



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE
COMUNICACIÓN MÁQUINA A MÁQUINA (M2M) PARA
OPTIMIZAR EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE BUSES
DE LA ESPOL”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

JOSÉ JAVIER CABRERA JIMÉNEZ

DIEGO ALEJANDRO TELLO GRANJA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a nuestro director de tesis y amigo el profesor Vladimir Sánchez Padilla quien nos dio su apoyo desde la primera etapa del proceso de titulación brindándonos consejos y objetivos claros para la definición de un tema de investigación desafiante, innovador y práctico. Con sus pautas y observaciones nos permitió desarrollar un tema de investigación creado por nosotros que será aplicado y utilizado por nuestros compañeros estudiantes en beneficio de la universidad ESPOL.

Agradezco a mi compañero y mejor amigo José Javier Cabrera por su apoyo incondicional. Hemos trabajado en equipo en proyectos académicos desde nuestras primeras clases de universidad y considero que se ha convertido en un excelente profesional y colega con grande potencial de crecimiento. Gracias a sus conocimientos en tecnología y experiencia en el ámbito comercial logramos completar esta investigación cumpliendo todos los objetivos planteados. Adicionalmente agradezco a todos los profesores de nuestra maestría MET4 quienes de forma particular hicieron que aprecie cada una de las ramas de mi carrera y comprenda el impacto que las Telecomunicaciones pueden tener en el desarrollo y la continua mejora de nuestra sociedad.

Diego Tello Granja

Mi más sincero agradecimiento a Vladimir Sánchez Padilla, por ser la persona que decidió apoyarnos, guiarnos y darnos los ánimos necesarios para que podamos encontrar un tema de investigación en el cual mi amigo Diego y yo podamos centrar toda nuestra atención a sí mismo como el empeño por investigarlo. Agradezco infinitamente a mi amigo y compañero de carrera Diego, que se ha convertido como un hermano y siempre me ha apoyado cuando más lo he necesitado. A mi querida ESPOL, que no solo me permitió convertirme en un Ingeniero, ahora me permite tener un grado de Master. En sus aulas conocí la ética tanto de sus profesores como de mis compañeros, la ESPOL me ha regalado momentos y oportunidades que no cambiaría por nada.

José Javier Cabrera

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, quienes mediante su apoyo incondicional y su convicción en hacerme creer en mí mismo, me han convertido en el profesional que soy ahora. Siempre me han dado la libertad de tomar mis propias decisiones, de aprender de mis propios errores y me han enseñado los mejores valores. Gracias papa por tu perseverancia en hacerme mejorar día a día. Gracias mamá por hacerme siempre apuntar a lo más alto.

Diego Tello Granja

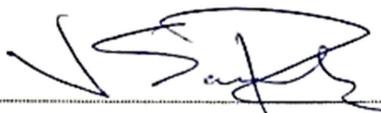
Este trabajo lo quiero dedicar a mi papi, mami, hermana y hermanito, que son los pilares de mi vida. Mi papi Jorge que es el mejor ser humano del mundo entero, sin su apoyo incondicional y su amor infinito no podría haber terminado este trabajo. Él me enseñó a soñar despierto, ser tolerante y valorar cada vida en nuestro planeta. Mi mami Olga me enseñó a que todos somos iguales y que vengas de donde vengas puedes lograr lo que desees siempre cultivándote con más conocimientos, ella es la parte dedicada, cuidadosa y organizada. Siempre agradeceré que por ella sobresaliera en cada ámbito académico y sus malas noches de estudio junto a mí, siempre las tengo presentes y no puedo evitar extrañarla. Le dedico con mucho cariño a mi hermana Krysty que siempre me apoya y sobre todo porque me enseña que uno puede ser valiente en toda situación, a veces quisiera saber de dónde proviene tanta valentía y amor por los demás. Por último y no menos importante esto le dedico a mi hermano Jorgito, él es mi mayor tesoro y mi inspiración, es tan brillante a la hora de realizar sus actividades, de manera que desespero por decirle lo orgulloso que me hace.

José Javier Cabrera

TRIBUNAL DE SUSTENTACION



César Antonio Martín Moreno, PhD
SUBDECANO DE LA FIEC



Vladimir Sánchez Padilla, M.Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Adriana Elisa Collaguazo Jaramillo, M.Sc
MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



José Javier Cabrera



Diego Tello Granja

RESUMEN

La difícil tarea de administrar la red de buses de la ESPOL y la falta de información sobre la ubicación de los vehículos, dio origen a este proyecto, conduciendo a TRANSESPOL al mundo del Internet de Todo.

Se investigó sobre cuál sería la mejor solución de control de flotas que se base en tecnología M2M para obtener la ubicación geográfica de los buses. Una vez que se definió GEOTAB como la solución a utilizar, se procedió a implementar un piloto, dando resultados positivos que permitieron mostrar los beneficios de las soluciones M2M. Se dimensionó el proyecto a nivel lógico, físico y económico, dando como resultado un control detallado de la ubicación de los buses en tiempo real, educación continua de los conductores con alarmas sonoras al infringir normas establecidas por los administradores, creación de rutas definidas y asignación de conductores, además proporcionando una oportunidad a la comunidad politécnica de tener acceso a información georreferenciada de la ubicación en tiempo real. Existirá un servidor con información del comportamiento de los buses para el desarrollo de aplicaciones y análisis de BIG DATA, donde la comunidad politécnica podrá beneficiarse en trabajos futuros.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACION	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodología.....	3
1.4 Resultados Esperados	4
CAPÍTULO 2	5
2. MÁQUINA A MÁQUINA (M2M) APLICADO PARA LA GESTIÓN DE FLOTAS	5
2.1 Antecedentes de M2M.....	5
2.2 Arquitectura topológica para la gestión de flotas	6
2.3 Equipos propuestos para el desarrollo de la infraestructura.....	7
2.4 Situación actual de la red de transporte de la ESPOL.....	11
CAPÍTULO 3	13
3. DISEÑO DE CONECTIVIDAD M2M PARA LOS BUSES DE LA ESPOL	13
3.1 Diseño de la solución específica de conectividad para la ESPOL.	13
3.2 Definición de la operadora móvil local.	15
3.3 Dimensionamiento de los recursos de conectividad M2M.	16
3.3.1 Rango de IPs y número de tarjetas SIM requeridas	17
3.3.2 Permisos de firewall en la red de la operadora.....	17

3.3.3	Esquema de conectividad bidireccional.....	17
CAPÍTULO 4		20
4.	DESARROLLO DE LA CONECTIVIDAD ENTRE LA ESPOL Y LA OPERADORA MÓVIL	20
4.1	Dimensionamiento del servidor para el almacenamiento de información en la ESPOL.....	20
4.2	Canal de datos entre la Matriz de la ESPOL y la red MPLS de la operadora móvil	21
4.2.1	Dimensionamiento del ancho de banda para la solución .	22
4.2.2	Factibilidad de enlace de datos principal con fibra óptica.	22
4.2.3	Factibilidad de enlace de datos redundante con radio licenciada	26
CAPÍTULO 5.....		30
5.	MANEJO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DESDE LAS TARJETAS SIM M2M Y SU PRESENTACIÓN ANTE LOS USUARIOS FINALES ...	30
5.1	Diseño de una aplicación vertical para la visualización en tiempo real de la ubicación de los buses de la ESPOL	30
5.1.1	Alcance de la aplicación para el usuario final e interacción con el servidor de información M2M	30
5.1.2	Diagramas de casos de uso	31
5.1.3	Interfaz gráfica.....	32
5.2	Pruebas experimentales de la solución M2M en una ruta de los buses de la ESPOL.....	33
CAPÍTULO 6.....		35
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS ENLACES DE DATOS DE LA RED CELULAR, TERMINALES Y APLICATIVO.....	35
6.1	Oferta económica de valores recurrentes.....	35
6.1.1	Servicio de conectividad M2M.....	35
6.1.2	Enlace con redundancia hacia matriz de la ESPOL	36
6.2	Oferta económica de valores no recurrentes.....	36

6.2.1	Equipos o terminales de los buses	36
6.2.2	Servidor para alojamiento de información	36
6.2.3	Desarrollo de la aplicación vertical	36
6.2.4	Instalación de terminales en la red de transporte de la ESPOL.....	37
6.3	Oferta económica global para el sistema de transporte de la ESPOL.....	37
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		39
BIBLIOGRAFÍA.....		41
ANEXOS.....		42

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

En el presente capítulo se detalla sobre la forma en que se orienta la investigación, teniendo en cuenta la situación actual de la ESPOL y determinando el problema que se desea mejorar para optimizar el sistema de transporte de buses de la institución, indicando objetivos a alcanzar y lo que se espera obtener mediante la incorporación de un sistema M2M. Actualmente se está dando pasos enormes en el despliegue del Internet de Todo (IdT), es decir cada día se están conectando más cosas de uso diario al Internet, teniendo un mejor manejo de las mismas y de los recursos que estas utilizan. En la actualidad, el despliegue del IdT ha permitido que algunas ciudades mejoren la calidad de vida a sus habitantes brindando soluciones digitales.

1.1 Descripción del problema

El esquema actual de transporte de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) carece de un sistema automático de gestión de flotas que permita el rastreo de los buses en tiempo real, evitando que se puedan desarrollar continuas mejoras referentes a la gestión, supervisión y planeación de las rutas de los vehículos. Esto se lo pudo evidenciar mediante una reunión con personal administrativo de TRANSESPOL.

El hecho de no disponer de un monitoreo periódico perjudica a los estudiantes como principales usuarios del sistema de buses de la ESPOL ya que se desconoce la ubicación de los buses y su disponibilidad en las paradas.

Se requiere de un método de visualización de buses que facilite la gestión a los administradores de transporte de la ESPOL, beneficiando la logística de los buses permitiendo tomar medidas correctivas en tiempo real y mejora el servicio brindado a la comunidad politécnica.

Solución propuesta

Actualmente se encuentran en desarrollo tecnologías que permiten que los dispositivos de uso diario actúen de forma interactiva con el ser humano mediante

sensores y conexión a Internet, lo que conlleva a pensar que se puede suministrar un mayor confort a los habitantes de una población.

[3] Mediante el uso de tecnología M2M (Machine to Machine, por sus siglas en inglés) se podría brindar la ubicación los buses con un tiempo de retardo de aproximadamente 100 segundos, es decir ese es el tiempo que el dispositivo M2M actualiza las coordenadas. Debido a su configuración de fábrica, cuanto más cambie la dirección o velocidad del vehículo con más frecuencia el dispositivo actualizará la ubicación. Así mismo la actualización de la ubicación del dispositivo se verá reflejada en el mapa del aplicativo WEB. Los reportes se podrán verificar en la plataforma, tal cual como se muestran en el Anexo 3. También permite educar a los conductores y llevar un registro de los eventos sucedidos, todo esto se podrá visualizar en una aplicación que los estudiantes podrán monitorear en pantallas de los paraderos dentro de la ESPOL y para los administradores tendrán un aplicativo WEB donde monitorearán las unidades. Esta solución daría paso a un sin límites de beneficios que se pueden empezar a plantear tanto para los estudiantes, que son un segmento importante de los usuarios finales del sistema de transporte de la ESPOL, así como los administradores de recursos de TRANSESPOL.

1.2 Objetivos

Objetivo General:

- Implementar una solución de comunicación maquina a máquina (M2M) que optimice el sistema de la red de transporte de buses en la ESPOL, permitiendo el rastreo de los buses que lo componen en tiempo real, para que se mejore la gestión, supervisión y planeación de rutas en beneficio de los usuarios finales.

Objetivos Específicos:

- Diseñar un esquema de comunicación máquina a máquina (M2M) mediante el uso de la red celular y la red MPLS (MultiProtocol Label Switching por sus siglas en inglés) de una operadora móvil local.
- Desarrollar una aplicación vertical de visualización en tiempo real para los usuarios finales, mediante el uso de pantallas.
- Evaluar la solución diseñada en una ruta específica de los buses.

- Elaborar un presupuesto económico del proyecto final para toda la red de transporte de buses de la ESPOL.

1.3 Metodología

Metodología para los objetivos específicos:

El primer objetivo se conseguirá mediante el aprovisionamiento de recursos M2M en la red del operador móvil. Estos recursos incluyen: la asignación de direccionamiento IP privado exclusivo para las tarjetas SIM, los permisos de firewall para el enrutamiento entre la red móvil y la red MPLS. La cantidad de tarjetas SIM será delimitada por el total de buses en la red de transporte de la ESPOL con un rango adicional de posible crecimiento. Las políticas de seguridad del firewall en la nube del operador móvil serán configuradas para que las tarjetas SIM instaladas en los buses tengan acceso al servidor de que será implementado en la universidad ESPOL. Adicionalmente se le provisionará un canal dedicado de Internet a este servidor para la comunicación segura.

El segundo objetivo se alcanzará mediante la configuración de una aplicación que permitirá la visualización en tiempo real de la flota de buses mediante pantallas instaladas en las paradas de la universidad. Con esto se brindará un mejor servicio.

El tercero objetivo será gestionado mediante la conectividad M2M con una operadora móvil del país. Se dimensionará la solución para tener trazabilidad en periodos muy cercanos a los 100 segundos de la ubicación de una tarjeta SIM de prueba en uno de los buses de la ESPOL. Se levantará un servidor con acceso a Internet para almacenar información de los dispositivos que se instalarán en los vehículos.

El último objetivo se alcanzará extrapolando los resultados obtenidos en la implementación de la prueba hacia el total de buses de la red completa de transporte de la ESPOL. Se incluirá un alcance claro de la solución completa, un esquema de la implementación y las condiciones comerciales con las que aplicarían los valores económicos dimensionados.

1.4 Resultados Esperados

- Mediante el desarrollo de la solución M2M, los estudiantes y demás usuarios del servicio de transporte de la ESPOL tendrán una visualización de la ubicación de los buses en tiempo real, permitiéndoles optimizar su tiempo para realizar las diferentes actividades que tengan planeadas.
- La propuesta permitirá que los administradores de la red de transporte de la Institución puedan gestionar y supervisar de mejor manera los recorridos y sus tiempos de arribo, al igual que planificar posibles actualizaciones de las rutas establecidas.
- Que exista conectividad de las unidades de transporte a la red MPLS de una operadora móvil, permitiendo que en lo posterior estos sean vehículos que brinden información adicional que ayude a la entidad educativa en la gestión de recorridos.

CAPÍTULO 2

2. MÁQUINA A MÁQUINA (M2M) APLICADO PARA LA GESTIÓN DE FLOTAS

En este capítulo se explica sobre la solución planteada, se define que M2M es una de las interacciones del Internet de Todo y lo importante de empezar a implementar esta solución en la ESPOL. La arquitectura de esta solución será detallada gráfica y textualmente; así mismo se detalla como está la actual situación del sistema de transportes de buses de la ESPOL y se mencionará la infraestructura que se usará para conectar la Red de buses de la ESPOL al Internet, permitiendo implementar poco a poco aspectos como la predicción y la agilidad

2.1 Antecedentes de M2M

Con el gran avance tecnológico la interconexión de las cosas y las personas a Internet se ha incrementado de una forma acelerada, dando paso a un concepto llamado IdT (por sus siglas Internet de Todo). Se tiene 3 interacciones en IdT que son: M2M (por sus siglas en inglés Machine to Machine), con la que la gran mayoría de las industrias están desarrollando y mejorando procesos. M2M significa la interacción entre dos dispositivos, M2P (por sus siglas en inglés Machine to Person) que significa la interacción entre máquina y persona y P2P (por sus siglas en inglés Person to Person) que significa interacción entre persona y persona.

[1] Los elementos primordiales de los sistemas M2M son tres: sensores, actuadores y controladores. Todos estos deben ser configurados y a través de un enlace de red, indicar a un dispositivo cómo interpretar los datos y bajo ciertos criterios como reenviar esos datos.

A través de sistemas M2M se puede dar seguimiento a recursos físicos que antes se realizaba de forma manual y con posibles resultados erráticos, mientras ahora se puede supervisar y actuar en tiempo real. Plantear soluciones y tomar los correctivos adecuados mediante una simple visualización de los datos en una plataforma adecuada.

Los dispositivos que se emplean en M2M tienen protocolos exclusivos de comunicación, ya que no se tiene una plataforma estandarizada. A medida que se vuelva más frecuente el uso de conexiones M2M existirá una creciente necesidad de establecer estándares.

2.2 Arquitectura topológica para la gestión de flotas

Para tener una idea global sobre la topología que se emplean en los sistemas M2M para gestión de flotas, se detallan los componentes especificados en la Figura 2.1.

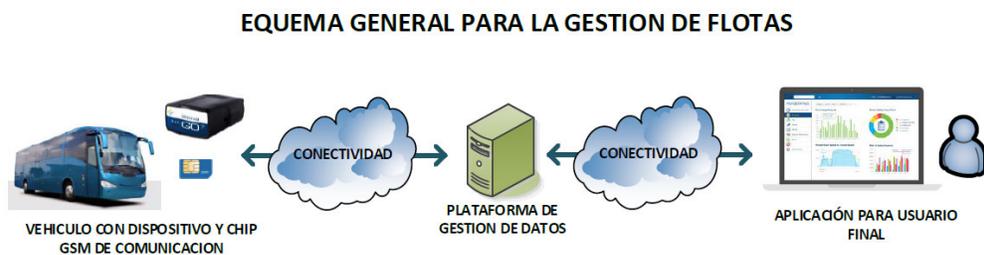


Figura 2.1: Arquitectura topológica para la gestión de flotas

Como se muestra en la Figura 2.1, toda la comunicación entre los 3 componentes es bidireccional, en primera instancia tenemos al vehículo al cual mediante un dispositivo que es un modem celular con un GPS emite parámetros que podamos obtener del vehículo. Luego esto se conecta en forma bidireccional con un servidor en el cual se encuentra la base de datos y la aplicación que se puede ver a través de un enlace de Internet en cualquier dispositivo con acceso WEB. En la aplicación se pueden realizar configuraciones para que, a diferente formación obtenida del dispositivo que se encuentra en el bus, esta tenga una cierta forma de ser representada e informada al administrador y al conductor.

La Figura 2.1 también se ha representado la Tabla 1 con sus respectivas entradas y salidas, tanto las proporcionadas por el usuario, las que viajan por la nube de internet y las emitidas por el dispositivo.

Entradas	Elemento	Salidas
Configuraciones desde el aplicativo web	Servidor M2M	Señales para el comportamiento de la alarma sonora del dispositivo M2M
Datos emitidos del dispositivo M2M		Datos estructurados para ser presentados en el aplicativo web
Señales emitidas por el servidor para activar o desactivar el parlante	Dispositivo M2M	Activación o desactivación de parlante interno
		Datos que generados en el dispositivo M2M
Datos estructurados del servidor M2M Datos del usuario, son las configuraciones o consultas	Aplicativo	Configuraciones del usuario Presentación gráfica y amigable de datos al usuario

Tabla 1: Entradas y salidas de cada elemento de la solución M2M

2.3 Equipos propuestos para el desarrollo de la infraestructura.

[2] Para el desarrollo de la solución M2M propuesta para la red de buses de la ESPOL se plantea el uso del dispositivo GO7 de la empresa GEOTAB, el mismo que es el de más alta gama y completo a nivel mundial en la telemática.

El dispositivo que se muestra en la Figura 2.2 fue instalado en el bus de la ESPOL, este bus es de uso variado tanto para estudiantes como para personal. Es modelo 2004 por lo que no tiene cerebro y se debe conectar mediante adaptador a la batería.



[4]Figura 2.2: Dispositivo GEOTAB GO7

El dispositivo es robusto, que incluye un módem celular y un GPS altamente sensibles, internamente tienen antenas y acelerómetros que están bajo el control de un firmware.

Entre las características principales para el uso de este dispositivo resaltan las siguientes:

- [3]Presentación de datos vehiculares más avanzados como número de identificación del vehículo, el odómetro, el uso de combustible, estado del cinturón de seguridad, las averías del motor, estado del pedal de freno entre otros, esto se refiere a que se puede adquirir datos del transporte debido a que los motores modernos tienen un cerebro al cual el dispositivo se puede enganchar y obtener toda la lectura precisa del autobús, siempre y cuando el cerebro pueda guardar esa información.
- Monitoreo de alta calidad, se refiere a que la ESPOL puede reducir costos con una administración a tiempo real de las flotas.
- Instalación fácil, es decir el dispositivo se conecta en el puerto OBDII y ya se tiene en funcionamiento, en la Figura 2.3 se muestra el enchufe hembra que se conecta en el enchufe macho del cerebro del carro. En vehículos donde no exista el cerebro se usará un adaptador que se conecte directo a la batería del vehículo, [3] la corriente que necesita el dispositivo es de 5mA.



[4]Figura 2.3: Adaptador de GO7 para cerebro de autobús.

En cambio, si el vehículo no cuenta con el puerto se usa un adaptador que tampoco requiere mayor esfuerzo. Para el piloto que se implementó en la ESPOL se tuvo el segundo escenario, en la Figura 2.4 se muestra cual es el adaptador para el uso de GEOTAB GO7.



[4]Figura 2.4: Adaptador del dispositivo GEOTAB GO7

- GPS con más rápida captación señal, es decir así el vehículo se encontrará en un lugar subterráneo, la tecnología de GEOTAB empezará a buscarlo en cuando se maneje la flota. La recepción de datos es precisa y segundo a segundo sobre todo el comportamiento de su flota.

- Diagnóstico de motor altamente preciso, se comunica y es compatible con diversos tipos de vehículos, incluyendo híbridos, electrónicos, camionetas de reparto y camiones.
- Alta calidad de registro, recolecta datos ventajosos sobre la salud y condiciones de funcionamiento del vehículo, alertando sobre los eventos de mantenimiento.
- Adiestramiento del conductor, monitorea el cumplimiento sobre las normas de conducción segura. En la Figura 2.5 podemos ver como el conductor del bus 8 se excedió en la velocidad en la Avenida Leopoldo Carrera Calvo que es de 30 Km/h. La Figura representa un histórico del bus es decir que no se visualizara la Figura del bus, el camino azul muestra donde el conductor realizo acciones permitidas. El camino rojo muestra que el conductor infringió la ley de límite de velocidad, también puede representar cualquier actividad no permitida y para tener un mejor detalle con ubicarse sobre este recorrido en rojo podremos verificar de que se trató la acción cometida.

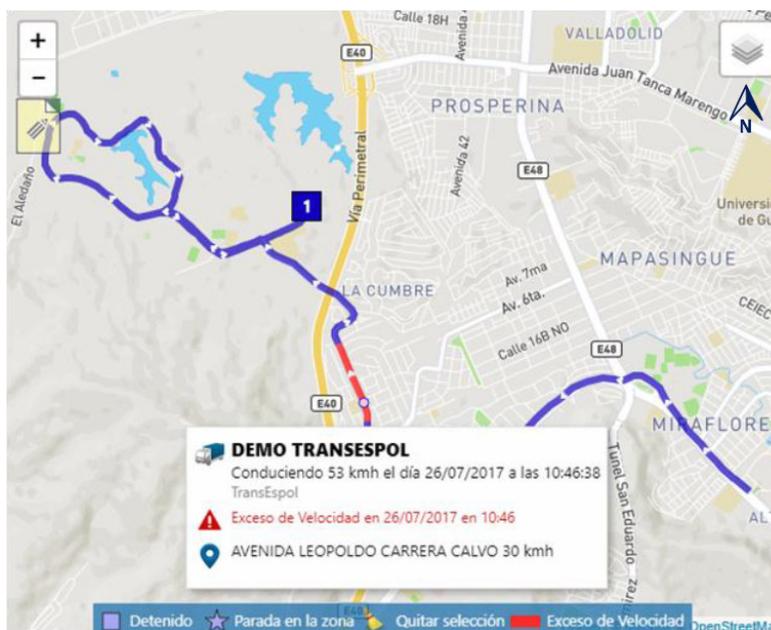


Figura 2.5: Monitoreo del bus 8 teniendo un exceso de velocidad.

- Detección y notificaciones de accidentes, se puede detectar accidentes y enviar mails y alertas para que el administrador pueda ver el hecho suscitado. Una función de GO7 es que puede verificar choques en reversa.

2.4 Situación actual de la red de transporte de la ESPOL.

La situación actual de buses de la ESPOL está dispuesta de tal manera que se tiene 22 buses de marcas: Hyundai, Mercedes Benz, Mitsubishi, Chevrolet e Internacional. El más antiguo es del año 2004 y los últimos comprados son del año 2016. En la Tabla 2 se muestra a detalle todos los buses.

N° de buses	N° de discos	Modelo	Marca	Año de Fabricación
1	3	COUNTY TM 3.9 2P 4X2 LWB AC I	HYUNDAI	2012
2	4	COUNTY TM 3.9 2P 4X2 LWB AC I	HYUNDAI	2012
3	5	OF 1730-59 CHASIS	MERCEDEZ BENZ	2010
4	7	BUSETA ROSA	MITSUBISHI	2009
5	8	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2004
6	9	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BREAK	CHEVROLET	2008
7	10	OF 1721/52	MERCEDEZ BENZ	2007
8	11	OF 1722/59	MERCEDEZ BENZ	2005
9	12	FTR 32M CHASIS TORPEDO FULL AIR BREAK	CHEVROLET	2008
10	16	BUSETA ROSA	MITSUBISHI	2009
11	17	BUSETA ROSA	MITSUBISHI	2009
12	24	OF 1730-59 CHASIS	MERCEDEZ BENZ	2011
13	25	OF 1730-59 CHASIS	MERCEDEZ BENZ	2010
14	26	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2006
15	27	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2009
16	28	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2008
17	29	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2009
18	30	OF 1721/59	MERCEDEZ BENZ	2007
19	36	4700 FE 225 HP 2SP 7.6 4X2 TM DIESEL CN	INTERNATIONAL	2014

20	37	4700 FE 225 HP 2SP 7.6 4X2 TM DIESEL CN	INTERNATIONAL	2014
21	38	4700 FE 225 HP 7.6 4X2 TM DIESEL CN	INTERNATIONAL	2016
22	39	4700 FE 225 HP 7.6 4X2 TM DIESEL CN	INTERNATIONAL	2016

Tabla 2: Red de buses de ESPOL

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE CONECTIVIDAD M2M PARA LOS BUSES DE LA ESPOL

En este capítulo se plantea el diseño del esquema específico de conectividad para la ESPOL describiendo los principales actores de la solución: dispositivo M2M, servidor de información y aplicativo de visualización. Adicionalmente se comenta sobre la definición de la operadora móvil más adecuada para cumplir las necesidades de la universidad y como se plantea la conexión bidireccional de la solución.

3.1 Diseño de la solución específica de conectividad para la ESPOL.

Para el diseño de la conectividad de los buses, se desarrolló gráficamente la solución que se muestra en la Figura 3.1.

En la arquitectura propuesta sobre la red que se implementó en un bus de la ESPOL y que se puede replicar hacia los demás buses, se ha considerado 3 partes fundamentales para el desarrollo y cada uno es importante y considerando sus utilidades se describirá uno a uno:

- Equipos GO7 que se ubican dentro de los buses, estos dispositivos como se ve en la Figura 3.1 se conectan a través de la red móvil de la operadora y luego esta los redirige hacia los servidores de GEOTAB donde la información es procesada y mediante la aplicación WEB esta puede ser verificada y manipulada.
- La aplicación WEB a la cual acceden los usuarios con perfiles como administradores o estudiantes, a esta se puede acceder desde cualquier sitio siempre y cuando se cuente con servicio de Internet y con las credenciales adecuadas. [3] Los datos manejados por GEOTAB están cifrados en SSL de forma similar al esquema que utilizan las entidades bancarias.

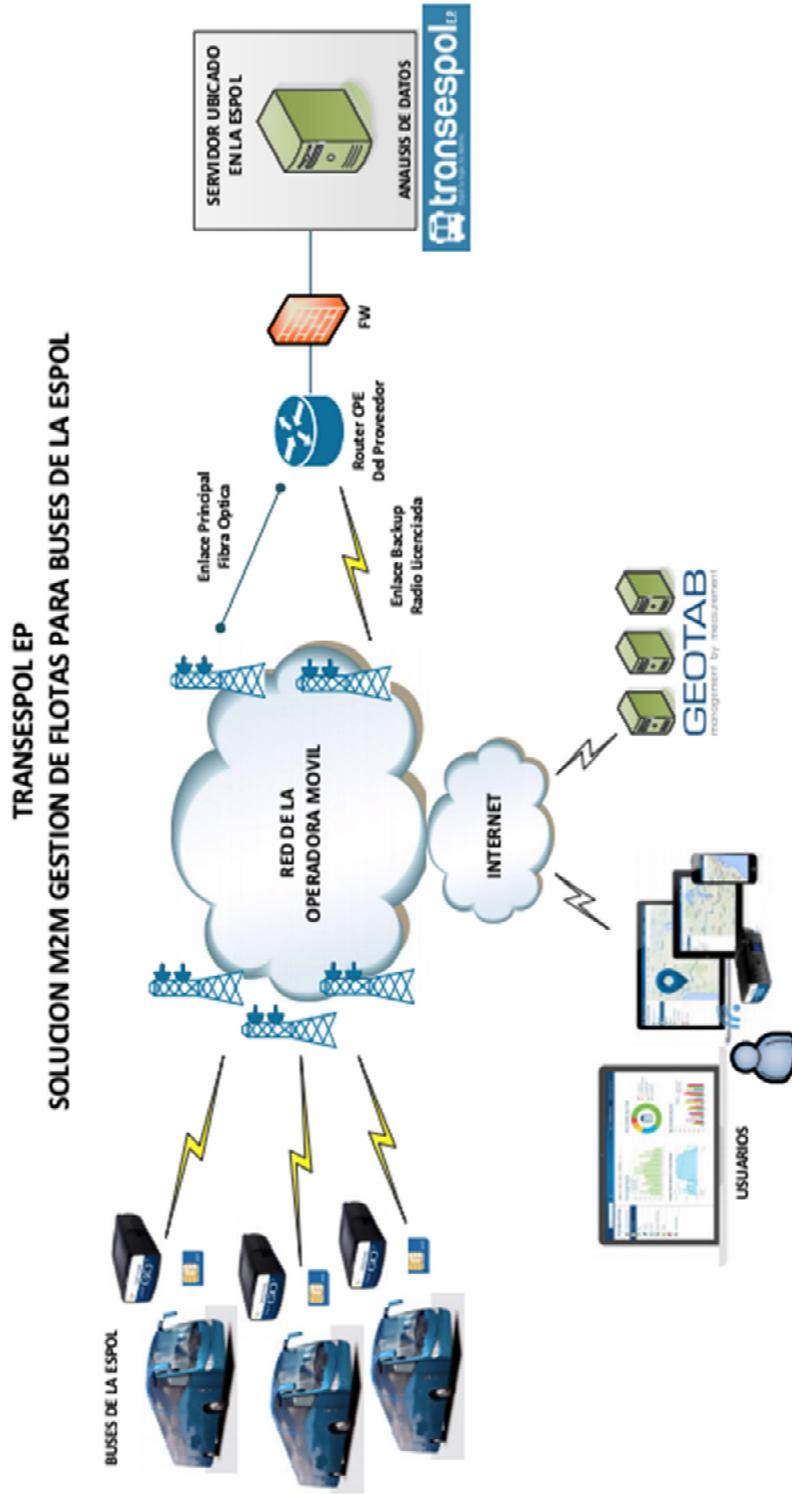


Figura 3.1: Arquitectura de Red para gestión de flotas ESPOL

La plataforma permite la creación de usuarios en modo: lectura y escritura para los administradores y solo en modo lectura para los estudiantes. En esta opción se incluyen a los estudiantes que podrán acceder a la información mediante puntos de información en la cual podrán ver su ruta y el tiempo el bus va a pasar por dicha parada. Estos puntos pueden ser computadoras cerca de las paradas con acceso a la plataforma y con permisos solo de lectura.

- El servidor que se ubicará en TRANSESPOL debido a que los administradores se encuentran trabajando en este sitio con una ubicación alternativa que puede ser la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación. Este servidor de base de datos se conectará a la operadora mediante dos enlaces de Internet dedicados, uno mediante fibra óptica y que será el enlace principal y el segundo enlace Radio de Banda Licenciada de 23 GHz que actuará como respaldo. El objeto de proponer un servidor en la ESPOL, es para contribuir a mantener los datos obtenidos mediante los servidores GEOTAB por mayor tiempo, esto en base a que los servidores GEOTAB solo pueden almacenar la información de un bus por un año. Adicional desde el punto de vista de desarrollo, permitirá que maestros y estudiantes puedan realizar aplicaciones y avances con datos que estén al alcance de la comunidad Politécnica, debido a que con técnicas estadísticas se podrá determinar el comportamiento de los vehículos incursionando en el Big Data El ruteador que se ubicará en la ESPOL será determinado por la operadora móvil y el este viene incluido en el valor mensual del servicio. Por la capacidad a manejar se podría dimensionar un ruteador de la marca CISCO y modelo 881. Adicional se recomienda que la ESPOL coloque un firewall que proteja al servidor, entre el servidor y el enlace de internet para evitar ataques externos.

3.2 Definición de la operadora móvil local.

Para la selección de la operadora móvil se buscó la opción que más se adecue a las necesidades de la ESPOL, las mismas que se solventaron con la operadora que ofreció un producto que fue el que adiciono la mayoría de características concernientes para la verificación de una correcta administración

de las flotas, educación permanente a los conductores, un método de visualización a los estudiantes de la ESPOL sobre el recorrido de los buses, así como también que posea las mejores características técnicas en beneficio de la ESPOL

La operadora así mismo dio a conocer que el producto a ofrecer para cubrir la necesidad tiene un API, el mismo al que se puede acceder mediante métodos y acceder a la información que se almacena en la nube de GEOTAB.

El API que otorgó la operadora y se va a utilizar esta presentado sobre HTTPS, el nombre del servidor al que se realizarán las peticiones es movistar79.geotab.com y la versión del API es la 1, es decir que al API que se invocará es el siguiente:

- <https://movistar79.geotab.com/apiv1>.

Los datos obtenidos del API serán de vital importancia para obtener la información que se almacenará en el servidor que se ubicará en la ESPOL. Para tener una idea clara del API, en la Figura 3.2 se muestra la invocación del método GETVERSION. Este método no requiere parámetros y puede ser llamado sin credenciales. La URL que se ingresa en el ordenador para poder obtener la versión actual del GEOTAB es:

- <https://my3.geotab.com/apiv1/GetVersion>
- Y lo que obtenemos es: "result": "5.7.1708.275"

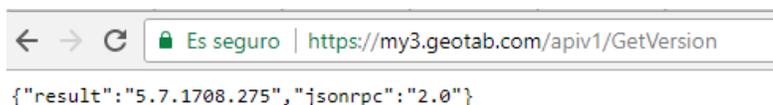


Figura 3.2: Invocación de Versión actual del GEOTAB

3.3 Dimensionamiento de los recursos de conectividad M2M.

Para la configuración de recursos M2M se tienen que asignar las tarjetas SIMs dentro de un APN específico, el mismo que la operadora previamente ya ha establecido para el tipo de servicio. Para el proyecto en cuestión se debe tener en cuenta algunos criterios para el dimensionamiento de recursos físicos y lógicos

que los conoceremos en las siguientes secciones. Las SIMs son otorgadas por la operadora, mismas que se introducen en los GO7.

3.3.1 Rango de IPs y número de tarjetas SIM requeridas

La operadora para definir la asignación de las IPs llegó a la conclusión de que para un servicio de gestión de flotas la asignación sea de forma dinámica.

La ventaja de asignación dinámica es debido a que se puede configurar el equipo remotamente, esto debido a que en cualquier momento que el dispositivo se reinicie no vaya al taller más bien que envíe una petición a la operadora y obtenga su configuración inicial. Una desventaja de la asignación dinámica es la complejidad de los soportes, debido a que se pierde la identidad del dispositivo porque las IPs se asignan automáticamente.

Para esta configuración de comunicación se realizará un NAT con sobrecarga. Las direcciones IPs privadas asignadas dinámicamente a las SIMs se mapearán a través de una IP pública.

Para el número de tarjetas SIM es igual al número de buses que tenga la ESPOL en este caso se requiere 22 tarjetas SIMs.

3.3.2 Permisos de firewall en la red de la operadora

En este caso particular de GEOTAB la operadora ya tiene asignado los parámetros para este tipo de servicio. El firewall se encargará de verificar que los paquetes sean confiables, estableciendo una comunicación segura.

3.3.3 Esquema de conectividad bidireccional

El esquema de bidireccionalidad es una función que ya se encuentra adaptada a la solución brindada, en la Figura 3.3 la propuesta planteada muestra como la comunicación fluye en ambos sentidos.

- La información que recolecta el dispositivo es enviada a la nube, para su tratamiento.

- La información estructurada es mostrada en el aplicativo WEB, misma que es enviada desde los servidores en la nube.
- Mediante el aplicativo WEB se envía los parámetros que deben establecer en el dispositivo y definirá la conducta del conductor.
- Desde los servidores en la nube, se envía como debe ser el comportamiento del dispositivo si emite o no alarmas sonoras para informar sobre comportamientos irregulares.

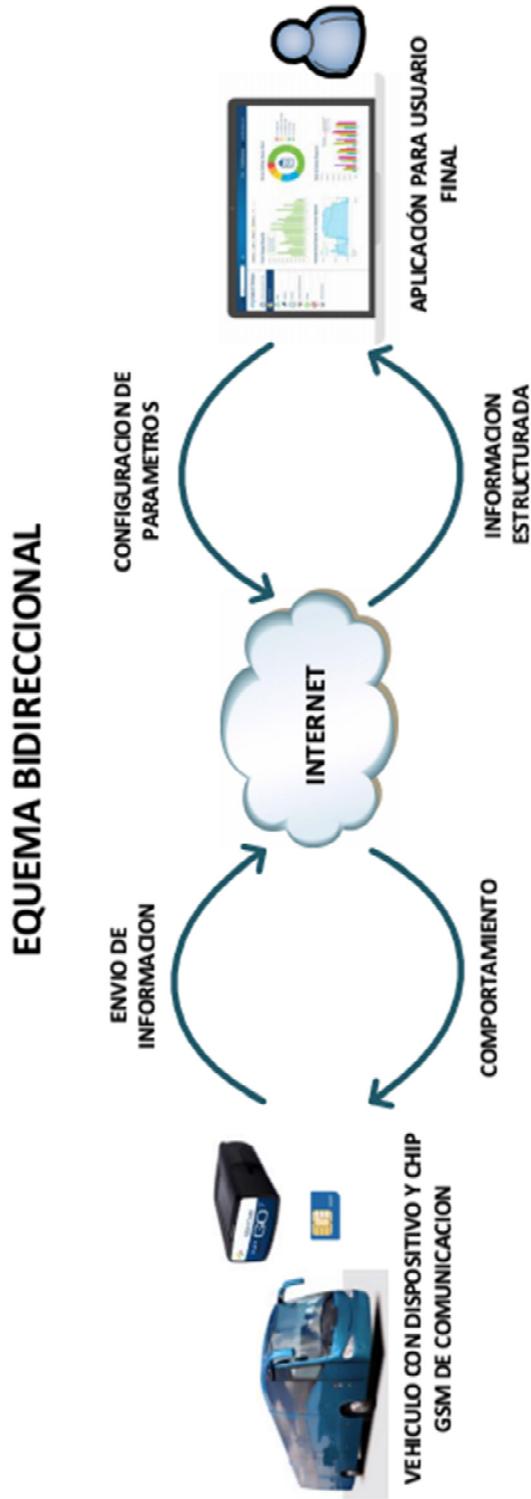


Figura 3.3: Esquema de comunicación bidireccional

CAPÍTULO 4

4. DESARROLLO DE LA CONECTIVIDAD ENTRE LA ESPOL Y LA OPERADORA MÓVIL

Este capítulo describe el dimensionamiento del servidor para el almacenamiento de datos emitidos por el dispositivo con conectividad M2M. Se analizan y se dimensionan las últimas millas de fibra óptica y de radio de banda licenciada para brindar el servicio de conectividad a la ESPOL.

4.1 Dimensionamiento del servidor para el almacenamiento de información en la ESPOL

En esta sección se detalla el dimensionamiento del servidor en base a las aplicaciones que se requieren y a la cantidad de datos que se almacenarán.

Las ventajas de contar con un servidor en la ESPOL serán las siguientes:

- Almacenamiento de datos sobre el uso y las eventualidades de cada unidad de la red de Transporte de la ESPOL.
- Capacidad de almacenamiento en periodos superiores a doce meses, esto debido a que GEOTAB solo almacena datos por un año.
- Autonomía de la información almacenada.
- Realizar futuros análisis de comportamientos orientados a conceptos de Big Data con el extenso repositorio de datos.
- Desarrollo de aplicaciones por la comunidad politécnica con los datos almacenados.

Desventajas de contar con un servidor en la ESPOL:

- Tener personal para realizar mantenimientos.
- Consume energía eléctrica
- Se debe invertir en licenciamiento y garantías.

Para el dimensionamiento de las características del servidor se tomaron en consideración los siguientes puntos:

- Cantidad de horas que los buses se encuentran activos.
- Tipo de datos almacenados.
- Índices de búsqueda.
- Tablas de información.
- Sistema operativo del servidor.
- Aplicativo de recolección de información que se encontrara ejecutándose en segundo plano.
- Aplicativo para mostrar la información de servidor a los administradores.

La Tabla 3 contiene el dimensionamiento que debe tener el servidor y este puede ser físico o ser virtualizado en el Data Center de la ESPOL.

Servidor	SO	Memoria RAM GB	Disco GB	Procesadores
Base de Datos	Windows	6	500	4

Tabla 3: Dimensionamiento de Servidor Buses ESPOL

4.2 Canal de datos entre la Matriz de la ESPOL y la red MPLS de la operadora móvil

Para el diseño de la solución es necesario que el servidor dimensionado tenga acceso a internet con alta redundancia. Por esta razón se busca un escenario de conectividad teniendo como medio principal con fibra óptica y un medio de respaldo con radio.

Se analizaron dos posibles escenarios para la ubicación del servidor en la ESPOL. La primera opción sería colocar el servidor en las instalaciones de TRANSESPOL en la Facultad de Tecnologías y la segunda opción colocar el servidor en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC). Esto dependerá de la decisión en conjunto de TRANSESPOL y ESPOL.

4.2.1 Dimensionamiento del ancho de banda para la solución

La velocidad de Internet para el enlace está estimada en 1 Mbps, debido a que las peticiones que generan tráfico de subida y descarga son del orden de Kbps, es decir, menor a 1 Mbps en caso de crecimiento de infraestructura y futuros análisis la capacidad podría realizarse mediante aumentos de ancho de banda a la operadora.

4.2.2 Factibilidad de enlace de datos principal con fibra óptica

La factibilidad para enlace principal con fibra óptica se propuso con dos ubicaciones: la primera, con ubicación en las oficinas de TRANSESPOL; y la segunda, en las oficinas de la FIEC.

En la Figura 4.3 se encuentra el recorrido de fibra en el perfil geográfico desde el nodo de la operadora hasta TRANSESPOL. Resultado las siguientes características para la última milla:

Nombre de la radio base: RBS ESPOL, tomando como referencia la ubicación de la RBS de la operadora Movistar.

Cantidad de fibra óptica: 1,320 metros aéreos. Este valor puede variar con respecto a la operadora, para motivos de este caso se tomó como referencia la radio base de Movistar más cercana.

Coordenadas geográficas TRANSESPOL: Latitud: -2.1515279
Longitud: -79.957199

La fibra óptica que se utilizara es de 6 hilos, 12 hilos o 24 hilos dependiendo de la operadora.

En la Figura 4.1 se muestra la conectividad de la ESPOL con la solución final, mediante el enlace de fibra y el de radio teniendo como punto de conexión las oficinas de TRANSESPOL.

**ESQUEMA DE CONEXIÓN - ENLACE PRINCIPAL Y BACKUP
SERVICIO DE INTERNET**

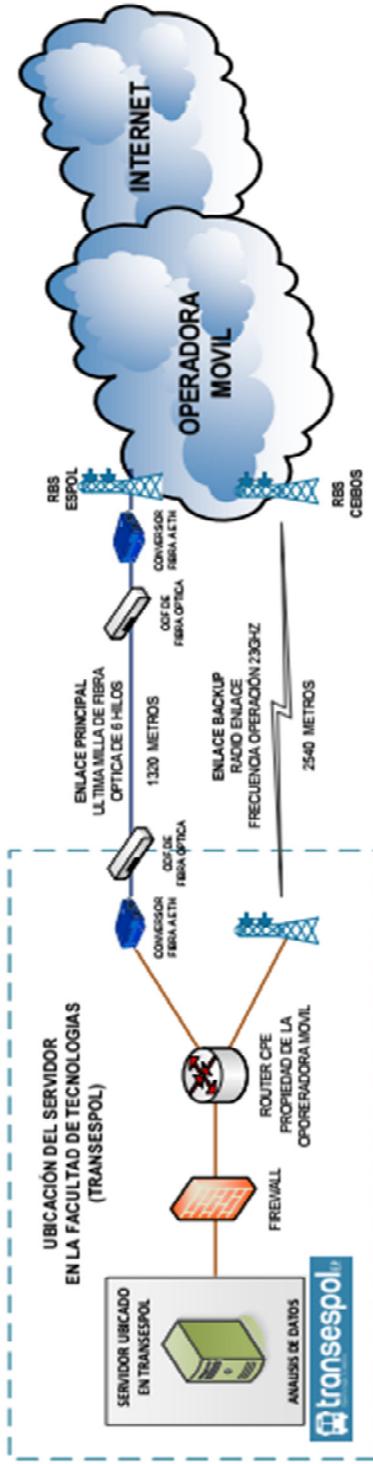


Figura 4.1: Esquema de conexión Servidor TRANSESPOL - Operadora

En la Figura 4.2 se muestra la conectividad de la ESPOL con la solución final, mediante el enlace de fibra y el de radio teniendo como punto de conexión las oficinas de la FIEC.

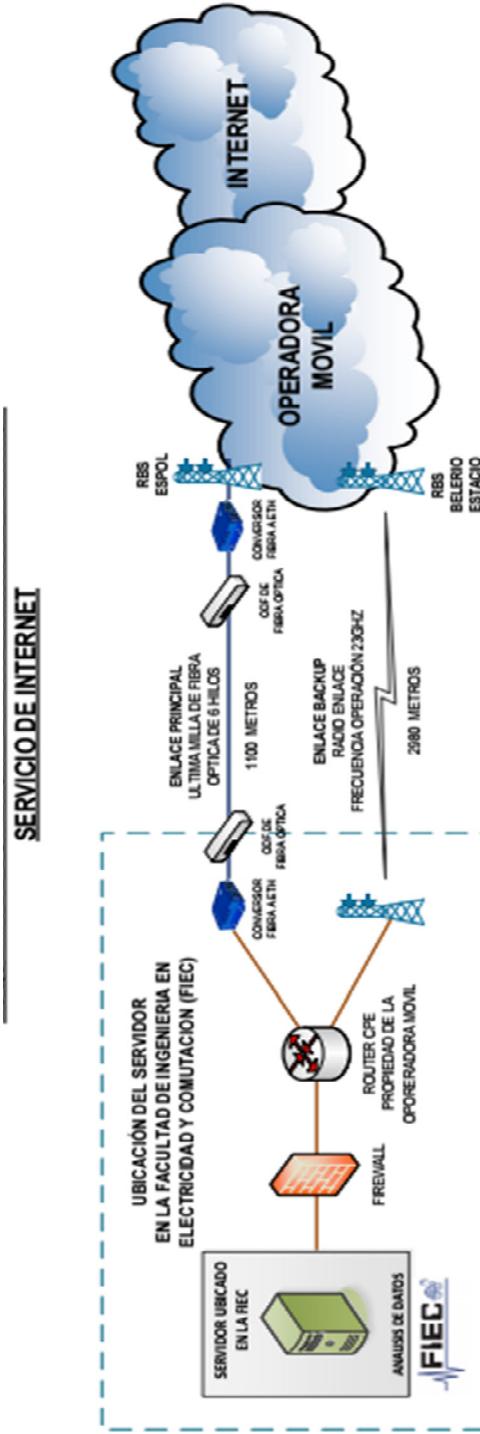


Figura 4.2: Esquema de conexión Servidor FIEC - Operadora



Figura 4.3: Factibilidad de fibra óptica sede TRANSESPOL

En la Figura 4.4 se encuentra el recorrido de fibra en el perfil geográfico desde el nodo de la operadora hasta la FIEC. Resultado las siguientes características para la última milla:

Nombre de la radio base: RBS ESPOL tomando como referencia la ubicación de la RBS de la operadora Movistar.

Cantidad de fibra óptica: 1,100 metros aéreos. Este valor puede variar con respecto a la operadora, para motivos de este caso se tomó como referencia la radio base de Movistar más cercana.

Coordenadas geográficas FIEC: Latitud: -2.1446011 Longitud: -79.967735

La fibra óptica que se utilizara es de 6 hilos, 12 hilos o 24 hilos dependiendo de la operadora.



Figura 4.4: Factibilidad de fibra óptica sede FIEC

4.2.3 Factibilidad de enlace de datos redundante con radio licenciada

Se realizó la factibilidad para enlace de redundancia tomando en cuenta un enlace de radio de Banda Licenciada, para evitar el congestionamiento de la banda libre.

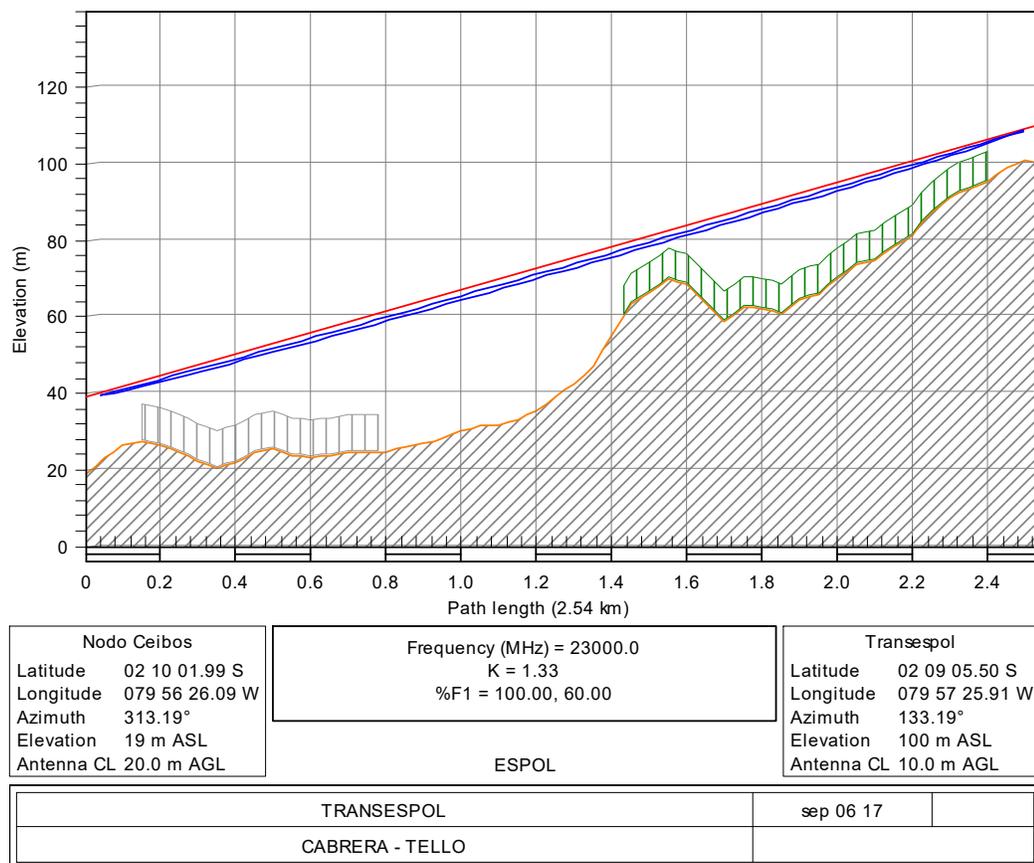
En el primer escenario la sede se encuentra en oficinas de TRANSESPOL. En la Figura 4.5 se encuentra el perfil de elevación para verificar línea de vista mediante software, en esta Figura se verifica que la distancia entre el nodo y el cliente es de 2,54 Km cumpliendo con el parámetro de ser menor a 10 Km se debe tener en cuenta al momento de usar la tecnología de radio de 23GHz. Resultado las siguientes características para la última milla:

Nombre de la radio base: RBS CEIBOS tomando como referencia la ubicación de la RBS de la operadora Movistar.

Coordenadas geográficas TRANSESPOL: Latitud: -2.1515279
Longitud: -79.957199

Tecnología: Radio Banda Licenciada 23 GHz

En la Figura 4.5 se usa el programa Path Loss en el cual podemos detectar mediante el perfil topográfico los rayos generados por las antenas, verificando que no se tiene interferencia en la zona de Fresnel. Se ha graficado el rayo directo entre las antenas y la zona de Fresnel al 60% y al 100%



**Figura 4.5: Factibilidad de radio banda licenciada sede
TRANSESPOL**

Se realizó una segunda factibilidad para enlace de redundancia tomando en cuenta un enlace de radio de Banda Licenciada, para evitar el congestionamiento de la banda libre. En el segundo escenario la sede se encuentra en oficinas de FIEC. En la Figura 4.6 se encuentra el perfil

de elevación para verificar línea de vista mediante software, en esta Figura se verifica que la distancia entre el nodo y el cliente es de 2,98 Km cumpliendo con el parámetro de ser menor a 10 Km se debe tener en cuenta al momento de usar la tecnología de radio de 23GHz.

Resultado las siguientes características para la última milla:

Nombre de la radio base: BALERIO ESTACIO tomando como referencia la ubicación de la RBS de la operadora Movistar.

Coordenadas geográficas FIEC: Latitud: -2.1446011 Longitud: -79.967735

Tecnología: Radio Banda Licenciada 23 GHz

En la Figura 4.6 se usa el programa Path Loss en el cual podemos detectar mediante el perfil topográfico los rayos generados por las antenas, verificando que no se tiene interferencia en la zona de Fresnel. Se ha graficado el rayo directo entre las antenas y la zona de Fresnel al 60% y al 100%

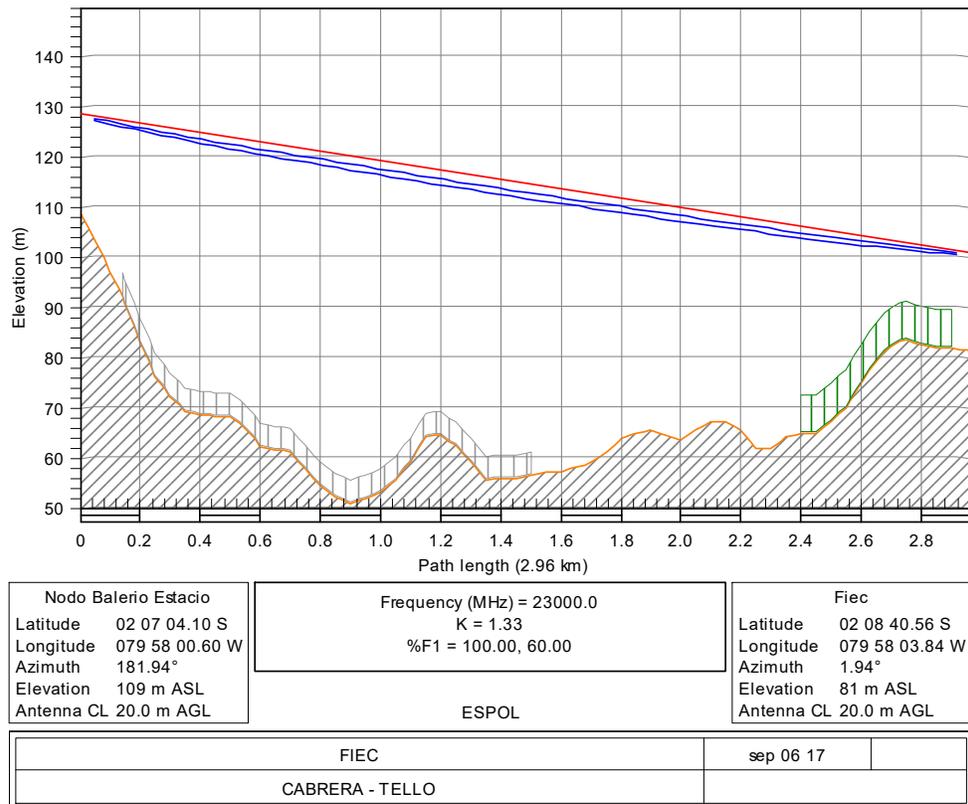


Figura 4.6: Factibilidad de radio banda licenciada sede FIEC

CAPÍTULO 5

5. MANEJO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA DESDE LAS TARJETAS SIM M2M Y SU PRESENTACIÓN ANTE LOS USUARIOS FINALES

En este capítulo se describe como se mostrará la información a los administradores y a los estudiantes. Se incluyen las pruebas del dispositivo piloto instalado en una de las rutas de la ESPOL para definir el alcance de la solución.

5.1 Diseño de una aplicación vertical para la visualización en tiempo real de la ubicación de los buses de la ESPOL

El manejo de la información recolectada de cada dispositivo debe ser presentado de tal manera que sea útil y dirigida para los dos tipos de usuarios los administradores de los buses de la ESPOL y los estudiantes usuarios del servicio. Esta sección tiene como objetivo mostrar los diseños de cómo los dos tipos de usuarios pueden ver y manipular la información.

5.1.1 Alcance de la aplicación para el usuario final e interacción con el servidor de información M2M

Como se mencionó anteriormente se tendrá dos análisis con respecto al alcance de la aplicación puesto que los administradores de la ESPOL y los estudiantes tienen perfiles que, aunque en comienzo son parecidos al final consumen la información en diferente condición.

Se analizará el primer perfil de los estudiantes. Se propone entregar esta información a los estudiantes, lo cual sería mediante una infraestructura en la que intervienen pantallas y sticks.

Actualmente, la ESPOL en las paradas de cada facultad brinda el servicio de cobertura WIFI a los usuarios que validen sus credenciales para la debida autenticación, lo que puede permitir que la solución planteada no requiera conexión con fibra o el uso de espectro de radio. Una pantalla se

encontrará en un soporte metálico y cuenta con certificación IP65 que significa protección contra contacto, penetración de polvo y chorros de agua, con respecto al número del nivel de protección el primer número es decir el 6 representa el grado de protección de contacto y el segundo es decir el 5 representa los diferentes contactos con el agua. Esta pantalla mostrará la información de la locación del bus que ellos requieran. La pantalla mediante la conexión de un STICK en el puerto HDMI la convierte en un SMART TV en la cual podemos acceder a la aplicación web de GEOTAB y mostrar lo ofertado. El módulo STICK aparece con un módulo WIFI que permite que las pantallas puedan conectarse a la red WIFI de la ESPOL.

El segundo perfil, que son los administradores de los buses, tendrán acceso a manipular parámetros que dentro del aplicativo web se les permite, adicionalmente podrán obtener reportes sobre eventos que sucedan en cada bus. Se otorgará credenciales para poder acceder al aplicativo y estas serán de uso solo por personal autorizado por personal de TRANSESPOL.

5.1.2 Diagramas de casos de uso

La Figura 5.1 muestra el diagrama de los estudiantes, lo que ellos podrán tener acceso a la información de las ubicaciones de los buses y a la publicidad que se proyecte en las pantallas.

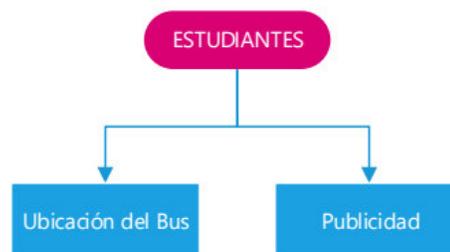


Figura 5.1: Diagrama de caso de uso para estudiantes

La Figura 5.2 muestra el diagrama de los administradores, visualizando las acciones que pueden realizar en la plataforma.



Figura 5.2: Diagrama de caso de uso para administradores

5.1.3 Interfaz gráfica

La interfaz gráfica que los estudiantes podrán visualizar será la mostrada en la Figura 5.3. La pantalla mostrará las rutas y esta podrá acceder a Internet debido a la conexión de un stick.



Figura 5.3: Interfaz gráfica de la solución para los estudiantes.

La interfaz gráfica a la que podrán acceder los administradores se muestra en la Figura 5.4 en la cual se tiene accesos y permite establecer parámetros en la plataforma.

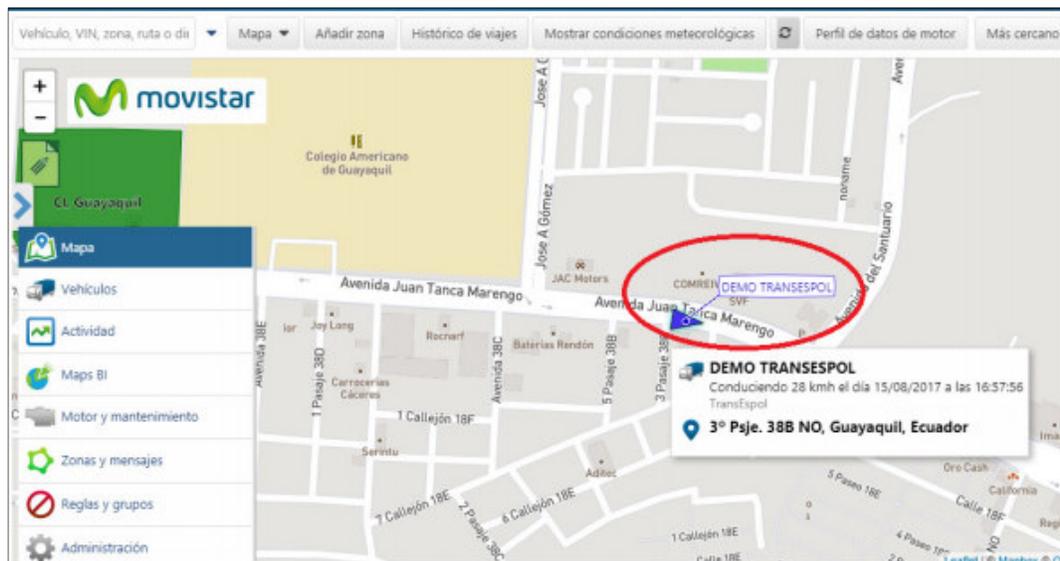


Figura 5.4: Interfaz gráfica de la solución para los administradores.

5.2 Pruebas experimentales de la solución M2M en una ruta de los buses de la ESPOL

Para las pruebas experimentales se instaló un dispositivo GEOTAB en un bus del con una SIM de prueba. Si bien el dispositivo una vez conectado está listo para utilizarse existen ciertos parámetros a configurar desde la plataforma del administrador para poder tener reportes personalizados.

Los parámetros incluyen:

- Nombre del bus.
- Conductor asignado.
- Ruta pre-establecida.
- Horario de trabajo.
- Notificaciones al administrador mediante correo electrónico, Ejemplo: Exceso de velocidad.

En la Figura 5.5 se muestra un evento de exceso de velocidad en la plataforma WEB.



Figura 5.5: Interfaz gráfica que muestra un exceso de velocidad.

En la Figura 5.6 se puede ver una ruta trazada en el aplicativo WEB.

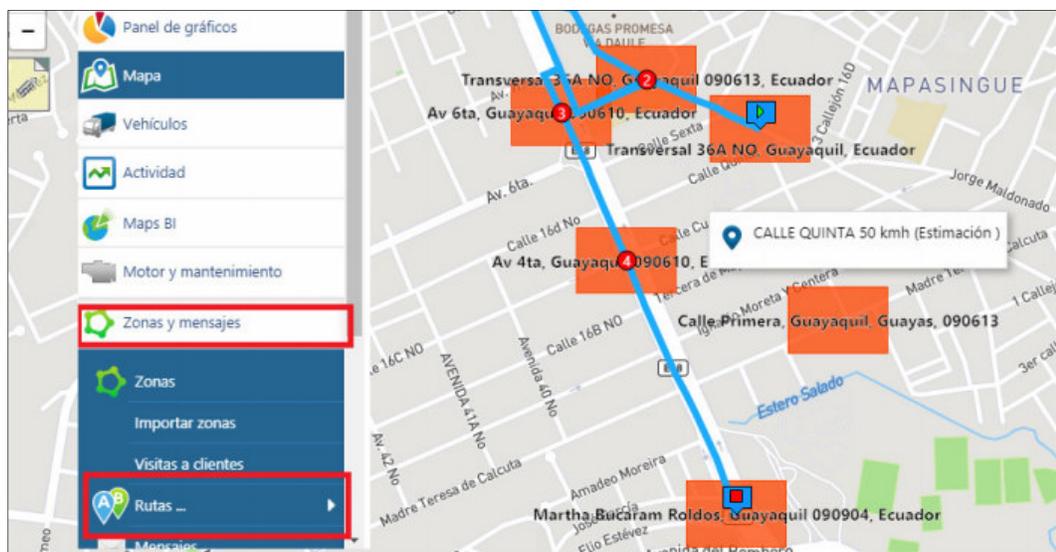


Figura 5.6: Interfaz gráfica que muestra ruta creada.

CAPÍTULO 6

6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS ENLACES DE DATOS DE LA RED CELULAR, TERMINALES Y APLICATIVO

El análisis económico de este proyecto se basa, en un gran porcentaje, en el alquiler de servicios los cuales no son ni depreciados ni amortizados en el tiempo. Esto representa una gran ventaja ya que el valor recurrente mensual incluye soporte de la plataforma, alta disponibilidad garantizada para los enlaces y mantenimientos correctivos/preventivos de los dispositivos.

El servidor físico es el único equipo que se puede considerar adquirir en modalidad de venta con el propósito de disponer de autonomía sobre la información almacenada y permitir el futuro desarrollo de trabajos de investigación en la ESPOL.

6.1 Oferta económica de valores recurrentes

En esta sección se detallarán los valores que se deberán ir cancelando mes a mes.

6.1.1 Servicio de conectividad M2M

El valor mensual por los 22 dispositivos es de \$484,00 + IVA es decir el precio unitario sería de \$22,00 + IVA. En este rubro se cubre la instalación, soporte y servicio de MBs.

En caso de no querer obtener este sistema de pagos se puede hacer la compra del dispositivo y pagar a la operadora solo el servicio que sería de \$15,00 + IVA.

De la información y en base a la experiencia es mejor tener los dispositivos en calidad de renta mensual, debido a que cualquier tema que llegase a suceder la operadora nos ayudara a solucionar. Es decir, el soporte técnico está incluido en los pagos recurrentes.

6.1.2 Enlace con redundancia hacia matriz de la ESPOL

El valor de tener un enlace de fibra y un respaldo. Este rubro cubre soporte, mantenimiento preventivo y el servicio. Es de \$150,00 el costo del Mbps mediante FO y \$150,00 mediante radio banda licenciada. Estos valores son referenciales en base a una cotización de la operadora Movistar y pueden variar si se escoge otra operadora móvil.

6.2 Oferta económica de valores no recurrentes

Estos valores son los que se pagan una única vez y son de tipo instalaciones. En caso de que se firme un acuerdo de nivel de servicio entre la ESPOL y la operadora, si la operadora no cumple con la disponibilidad indicada en el contrato esto incurrirá en una penalidad y se reflejara en una nota de crédito indicada. Adicionalmente también se puede comprar los dispositivos de GO7 y pagar mensualmente el servicio de MBs.

6.2.1 Equipos o terminales de los buses

En el modo de que se desee comprar el dispositivo el valor del equipo terminal tiene un costo \$110,00 + IVA.

6.2.2 Servidor para alojamiento de información

El valor del servidor en caso de alojarlo de forma virtual en la ESPOL no recurría gastos, ya que podría ser inclusive de tema de investigación del área de computación. En caso de querer adquirir un servidor físico con las características técnicas que se requiere un valor aproximado es de \$3.000,00 + IVA.

6.2.3 Desarrollo de la aplicación vertical

Para este desarrollo se consultó sobre los pasos que nos conlleva a tener un programa que trabaje en segundo plano adquiriendo los datos del servidor de GEOTAB y adicional un aplicativo en el cual muestre los datos a través de un aplicativo WEB de acceso.

- En el levantamiento de información el estimado de horas es de 10 horas para realizar la tarea.

- Para realizar la tarea del diseño y arquitectura de la solución, sería de unas 20 horas aproximadamente.
- Para realizar la tarea de la implementación de la solución, es de unas 90 horas.
- Para realizar las pruebas y verificar la correcta funcionalidad se tomaría un total de unas 20 horas.

Con todos estos pasos el costo de lo requerido es de aproximadamente \$5.000,00 +IVA.

6.2.4 Instalación de terminales en la red de transporte de la ESPOL

En el supuesto caso de que se requiera comprar el dispositivo se tendrá que pagar por la instalación y si no tiene cerebro el bus se deberá adquirir el adaptador. El valor de la instalación del terminal tiene un costo \$20,00 + IVA, el valor del adaptador a la batería del carro tiene un costo de \$20,00 + IVA.

6.3 Oferta económica global para el sistema de transporte de la ESPOL.

En la Tabla 4 se muestra el valor total de los rubros recurrentes. Los valores son aproximados dependen de la cobertura de la operadora.

Descripción	Cantidad	Valor Unitario Recurrente	Valor Total Recurrente
Servicio Gestión de Flotas			
Servicio de Gestión de Flotas (GeoTAB Avanzado) Incluye: - Equipo Go7 - Licenciamiento - Cable Extensor ** Valor de instalación incluido siempre que el cliente permanezca con el servicio por el periodo de contratación de 30 meses.	22 Buses	\$ 22.00	\$ 484.00

Conectividad Internet			
Enlace principal de 1Mbps vía Fibra Óptica	1 Mbps	\$ 150.00	\$ 150.00
Enlace redundante de 1Mbps vía Radio de Banda Licenciada 23GHz	1 Mbps	\$ 150.00	\$ 150.00
Valor Total Recurrente			\$ 784.00

Tabla 4: Valores de costos recurrentes

En la Tabla 5 se muestra el valor total de los rubros recurrentes.

Descripción	Cantidad	Valor Unitario Pago Único	Valor Total Pago Único
Conectividad Internet			
Instalación de Enlace principal vía Fibra Óptica	1	\$ 200.00	\$ 200.00
Instalación de Enlace redundante vía Radio Banda Licenciada 23GHz	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Servidor			
Servidor para almacenamiento de información en la ESPOL. Procesadores (x4), RAM (x6), Disco 500 Gb	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
Instalación del servidor físico	1	\$ 1,200.00	\$ 1,200.00
Aplicativo			
Desarrollo de Aplicativos en segundo plano para adquisición y visualización de datos	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Valor Total Pago Único			\$ 9,700.00

Tabla 5: Valores de costos no recurrentes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró implementar un piloto en una de las rutas de los buses de la ESPOL que permitió visualizar en tiempo real las ubicaciones del vehículo durante el plazo de un mes. La herramienta además permitió crear rutas virtuales para identificar si los buses se alejaban de su trayectoria asignada y monitorear comportamientos de conducción en reportes detallados como excesos de velocidad, obteniendo resultados favorables.

La solución de Geotab con el dispositivo Go7 es la mejor alternativa de Gestión de Flotas que puede adquirir la administración de buses de la ESPOL para su red de transporte. Cuenta con ventajas competitivas como integración con APIs, el almacenamiento de información, reportes personalizados, opción de trabajar con la red 3G, energía directamente de la batería del vehículo, módulos de crecimiento para botón de pánico, etc.

Con la implementación de la tecnología M2M se tuvo una diferencia significativa en la gestión de la red de transporte de la ESPOL debido a que con la integración de un dispositivo Go7, y sin tener ningún cambio en el proceso actual, el control se volvió eficiente y parametrizable e incluso se pudo mejorar el comportamiento del conductor.

Los administradores ahora pueden recibir notificaciones en tiempo real si sus conductores están infringiendo alguna ley de tránsito o si no están cumpliendo con las tareas programadas dentro de las zonas y los horarios preestablecidos.

Con el dimensionamiento del servidor en la ESPOL se planteó una solución para que la ESPOL tenga autonomía sobre la información almacenada y permitir el desarrollo de futuras aplicaciones para el beneficio de la institución.

Se planteó una solución de conectividad con alta redundancia para brindar acceso a internet al servidor de la ESPOL. Permitiendo una alta disponibilidad en beneficio de futuros desarrollos y trazabilidad inversa de la información.

Se diseñó una solución de visualización mediante pantallas instaladas en las paradas de buses para que los estudiantes puedan conocer la ubicación en tiempo real de los buses.

Se recomienda utilizar la información almacenada para realizar trabajos futuros de desarrollo en los campos de computación y realizar análisis de Big Data que serán de gran aporte en este nuevo campo de investigación.

Se recomienda que se utilicen algunos accesorios extra del dispositivo para aumentar la seguridad del bus con el accesorio botón de pánico, así mismo implementar las llaves RFID que identifican a los choferes-

Se recomienda desarrollar una plataforma aplicativa para que los estudiantes puedan realizar los pagos de sus pasajes en los buses que ellos seleccionan mediante tarjetas de débito o crédito.

Se recomienda realizar un aplicativo móvil estudiantil integral, para que los estudiantes puedan realizar peticiones recurrentes, donde además de visualizar la ubicación del bus puedan también seleccionar las rutas que ellos deseen tomar a lo largo del día.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cisco Systems, Inc., 170 West Tasman Dr. San Jose, CA 95134 USA Curso Internet of Everything, visto el 28 de Julio del 2017. Disponible en: <https://www.netacad.com/>
- [2] GEOTAB GO7, GEOTAB Management by Measurement, visto el 15 de Julio del 2017. Disponible en: <https://www.geotab.com/fleet-management-solutions/fleet-optimization/>
- [3] GEOTAB GO7, GEOTAB Management by Measurement, visto el 16 de septiembre del 2017. Disponible en: <https://www.geotab.com/es/geotab-faq/>
- [4] GEOTAB GO7, GEOTAB Management by Measurement, visto el 18 de septiembre del 2017. Disponible en: <https://www.geotab.com/es/>
- [5] J. Rodríguez García, Fundamentos de Óptica Geométrica. España: Universidad de Oviedo, 1997.
- [6] K. Ogata, Discrete Time Control Systems, 2nd Ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1998.
- [7] Armstrong, (2011, junio). Controles de Presión y temperatura [online]. Disponible en: <http://www.armstronginternational.com/es/pressure-temperature-controls>.

ANEXOS

ANEXO 1: Abreviaturas

API	Interfaz de programación de aplicaciones, abreviado del inglés: Application Programming Interface
APN	Nombre del punto de acceso, abreviado del inglés: Access Point Name
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIEC	Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
FO	Fibra óptica
GB	Gigabyte
GHZ	Gigahercio
GPS	Sistema de posicionamiento global, abreviado del inglés: Global Positioning System
HDMI	Interfaz multimedia de alta definición, abreviado del inglés: High- Definition Multimedia Interface
HTTPS	Protocolo seguro de transferencia de hipertexto, abreviado del inglés: Hyper Text Transfer Protocol Secure
IDT	Internet de Todo
IP	Protocolo de Internet, abreviado del inglés: Internet Protocol
IVA	Impuesto al Valor Agregado
KM	Kilómetro
M2M	Maquina a Maquina, abreviado del inglés: Machine to Machine
M2P	Maquina a persona, abreviado del inglés: Machine to Person
MB	Megabyte
MBPS	Megabyte por segundo
MPLS	La conmutación de etiquetas multiprotocolo, abreviado del inglés: Multiprotocol Label Switching
OBDII	Diagnóstico a bordo en vehículos, abreviado del inglés: On-board diagnostics
P2P	Persona a persona, abreviado del inglés: Person to Person

<i>RAM</i>	La memoria de acceso aleatorio, abreviado del inglés: Random Access Memory
<i>RBS</i>	Estacion de Radio Base, abreviado del inglés: Radio Base Station
<i>SIM</i>	Módulo de Identidad del Suscriptor, abreviado del inglés: Subscriber identity module
<i>URL</i>	Localizador de recursos uniforme, abreviado del inglés: Uniform Resource Locator

ANEXO 2: DATASHEET GO7 (GEOTAB)



Dispositivo GO7™

GO7™ es una herramienta telemática de mediciones de pequeño tamaño pero muy potente. Al igual que GO6™ antes que ella, GO7™ ofrece tecnología GPS de vanguardia, control de fuerza G, extensiones IOXTM y evaluaciones del estado del motor y de la batería. Mediante el algoritmo de seguimiento patentado por Geotab, puede reproducir los viajes del vehículo con precisión y analizar incidentes. GO7™ ofrece alertas en el vehículo para notificar a los conductores al instante de las infracciones, y utiliza auténtica tecnología plug-and-play: no requiere montar una antena sobre el tablero ni empalmar cables. Las principales mejoras respecto a GO6™ son:

- Mejor detección y selección del protocolo automático
- Pines programables o blandos: permite que el firmware cambie el pin que usa según el protocolo y el tipo de vehículo. Funciona con los protocolos secundarios de Ford, GM, Chrysler, Volvo, Mazda y otros
- Cuatro interfaces de CANBUS que dan más opciones de soporte a protocolos del motor y extensiones del dispositivo

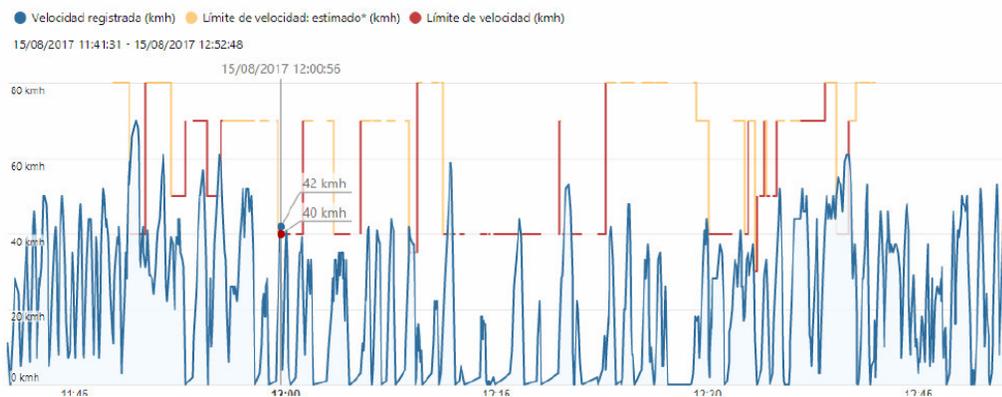
Principales características

- Instalación sencilla plug-and-play. Extensiones al dispositivo externo mediante tecnología IOXTM. Ayuda al conductor en el vehículo a través de un sistema inteligente
- Dispositivo de pequeño tamaño. Detección y notificación avanzadas de accidentes. Diagnóstico preciso del motor, códigos de avería y datos del motor registrados. Datos del vehículo en tiempo real. Tiempo rápido de adquisición de señal GPS gracias a Almanac OTA
- Acelerómetro de serie que se calibra automáticamente. Un acelerómetro más sensible

Gráfica de velocidad en periodos de tiempo.

Visualización de perfil de velocidad el día 15 de agosto del 2017 entre las 11h30 y 13h00.

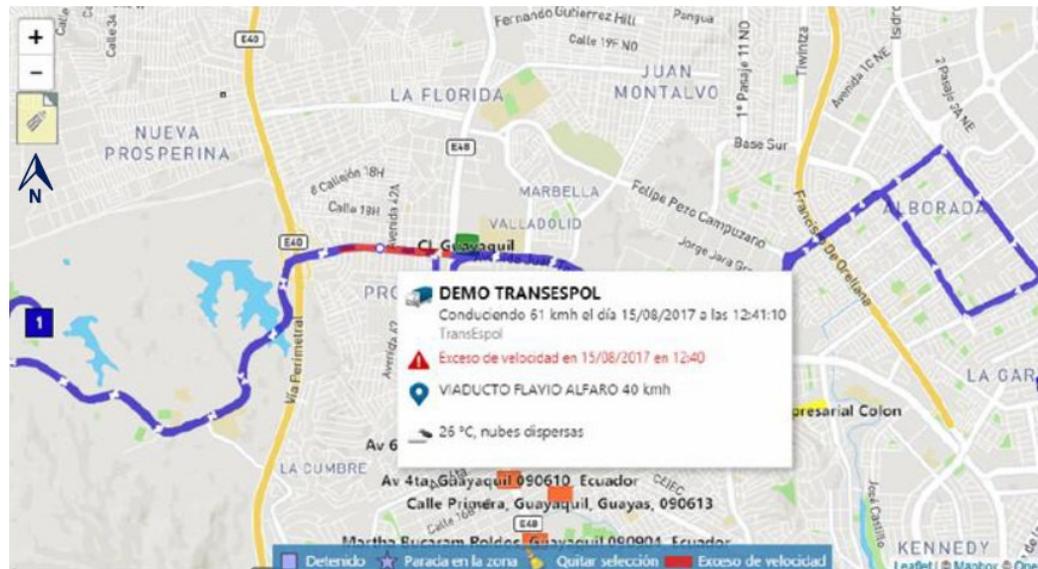
Perfil de velocidad DEMO TRANSESPOL ?



Visualización de reporte detallado de ubicación, velocidad y dirección.

Dispositivo	Fecha de inicio	Duración de conducción	Fecha de parada
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 7:03:06 AM	0:09	ago. 01, 2017 7:12:54 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 7:20:00 AM	1:05	ago. 01, 2017 8:25:20 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 8:30:24 AM	0:46	ago. 01, 2017 9:16:34 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 9:25:21 AM	0:06	ago. 01, 2017 9:31:54 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 1:08:14 PM	0:02	ago. 01, 2017 1:10:40 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 1:14:40 PM	0:33	ago. 01, 2017 1:48:19 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 1:57:06 PM	0:09	ago. 01, 2017 2:06:13 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 2:15:09 PM	0:11	ago. 01, 2017 2:26:39 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 2:44:50 PM	0:12	ago. 01, 2017 2:57:25 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 3:02:29 PM	0:23	ago. 01, 2017 3:26:12 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 3:38:42 PM	0:26	ago. 01, 2017 4:05:01 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 4:22:40 PM	1:03	ago. 01, 2017 5:26:18 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 5:32:46 PM	0:42	ago. 01, 2017 6:14:55 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 01, 2017 6:37:33 PM	1:10	ago. 01, 2017 7:47:38 PM
DEMO TRANSESPOL	ago. 02, 2017 5:54:42 AM	0:21	ago. 02, 2017 6:16:40 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 02, 2017 6:22:44 AM	2:47	ago. 02, 2017 9:10:31 AM
DEMO TRANSESPOL	ago. 02, 2017 9:15:10 AM	0:15	ago. 02, 2017 9:30:11 AM

Visualización de ruta con alarma identificada en exceso de velocidad



ANEXO 4: GLOSARIO

Firewall: Dispositivo que monitorea el tráfico de o hacia tu red. Permite o bloquea tráfico basado en reglas de seguridad.

API: Es el mecanismo más útil para conectar dos softwares entre sí para el intercambio de mensajes o datos en formato estándar como XML o JSON. Así es como se convierte en un instrumento para buscar ingresos, abrirse al talento, innovar y automatizar procesos.

Banda Licenciada 23 GHz: En esta banda la frecuencia a la que se va a operar solo puede ser otorgada por la ARCOTEL.