrará el mapa con la ubicación actual del próximo transporte, rutas y tiempo.



En esta sección se muestra el manual de uso de la aplicación web.

<b>UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS</b>	
<b>Tema: : MANUAL DE USO DE APLICACIÓN WEB DE MONITOREO Y CONTROL DE RUTAS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO</b>	
<b>Código No. : UDLA-STP-02</b>	<b>Versión: 1.0</b>
<b>Producto / Servicio : APLICACIÓN WEB</b>	
<b>Fecha de Elaboración : 26/12/2018</b>	<b>Actualización:</b>

## DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

### 2.1 REGISTRO DE USUARIOS PARA APLICACIÓN WEB Y MÓVIL

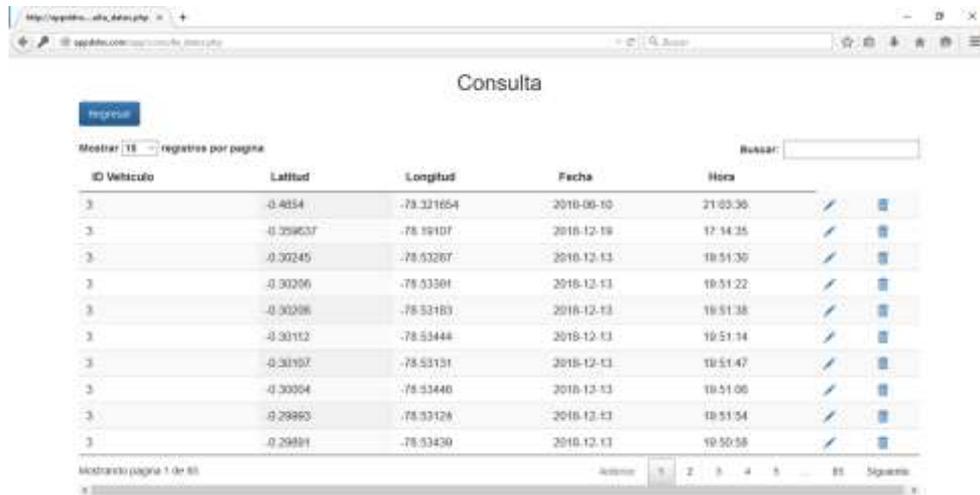
2.1.1. Ingresar a la aplicación web alojada en la siguiente dirección: <http://appdns.com/app/> , en donde el usuario que desea acceder a las aplicaciones para el monitoreo y control del sistema de transporte público podrá realizar el registro de sus datos.



2.1.2 Una vez ingresados los datos dé click en el botón “Registrarme” para ingresar el nuevo usuario en la base de datos, el cual se encontrará listo para su uso en la aplicación móvil y web, además se mostrará un mensaje de creación satisfactoria.



2.1.5 Una vez que se ingresa en el panel de control se podrá ingresar en la opción “Consultar Datos” para verificar desde la base de datos los puntos donde el prototipo ha enviado su ubicación.



The screenshot shows a web browser window with the URL 'http://appdtes.com/consultar\_datos.php'. The page title is 'Consulta'. There is a search bar labeled 'Buscar:' and a table with the following columns: 'ID Vehículo', 'Latitud', 'Longitud', 'Fecha', and 'Hora'. The table contains 10 rows of data. Below the table, it says 'Mostrando página 1 de 81' and there are pagination controls for pages 1, 2, 3, 4, 5, and 81, with 'Siguiente' (Next) and 'Anterior' (Previous) buttons.

ID Vehículo	Latitud	Longitud	Fecha	Hora
3	-0.4854	-78.321654	2018-06-10	21:03:36
3	-0.299637	-78.59107	2018-12-18	12:14:25
3	-0.30245	-78.53267	2018-12-13	19:51:30
3	-0.30206	-78.53361	2018-12-13	19:51:22
3	-0.30286	-78.53163	2018-12-13	19:51:38
3	-0.30112	-78.53444	2018-12-13	19:51:14
3	-0.30167	-78.53131	2018-12-13	19:51:47
3	-0.30304	-78.53440	2018-12-13	19:51:06
3	-0.29960	-78.53126	2018-12-13	19:51:54
3	-0.29991	-78.53430	2018-12-13	19:50:56

2.1.6 También se podrá encontrar en el panel de control se podrá ingresar la opción “Mapa” para que en un mapa sean localizados los puntos por donde el prototipo ha enviado datos.

