

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA BUSES DE
SERVICIO PUBLICO QUE PERMITA REDUCIR EL HURTO EN EL RECAUDO
POR PARTE DE LOS CONDUCTORES.

Juan Luis Gómez Mejía
Ricardo Santa María Tobón

Proyecto de Grado

Asesor
Hugo Murillo
Ingeniero de sistemas y técnico en electrónica

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTOS
MEDELLÍN
2011

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Medellín 2 de Mayo de 2011

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1. ANTECEDENTES	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos.....	8
4. ALCANCE Y PRODUCTOS	10
5. METODOLOGÍA SUGERIDA	11
6. INVESTIGACIÓN	12
6.1 Estado del arte sistemas de control.....	14
6.2 Estado del arte de medios de pago.....	18
6.3 Estado del arte sistemas de transporte	21
6.4 Métodos y formas de hurto	22
6.5 Normativa vigente.....	23
7. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA	24
7.1 Especificaciones de diseño definitivas.....	24
7.2 Generación de ideas	26
7.3 Evaluación de propuestas	31
7.4 Desarrollo de la idea	32
7.5 Descripción técnica de la propuesta elegida.....	35

7.6 Modelo de pruebas.....	38
7.7 Modelación y planos.....	39
8. PRUEBAS DE USUARIO	40
8.1 Evidencia del modelo terminado.....	41
9. CONCLUSIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA	45
11. BIBLIOGRAFIA DE IMAGENES	46

INTRODUCCIÓN

El transporte masivo en Colombia es un tema que ha ido cobrando una vital importancia en los años recientes, gracias al crecimiento de la ciudad y nuevas formas de transporte han ido apareciendo para masificar la movilización de gente y a su vez aminorar costos y emisiones contaminantes al ambiente, a pesar de esto el bus sigue cobrando un puesto prioritario sobre los transportes masivos, aunque bien es un sistema conocido por su fallas en la operación.

Para el caso concreto del cobro y control de pasajeros, no existe un sistema eficaz implementado en Colombia que maneje un exhaustivo control sobre el flujo de pasajeros, por tal motivo se ven disminuidos los ingresos a los dueños de buses y esto hace que los periodos de chatarrización sean más largos de los reglamentados en otros países; además de hacer que los pagos de los salarios a los conductores sean menores, entre muchas otras consecuencias que finalmente afectan al usuario y hacen que este sea el menos favorecido ya que los buses en servicio son viejos, mal tenidos y en algunos casos inseguros.

Por tales motivos, y a través de la multinacional Fanalca, buscamos desarrollar un sistema de abordaje que como finalidad última tendrá la de reducir el número de pasajeros que ingresan ilegalmente al bus, así como regular el número de pasajeros al reglamentado según la especificación de cada modelo, esto para brindarle mayor seguridad a los pasajeros.

Para llevar a cabo este desarrollo, se deberá proceder a través de investigación con expertos en el tema, análisis de posibles ideas, así como mecanismos existentes que ayudarían con el proyecto. Además de una investigación sobre la normativa vigente en lo relacionado con el transporte en buses.

1. ANTECEDENTES

Este proyecto se realiza por la necesidad planteada por la empresa Ciudad Móvil (compañía perteneciente a FANALCA S.A) como uno de sus proyectos de desarrollo de nuevos sistemas de control. Sin embargo se realizó una búsqueda de datos históricos para darle fundamentación económica al proyecto.

En el valle de Aburrá se realizan 43.489 despachos diarios (año 2007), que están constituidos por 26.906 de bus (62%) y 16.583 de microbús(38%), logrando así un transporte de 1'635.000 pasajeros en cerca de 17 horas de servicio. Estas rutas son atendidas diariamente con aproximadamente unos 6.000 vehículos, 4.000 en Medellín y cerca de 2.000 de otros municipios

Se encontró en investigaciones previas que según estimaciones de las empresas de transporte y de algunas empresas carroceras, el hurto en el recaudo alcanza niveles alarmantes que varían de un 10% a un 30%, lo cual representa diariamente ganancias no percibidas por un valor aproximado de 457.800.000 (cuatrocientos cincuenta y siete millones ochocientos mil pesos por día.), si se toma como valor de referencia un 20 % de hurto solo en el valle de aburra, cifra que se multiplica muchas veces a nivel nacional. (Ver Anexo A, B, C y D)

El problema es tan grave que muchos de los transportadores optan por una salida alterna, que es poner un monto fijo de liquidación del bus diario, en cantidad de pasajeros, lo cual incentiva en gran medida el sobrecupo, el guerro y el pago o "liga" a los alistadores, que son quienes ordenan que rutas y deciden a qué hora salen los buses, dando prelación a quienes pagan más en las mejores horas.

Esto se convierte casi en una mafia en la cual muchas personas ganan dinero que legalmente es del dueño del bus o de la empresa y/o cooperativa a quien pertenece, trayendo consigo un sinnúmero de consecuencias antes mencionadas.

2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto esta sustentado en la necesidad expresada por la empresa Ciudad Móvil, empresa que opera parte del servicio de transporte masivo Transmilenio en la ciudad de Bogotá y hace parte de la multinacional FANALCA, la cual cuanta en su portafolio de empresas con Superpolo S.A, empresa líder en la fabricación de carrocerías de buses para transporte público para la cual el tema del hurto es de suma importancia y generar un producto que de solución a este problema puede ser un factor diferenciador e incentivador de compra para su producto.

Fanalca también cuenta con empresas operadoras de transporte en ciudades como: Montería, ciudad de Panamá y en algunas ciudades de Sudáfrica para los cuales puede servir este desarrollo.

Como se mencionó anteriormente hoy en día el hurto de se calcula en empresas muy organizadas que ronda el 10 % del recaudo diario por conductor, y en empresas más pequeñas o menos ordenadas puede alcanzar valores hasta del 30%

Esta pérdida de dinero no sólo causa menores ingresos a las compañías sino que también las obliga a pagar un salario más bajo del deseado y no poder ofrecer los mismos beneficios tanto para el conductor como para los usuarios del sistema, pues no puede asegurar la recompra a corto plazo del parque automotor y en algunos casos puede llevar a mantenimientos menos frecuentes y confiables.

Esto según los transportadores causa que no se pueda pagar bien a los conductores y que la reposición de equipos sea muy complicada. (Anexo A y B)
Se cree conveniente abordar el tema, empezando por la investigación de medios de pago, medios de transporte, formas de hurto existentes, desarrollos existentes, para luego continuar con una definición de un PDS definitivo y un desarrollo, el cual será analizado y probado.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar un sistema de control de abordó para la puerta trasera que se integre con el desarrollo realizado por la empresa Ciudad Móvil, que permita reducir el hurto en el recaudo en el transporte público específicamente en buses en Colombia, mediante la utilización de nuevas tecnologías y la aplicación de tecnologías existentes como GPS, GPRS y 3G.

3.2 Objetivos específicos

Objetivo 1

Investigar el funcionamiento de los 3 tipos de sistemas de transporte más utilizados especialmente en el recaudo en la operación con buses a nivel nacional.

Objetivo 2

Investigar los 5 sistemas de recaudo más importantes en los medios de transporte que permitan definir cual o cuales serán sugeridos a ser utilizados en el desarrollo luego de la integración.

Objetivo 3

Investigar las principales formas de hurto asociadas al recaudo, en los sistemas de transporte público que utilizan buses en Colombia, de esta manera se identificara los problemas que deben ser resueltos por el desarrollo.

Objetivo 4

Investigar desarrollos previos y productos existentes además de normas técnicas que se relacionen con el transporte público que utiliza buses en Colombia. Para tener claro las normativas asociadas y los competidores.

Objetivo 5

Llevar a cabo el diseño desarrollo de un sistema de control de abordó para la puerta trasera específicamente para el transporte público que utilice buses, el cual al integrarse con el desarrollo previo de Ciudad Móvil permita reducir los niveles de hurto existentes y mejore la seguridad de abordó.

Objetivo 6

Hacer pruebas en un espacio simulado del modelo desarrollado, las cuales permitan recolectar datos y generar conclusiones y posibles correcciones al sistema.

Objetivo 7

Evaluar el sistema planteado a nivel técnico generar sugerencias de posibles aplicaciones futuras para el sistema.

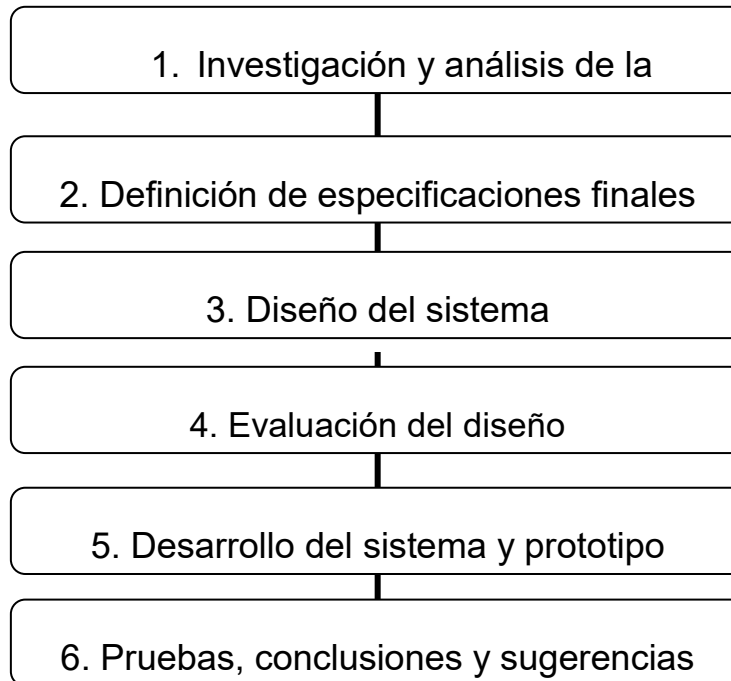
Nota: Se realizaron cambios a los objetivos planteados en el anteproyecto, por razones ajenas a nuestra voluntad.

Por cuestiones de ocupación del personal de la empresa Ciudad Móvil con nuevos proyectos en otras ciudades. El objetivo principal que apuntaba a un desarrollo ya integrado con el de la empresa, se replanteo a solo el desarrollo del sistema en la puerta trasera y evaluar solo esta parte, igualmente se tiene en cuenta en el desarrollo la necesidad de integrarlo al desarrollo previo realizado por ellos.

4. ALCANCE Y PRODUCTOS

El alcance del producto para este proyecto académico comprende desde la investigación a profundidad del problema del hurto y temas asociados, pasando por un diseño del sistema que permita reducirlo y llegando a un prototipo funcional, el cual se espera ser probado en condiciones reales, esto último siempre y cuando la empresa Ciudad Móvil decida hacerlo y se den las condiciones de tiempo y espacio.

5. METODOLOGÍA SUGERIDA



- Investigaciones y trabajo de Campo, con un posterior análisis, el cual se plasmara en elementos tangibles y que marquen puntos de referencia como punto de partida a una problemática existente.
- De acuerdo a las necesidades arrojadas por la investigación, definir un PDS, en el cual se enumeren los requisitos que deberá cumplir el sistema a desarrollarse. En compañía de los ingenieros de Ciudad Movil.
- Usando como base de trabajo las especificaciones arrojadas, y basándose en las investigaciones que se han llevado a cabo, generar esquemas de diseño preliminares y finales del sistema a desarrollarse.
- Mediante el uso de un método de evaluación cuantitativo, analizar las propuesta (s) y sacar correcciones pertinentes.
- Determinar y ajustar el diseño, con un posterior desarrollo del prototipo que se usará como maqueta de trabajo.
- Utilizar el desarrollo final del prototipo como método de evaluación (prueba), el cual guie a concluir y evaluar sobre el trabajo desarrollado.

6. INVESTIGACIÓN

Desarrollo actual ciudad móvil

Hoy en día la empresa ciudad móvil cuenta con dos desarrollos tecnológicos enfocados al transporte público y más específicamente al rastreo y monitoreo buses y los eventos dentro de los mismos.

El primer desarrollo se llama EKZPERT, el cual se desarrollo en Mayo del 2009.

EKZPERT

Este está compuesto por una board industrial que cuenta con puertos serial RS-232, un módulo modem GPRS y GPS, una tarjeta de adquisición, una fuente robusta con protecciones automotrices, un display, una salida de audio, un software que permita el control de todos los dispositivos y la generación y envío de las tramas generadas por eventos en el vehículo.

Adicionalmente en las oficinas de Transmilenio S.A se cuenta con un servidor multihilo, que permite recopilar la información enviada desde los móviles y la conexión vía WEB a través de una VPN. Adicionalmente implementa una interface que permite monitorear en tiempo real el estado de conexión y recibo de información de los vehículos de manera visual y práctica. En la siguiente imagen se muestra un esquema general del funcionamiento del proyecto. (Ver ANEXO E)

Esquema General

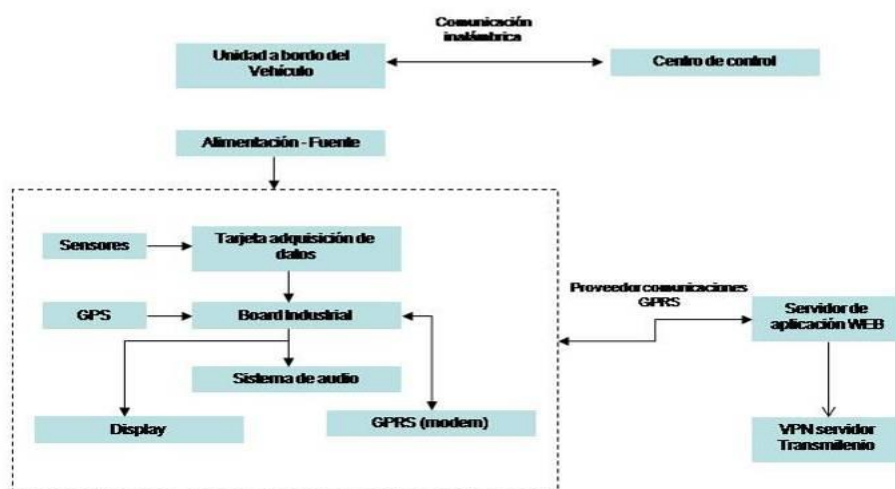


Imagen 1

Este primer desarrollo se probó en 58 buses, con resultados satisfactorios, sin embargo y por razones de disponibilidad y costos de la board industrial se decidió realizar un nuevo proyecto utilizando tecnología comercial de ultima generación marca Arbor y con la implementación de registradoras brasileiras marca Foca electromecánicas, este desarrollo se llama EKZPERT 2.

EKZPERT 2:

Este ultimo desarrollo está basado en tecnología de la empresa Arbor Technology Corp. (<http://www.arbor.com.tw/>) específicamente en su línea de productos Rugged Tablet PC y con su producto Military Rugged Tablet PC y en la empresa Brasileira FOCA (<http://www.focacontroles.com.br/es/index.php>), esta última con el molinete (registradora) de 4 brazos electromecánico de referencia FE4.

Este desarrollo cubre principalmente el conteo de pasajeros en la puerta delantera, el monitoreo por sistema 3G de la posición del bus y tiene la posibilidad de conectarse a este un sistema de recaudo como (Tarjetas tipo cívica, tarjetas de crédito, tiquetes electrónicos, entre otros)

Desarrollo actual de ciudad móvil

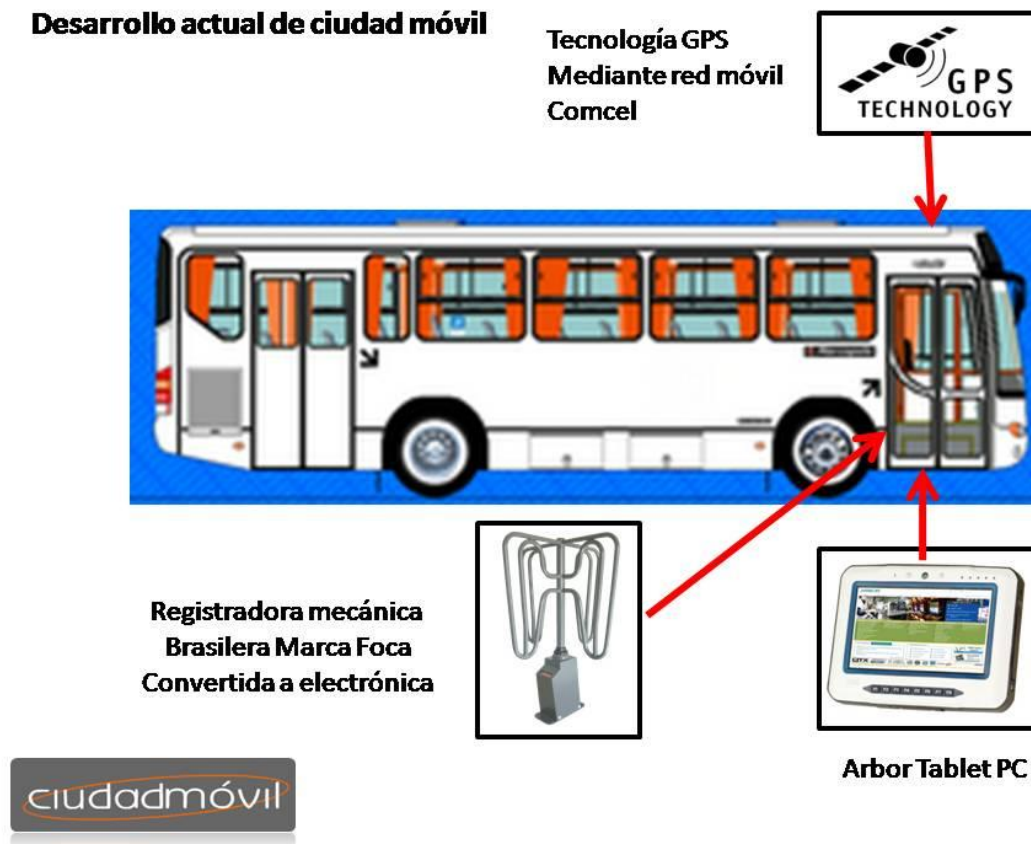


Imagen 2

6.1 Estado del arte sistemas de control

Sistema utilizado en Israel



Imagen 3

Para el caso de Israel, los buses fueron equipados con detectores de bombas ubicados en torniquetes que colapsan en casos de emergencia. Sin ser un caso de detener el hurto en buses, cumple una finalidad de aportar control para el ingreso del bus.



Imagen 4

Este es el torniquete de control del mismo bus antes mostrado, es una opción también usable para el control de personas que pasan por encima de los torniquetes, hay que verificar por normas de seguridad el cumplimiento en caso de necesidad de evacuar los pasajeros.

Sistema Inteligente de Transporte

El sistema de transporte inteligente (STI) está diseñado para la población urbana / estado / organizaciones privadas de transporte por carretera. El sistema consta de un motor y un componente de hardware para proporcionar una solución integrada para el controlador de consola de la unidad, tic-tac de la máquina electrónica, el sistema de información de pasajeros y el sistema de rastreo de vehículos. Este proporciona una solución única para las empresas de transporte para programar y supervisar los autobuses con la ayuda de tecnologías avanzadas tales como GPS, Wi-Fi y GPRS.

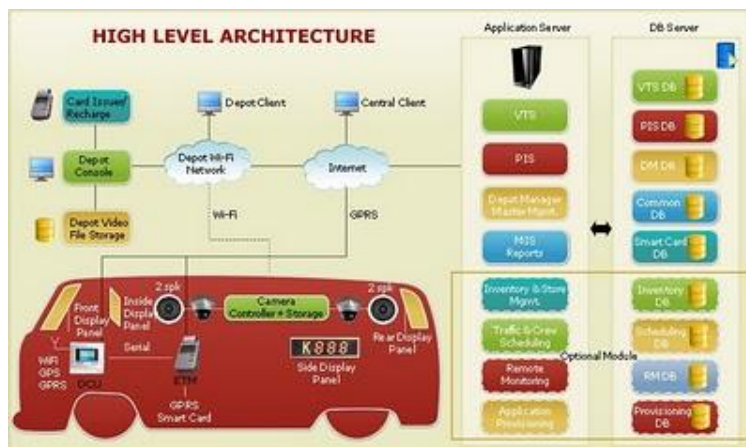


Imagen 5

Video de seguimiento de vehículos

Este sistema parte de dos aspectos, el primero es un sistema el cual ayuda a monitorear el hurto y la violencia en los medios de transporte y el segundo es para ayudar a el monitoreo del autobús. Debido al enorme flujo de pasajeros, es prácticamente imposible hacer un monitoreo constante de uno por uno de los pasajeros. Mediante la implementación de este sistema se puede controlar la seguridad a bordo, el manejo del transportador y las posibles disputas que se puedan presentar.

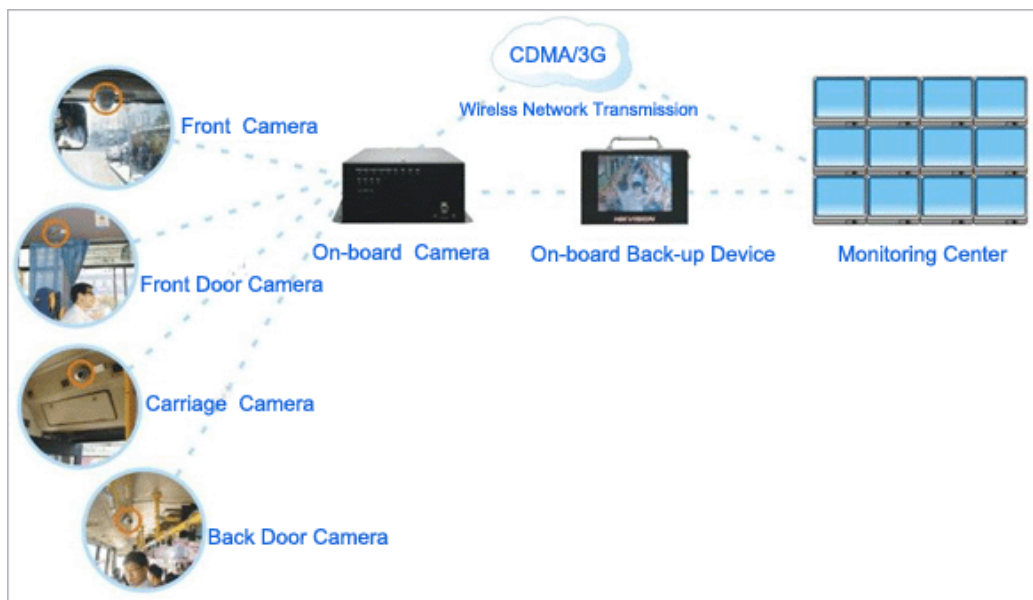


Imagen 6

El sistema de monitoreo de vehículos, realiza una grabación en tiempo real de funcionamiento del vehículo, mediante la utilización de tecnologías de compresión y alto almacenamiento de videos para almacenamiento en disco duro. El sistema está conformado por 4 cámaras de alta resolución en la bóveda, estas observan la parte delantera, las dos puertas y la parte trasera del vehículo, buscando con el uso de estas y su ubicación generar la menor cantidad posible de ángulos muertos. Cada 15 días se debe hacer la gestión de sacar la información mediante el uso de DVR para tener una copia de seguridad.

Conteo Automático de pasajeros (Automatic Passenger Counting)



Imagen 7

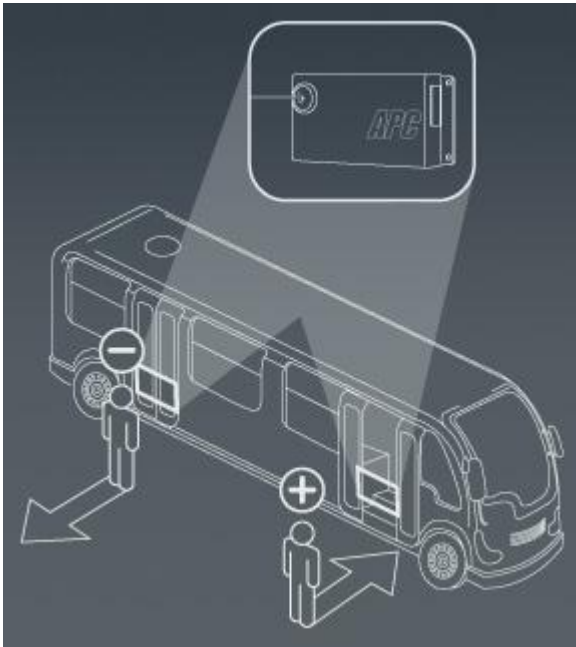


Imagen 8

Dispositivo de conteo automático de pasajeros.

Es un sistema diseñado para facilitar a las empresas de transporte el conteo de personas que usan el servicio de buses, trenes, barcos, etc. Es un preciso sistema que evita posicionar barreras mecánicas en las salidas. El sistema APC es una solución de tecnología avanzada de dispositivos inteligentes que ayuda a mejorar la eficiencia en la operación del sistema. Además de contar con un sofisticado software de post-procesado que filtra el conteo de bolsas, maletas, etc.

INFODEV



Imagen 9

El Infodev es un avanzado sistema de conteo de pasajeros, el cual cuenta con sensores para cada una de las puertas del vehículo que se desea intervenir. Los sensores están ubicados en la parte superior de cada una de las puertas y es programable para que cuente tanto cuando ingresan como cuando salen pasajeros. Está diseñado para el típico bus articulado comúnmente usado a lo

largo de Norte América. Esta organizado por una consola central que recibe la información y la procesa, así como sincroniza la información a través de GPS.

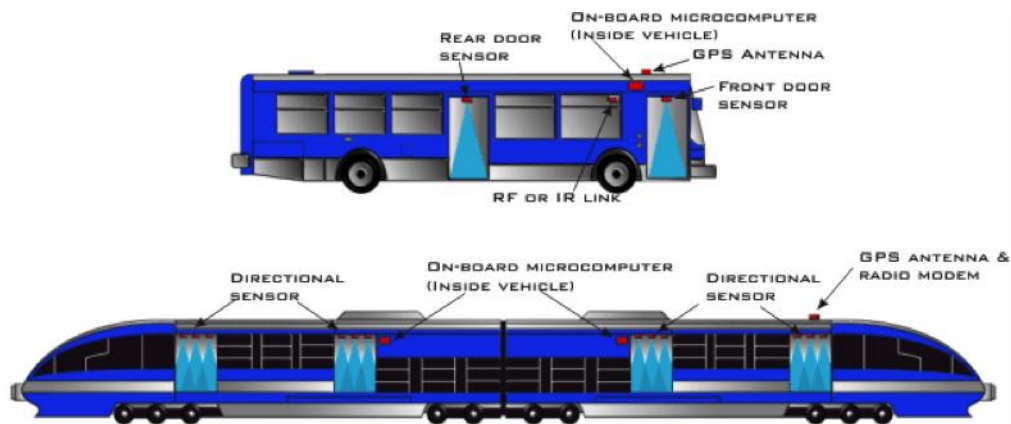


Imagen 10

6.2 Estado del arte de medios de pago

Pago por tarjeta:



Imagen 11

Son tarjetas electrónicas propagadas, las cuales pueden ser recargadas con cantidades de viajes determinadas. Su uso está sujeto a sistemas de transporte que tengan lectores para dichas tarjetas. Su funcionamiento está determinado por una tarjeta electrónica la cual se debe de acercar a un lector, este hace el descargo de cada entrada o bien sea si es pago por día un solo cobro por día. Sus beneficios están dados por la exactitud en el funcionamiento del sistema, las posibilidades de uso de los datos recopilados para estadísticas, control de flujo de pasajeros, análisis de horas pico, etc. La debilidad del sistema está dada por el costo, ya que las tarjetas son costosas para la compra inicial y requieren de cierto cuidado para su durabilidad en el tiempo.

Pago en efectivo:



Imagen 12

Este es el simple pago dado a la entrada del bus, este recoge todos los pagos en efectivo y el control de pasajeros esta dado por los contadores en los torniquetes. Es la forma más básica de manejar los cobros, además de ser la de menor costo.

Está tiene ciertas falencias dadas por la inseguridad del manejo de grandes cantidades de dinero en efectivo, las posibilidades de robo, además de la dificultad para manejar con sistemas básicos conteos exactos y sin fallas de uso de los servicios.

Pago con tiquete de banda magnética:



Imagen 13

El pago con tiquetes de este tipo, esta dado por un sistema relativamente básico y simple. Este consiste en un lector de bandas, más los tiquetes que están programados para una cantidad de usos determinados.

El sistema tiene un costo operacional a largo plazo bastante costoso, dado que la vida útil del tiquete es muy corta lo que hace la relación costo durabilidad bastante baja.

Pago con Tokens



Imagen 14

Este tipo de pagos están dados por pequeñas monedas generalmente fabricadas en metal, las cuales cuentan por un viaje cada una. Estas son introducidas para hacer el pago del servicio en maquinas mecánicas de funcionamiento básico. El control del ingreso del pasajero este está determinado por barreras mecánicas generalmente, las mismas usadas para otros sistemas.

Es un sistema que se ha ido sacando del mercado en el tiempo, sus beneficios están dados por la relación costo durabilidad del token. Pero es bastante básico el sistema, ya que no permite usar por varios viajes cada ficha además pueden ser falsificados.

Máquina de Tiquete Electrónico

Marcando una herramienta electrónica de la máquina (ETM) es un dispositivo de hardware capaz de emitir billetes de los pasajeros y el envío de los datos de entradas a través de interfaces de serie y GPRS. Es capaz de recaudo automático (AFC), utilizando tarjetas inteligentes y la recarga de las tarjetas inteligentes. Todas estas operaciones se pueden almacenar en la propia ETM que se cargan directamente a la aplicación o PC basado en el controlador de consola de la unidad sobre una interfaz en serie.



Imagen 15

6.3 Estado del arte sistemas de transporte

Sistema Abierto

Es el sistema tradicional de buses de ciudad. Se denomina abierto, ya que transita por el mismo carril que los vehículos; Es decir que no tiene ningún carril exclusivo, ni estaciones propias. Sus estaciones son bahías con pequeños paraderos de peatones que en teoría solo deberían parar en ellas (no se cumple pues los buses paran en cualquier lugar y no hay un control para esto), en las cuales no es necesario pagar para entrar a estas y el pago del servicio se lleva a cabo en el momento que se ingresa al bus. Para el caso de transporte en Colombia, los sistemas de buses de todas las ciudades hacen parte de este sistema.

Sistema Mixto:

Es aquel que no presenta un carril exclusivo para su trabajo, pero que tiene unas estaciones definidas. Las vías que usa son las mismas que usan los carros particulares entre las ciudades para transitar. Las estaciones están dadas por paraderos únicos, es decir que no podrán recoger pasajeros fuera de los lugares establecidos. Los pagos en el servicio se hacen al ingresar al bus, por lo que funciona como el servicio tradicional, sumando una mayor organización en los puntos de parada y rutas establecidas.

Como ejemplo, podemos tomar el sistema Metro Sinú de Montería. Este es un sistema que trata de agrupar la operación de buses y centralizar su dirección. Cada bus tiene unas rutas y unas paradas reglamentarias, además de tener controladores de tiempos de salida y zonas de intercambio de buses demarcadas por GPS. Para mayor información Ver anexo M

Sistema Cerrado:

Está dado por los transportes masivos que tienen un espacio propio para el funcionamiento, además de tener unas estaciones determinadas para hacer las paradas. Es un sistema preparado, puesto que para entrar a las estaciones es necesario hacer previamente el pago; esta característica disminuye el hurto, con la contraprestación del aumento del costo de operación.

Las principales ciudades de Colombia han empezado a poner en funcionamiento transportes de este tipo. Algunos de los ejemplos que podemos nombrar serían; Bogotá con el Transmilenio, En Medellín el metro, Metroplús y Metrocable y parcialmente en Cali el MIO.

6.4 Métodos y formas de hurto

Por razones de seguridad, y por la dificultad de captar imágenes de cómo hurtan los conductores y pasajeros, se enumeran a continuación los métodos y formas que se encontro en la investigación realizada con algunas de las empresas de transporte en la ciudad.

Puerta trasera

El principal método de hurto en los buses es el ingreso por la puerta trasera del bus, para este caso las personas entran por la puerta trasera y dan una menor cantidad de dinero al conductor de lo que costaría el tiquete normalmente. De esta manera no queda registrado en el contador del torniquete, y la plata deja de ser percibida por el dueño del bus y pasa a ser del conductor.

Este método es difícil de controlar, pues a pesar de que las empresas de transporte cuentan con planillero en algunos lugares de la ciudad, les queda muy difícil controlar todo el trayecto.

Salto registradora delantera

Se ingresa por la puerta delantera al bus. Al llegar al torniquete, el cual actúa como contador y barrera mecánica, se pasa por encima de este porque algunos de ellos son pequeños y fáciles de saltar.

Detención de marcadora en la mitad del recorrido

Algunos conductores, llevan el torniquete hasta una posición de 45 grados entre lectura y lectura. De esta manera varias personas pueden entrar de manera estrecha, marcando únicamente un pasajero.

Alteraciones a las registradoras

Modificación del engranaje interno quitándole un diente al engranaje contador de decenas de esta manera cuando cuenta 10 resta uno, robando un 10 % del recaudo. Pues el contador omite 1 dígito cada 10 pasos.

Alteración de la registradora con una guaya pegada al trinquete, la cual halan y queda desactivada la registradora, y no marca los pasajeros que ingresan, a pesar de que el usuario paso por la registradora y cree que contabilizo su entrada.

Cambio de registradoras

Al salir a hacer su ruta paran en un taller cercano, bajan la marcadora, montan una igual y trabajan todo el día, al final la remplazan por la original pero quitando algunos pasajeros.

6.5 Normativa vigente

Norma técnica Colombiana NTC 5206 del 15 de Julio de 2009.

Título: Vehículos para el transporte terrestre público colectivo y especial de pasajeros. Requisitos y métodos de ensayo.

Capitulos de interes, ver Anexo F

5.3 Masa máxima técnicamente admisible.

5.5 Superficie disponible para los pasajeros.

5.6 Número de sillas para los pasajeros.

5.8 Salidas (Puertas de servicio o salidas de emergencia).

6.5 método de verificación para el acceso a puertas de servicio.

6.6 Método de verificación para el acceso a las puertas de emergencia.

6.8 Método de verificación para el pasillo.

Figuras:

2. Dimensiones de las puertas de servicio.

5 Peldaños para pasajeros.

Tablas:

3. Factores para cálculo del número total de pasajeros.

5. Número mínimo de salidas.

9. Dimensiones de los peldaños para todas clases de vehículos.

Código de transito de Colombia.

Ley 769 del 6 de agosto de 2002.

Para el transporte público, artículos 87-93. Ver Anexo H

7. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA

7.1 Especificaciones de diseño definitivas

Estas especificaciones fueron definidas de acuerdo a las necesidades planteadas por la empresa y complementadas con la información recopilada en las entrevistas realizadas a dueños y administradores de buses.

Para la generación de ideas solo se tiene en cuenta del PDS los sistemas asociados a la detección de pasajeros que ingresan o salen por la puerta de atrás, pues el resto del sistema está completamente restringido al desarrollo previo de la empresa Ciudad Móvil y la integración con el mismo.

Además lo relacionado con la apertura o no de las puertas de acuerdo al evento en el que se encuentre el bus, es un requerimiento que se cumple con la programación del computador de abordaje y el uso de implementos simples de electrónica como relés, micro controladores y Swiches.

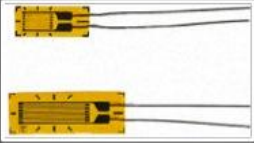
Necesidad	Interpretación	Unidades	D/d
Reducir el hurto	Tener con certeza el número de pasajeros que entran y salen del bus en el día.	Pasar de un 30% de hurto a un 5 %	d
	Tener con certeza el número de pasajeros que entran y salen del bus en el día.	Cantidad	D
	General un mecanismo que el conductor acepte que recibió el dinero y quede una constancia.	Validación SI/NO	d
	Tener pruebas si el conductor evade el pago de pasajeros para poder sancionar.	Video o Imagen	D
Que el bus no arranque con las puertas	Sensores en las puertas conectados al freno de emergencia	Permite mover el vehículo o no	D

abiertas.			
Puertas solo abran en lugares indicados	Rutas trazadas y lugares autorizados por GPS para apertura de puertas.	Abre o no la puerta	d
Pagar con otros medio	Implementación de tarjeta Cívica y pago en efectivo o medios diferentes de pago.	Numero de medios de pago.	D

7.2 Generación de ideas

Propuesta 1

Galgas extensiométricas



El peso del usuario causa una deformación y la galga es capaz de detectar esta deformación y traducirla en un impulso eléctrico.

Este impulso eléctrico, y con la programación adecuada se puede saber que escalón piso el usuario en que momento, y de acuerdo al orden 3-2-1 o 1-2-3 yo puedo determinar si está subiendo o bajando del bus y generar un registro en caso de estar subiendo y una resta al N° de pasajeros en caso de estar bajando.

Micro-controlador



V

Propuesta utilización de sensores de suelo por secuencia.



Sensores de piso



Los recuadros azules son sensores de piso equipados con galgas extensiométricas conectadas a un micro-controlador

Ventajas

- Económicamente Viable
- Materiales de fácil consecución local
- Poco visible para el usuario.

Desventajas

- Alto desgaste debido al alto tráfico de personas que tiene un bus diariamente, además las escaleras de todos los buses no es la misma.
- Fácil de violar el sistema por medios físicos, (Escalón falso)
- Las galgas extensiometricas son relativamente frágiles.

Propuesta 2

Propuesta Cámara de reconocimiento de secuencia.

Todas las personas al subir o bajar de un bus, siguen una secuencia básica y medianamente recta, pero en sentido contrario una de la otra.

Mediante la utilización de cámaras de reconocimiento de movimiento similares a las utilizadas por programas como Camera Mouse, y Kinetick de Xbox 360.



Gracias a esta tecnología yo podría generar un evento electrónico cuando la persona recorra en una dirección o en otra, y de esta manera determinar si esta ingresando o saliendo.

Y determinar el numero de personas que se encuentran adentro del bus.



Ventajas

- Es de gran confiabilidad pues por decirlo de alguna manera se puede hacer que el sistema aprenda.
- Hay evidencia física del evento (Video)
- Es necesario la utilización de un computador de abordo muy potente, y la transmisión de datos seria complicada por el peso de los archivos.
- A futuro se podría utilizar como cámara de vigilancia.

Desventajas

- Es tecnología nueva, por lo tanto es costosa
- Sí la cámara es movida puede causar errores.
- La cámara puede ser obstruida fácilmente.
- La información recogida seria muy pesada para transmitirse fácilmente.

Propuesta 3

Torniquete de seguridad, ideal para casos de emergencia en los cuales se requiera de evacuación sin obstáculos.



Utilización de torniquete electrónico conectado al controlador de seguridad del bus, con la finalidad de controlar flujo de pasajeros entrante y saliente.

Ventajas

- Es un sistema muy confiable y de fácil instalación
- Es una barrera mecánica, lo que la hace más difícil de violar.
- Es Viable Económicamente.

Desventajas

- Puede generar conflictos con normativa asociada a la hora de una evacuación por una emergencia, pues a pesar de ser abatible electrónicamente en una emergencia es una barrera Física.

Propuesta 4

Utilización de sensores de paso distribuidos para el manejo de un orden de entrada y uno de salida. Programación de eventos por flujo en sentido opuesto al programado.



Se propone emplear 4 sensores ubicados en diferentes profundidades, así como sentidos. De esta manera se controlará el sentido de uso. Conectar los sensores a un controlador de eventos, el cual regule la cantidad de eventos negativos.

Ubicación de sensores en puntos estratégicos y seriados, de esta manera se logrará hacer la secuencia de eventos para marcar movimientos de entrada o salida a través de la puerta.



Sensor tipo M18 marca banner.

<http://www.bannerengineering.com/en-US/products/8/Sensors/23/Compact-Photoelectric-Sensors/46/M18-Series/#specs>

Ventajas

- Es muy confiable porque los usuarios no ven claramente en donde están y donde no los sensores, lo que hace mas difícil violar el sistema.
- Económicamente es viable pues los sensores a pesar de ser costosos, si se importan en una cantidad representativa seria económicos.
- No genera ningún tipo de barrera física.

Desventajas

- La alineación de los sensores puede no ser fácil.
- Si sufren un golpe duro puede anular uno o varios de los sensores y causar posibles fallas al sistema.

7.3 Evaluación de propuestas

Calificación de 0-5, donde 0 es la mínima calificación y 5 es la máxima.

Matriz de evaluación

Propuesta	Concepto	Calificación
1	Viabilidad Técnica	4
	Viabilidad Económica	5
	Confiabilidad	2
	Repetitividad	1
	TOTAL	12
2	Viabilidad Técnica	3
	Viabilidad Económica	3
	Confiabilidad	2
	Repetitividad	5
	TOTAL	13
3	Viabilidad Técnica	0
	Viabilidad Económica	5
	Confiabilidad	4
	Repetitividad	5
	TOTAL	14
4	Viabilidad Técnica	5
	Viabilidad Económica	3

	Confiabilidad	4
	Repetitividad	4
	TOTAL	16

Después de realizar las calificaciones dadas a las propuestas, la propuesta elegida es la número 4. Pues tiene un alto puntaje además de ser efectiva y cumplir con los objetivos propuestos.

La propuesta 3 a pesar de ser una muy buena posibilidad y ser mucho más económica e igual de eficiente, no es viable por ir en contra de las normativas de seguridad. Ver anexo F

7.4 Desarrollo de la idea

Después de realizar una investigación de los sensores disponibles, se decidió que este modelo sería el más indicado.

Sensores a utilizar.



EZ-BEAM[®] M18 Series Sensors

Stainless Steel 18 mm Barrel-style DC Photoelectric Sensors



EZ-BEAM M18 Series Features

- 18 mm threaded-barrel sensor
- 10 to 30V dc; choose SPDT (complementary) NPN or PNP outputs (150 mA max. ea.)
- Easy to use; no adjustments are necessary
- Advanced self-diagnostics with separate alarm output[†]; dual LED system indicates sensor performance
- Choice of integral cable or Euro-style quick disconnect connector
- Completely epoxy-encapsulated to provide superior durability, designed to meet rigorous IP69K standards for use in high pressure washdowns
- Brackets available for a wide array of mounting options

[†] U.S. patent 5087838 (see Specifications, page 5)

EZ-BEAM M18 Series Sensing Mode Options



Opposed



Retroreflective



Diffuse



Fixed-Field



M18 Series Opposed-Mode Emitter (E) and Receiver (R)

Models	Range	Cable*	Supply Voltage	Output Type	Excess Gain	Beam Width
M186E M186EQ	20 m (66')	2 m (6.5') 4-Pin Euro-style QD	10-30V dc	—		
M18SN6R M18SN6RQ		2 m (6.5') 4-Pin Euro-style QD		NPN		
M18SP6R M18SP6RQ		2 m (6.5') 4-Pin Euro-style QD		PNP		

* 9 m (30') cables are available by adding suffix "W/30" to the model number of any cabled sensor (e.g., M18SN6R W/30).
A model with a QD connector requires an optional mating cable. See page 6 for more information.

Printed in USA

P/N 49201E9B

Imagen 16

Los sensores seleccionados anteriormente son los más adecuados para cumplir la función requerida, pues son de alta calidad, confiabilidad y buena robustez.

Sin embargo y gracias a las condiciones de consecución (importados) se decidió por ser un ejercicio académico, simular estos con materiales de fácil consecución y menor costo.

Para esta tarea se desarrollo un sensor con un laser (apuntador) y una fotocelda, la cual varía su resistencia de acuerdo a la cantidad de luz percibida. De esta manera cuando el rayo se interrumpe, se genera la variación y se puede detectar mediante un micro controlador y tomarlo como una señal.



Imagen 17, 18, 19

Computador de abordo Arbor

Gladius G0820

8" Intel® Atom™ Z530P Rugged Tablet PC



Features

- 8" TFT Active Matrix Outdoor-readable Touch Panel
- Ultra Low Power Consumption
- Fully Rugged Mobile POS for Warehousing/Vehicle Computer Application
- Meets MIL-STD-810F, Whole Machine IP54 Grade, Drop Resistant from Height of 122cm
- High Mobility, Multi-network Connectivity (Bluetooth/WLAN/HSUPA 3.75G/GPS)
- Multi-identification Devices (Barcode, RFID, MSR)
- Hot-swappable Dual-batteries, Providing Battery Life up to 8 Hours

System

CPU	Intel® Atom™ Z530P 1.6GHz CPU with FSB 533MHz
Graphics Controller	GMA 500 Integrated
Memory	2GB DDR2-667 SDRAM
Chipset	Intel® System Controller Hub US15WPT
BIOS	AMI BIOS
Audio	Azalia HD DT Audio
Storage	1 x 32GB 1.8" SSD

Peripherals and Devices

Serial Port	1 x RS-232 port
USB Port	2 x USB 2.0 ports
Camera	1 x 2.0 megapixels CMOS camera
RFID	Integrated ISO 15693/14443A/14443B RFID Reader (distance: 3~5cm; speed: 5 cards/sec)
Ethernet	1 x Realtek Gigabit Ethernet controller
Wi-Fi	Integrated WLAN 802.11 b/g/n
Bluetooth	Integrated Bluetooth 2.1 + EDR
GSM/UMTS	Up to HSUPA (3.75G)
Barcode Scanner	1 x 1D/2D Barcode Scanner
MSR	1 x Magnetic Stripe Reader module (optional)
Expansion	1 x 35-pin pogo connector for connection with vehicle cradle
SIM Socket	1 x SIM socket (located underneath the battery pack)

Button & Indicator

Function Key	6 x Function keys 2 x Menu buttons on the front 2 x Barcode Scanner trigger button on the sides
Power Button	1 x Power on/off button on the right side

LCD Display

Size/Type	8" active matrix TFT
Max. Resolution	1024 x 768 (SVGA) w/ 16.2M colors
Luminance	600 cd/m² (typ.)
Contrast Ratio	700 : 1
Backlight Type	LED

Touch Screen

Type	Analog Resistive
Light Transparency	73% (typ.)
Controller Interface	USB Interface

Power Supply

Adapter Input	100 ~ 240VAC (Full Range)
Adapter Output	19VDC, 3.42A, 65W
Battery Type	Li-battery pack
Battery Capacity	2 x 2600mAh 3-cell
Battery Operating Time	8 hours

Mechanical & Environmental

Operating Temp.	0 ~ 45°C (32 ~ 113°F)
Storage Humidity	5 to 95% (non-condensing)
Dimensions (W x D x H)	240 x 47 x 188 mm (9.45" x 1.85" x 7.4")
Gross Weight	1.85 kg (4.1 lb)
Vibration	3 Grms/ 5 ~ 500Hz/ random operation
Shock	40G peak acceleration (11 ms duration)
Transit Drop	122cm (4 feet) drop to wood
IP Rating	IP54 compliant
Regulatory	CE/FCC Class B compliant

Ordering Information

G0820	8" Intel® Atom™ Z530P rugged tablet PC
BAT-0720	Battery pack kit
VMC-0720	Vehicle cradle with GPS, 2 x RS-232, 2 x USB ports, 1 x GbE port, Audio Jack (1 x speaker, 1 x MIC), support wide ranged 9 ~ 32V DC inputs and VESA-75

All specifications are subject to change without notice.

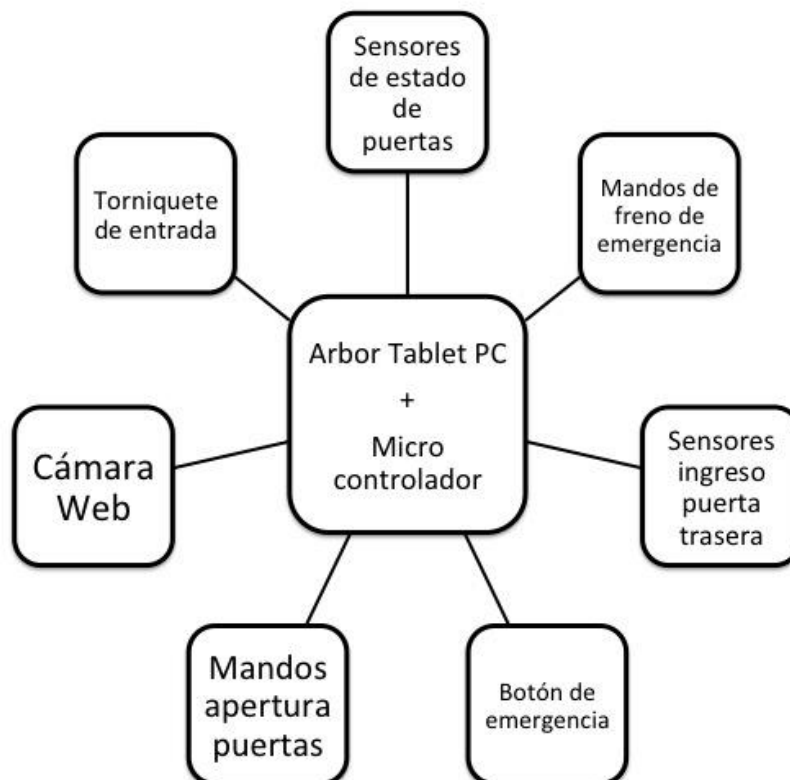
Imagen 20

Este sistema de abordaje es el que maneja toda la interconexión con la estación central de operaciones, pues tiene conexión 3G y mediante este sistema tiene un flujo continuo de datos con la central.

Además esto permite generar un comprobante de pago a la hora de ingresar al bus por parte del conductor, el cual aceptaría que recibió la plata, y en ese momento se podría ingresar al bus mediante una orden dada a la registradora. Además este computador está especialmente diseñado para trabajos pesados, bajo vibraciones, cuenta también con un soporte especial para posicionarlo en el bus.

Este computador además recibe todas las señales enviadas por el microcontrolador y las almacena, las analiza y realiza acciones como tomar una foto y generar un evento de emergencia a la central. Además de llevar siempre un registro de número de pasajeros.

7.5 Descripción técnica de la propuesta elegida



Las relaciones más importantes dentro de los componentes y las que definen la programación del micro controlador son:

Relación freno de mano – apertura puertas

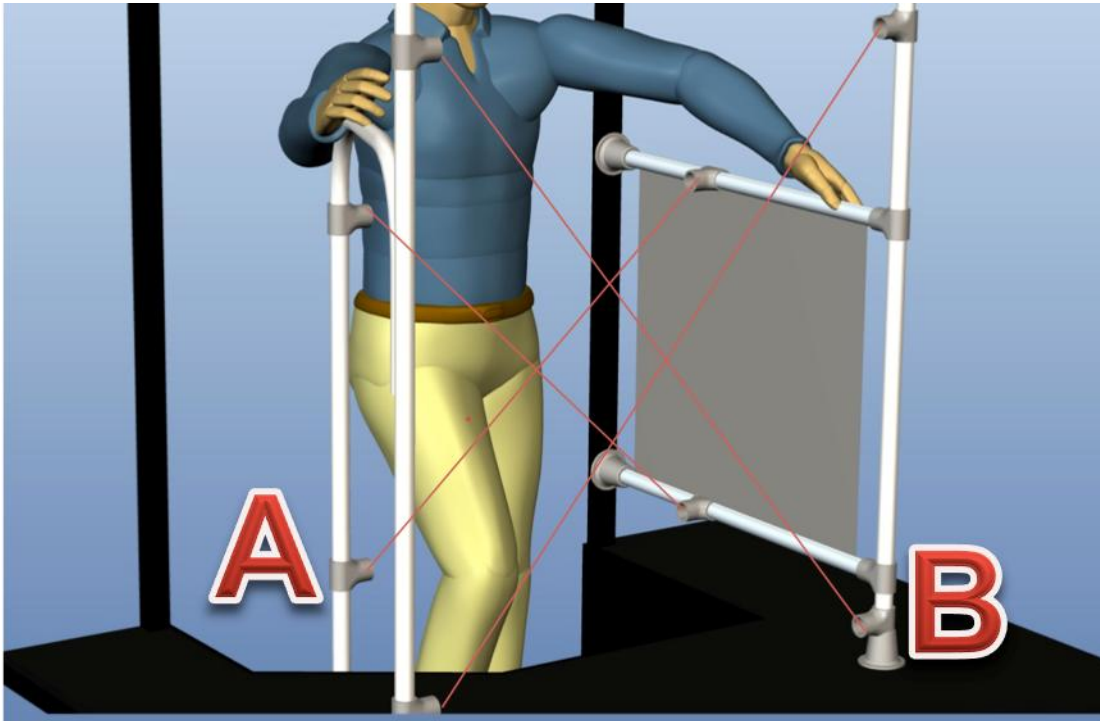
- Las puertas del bus no abren si el freno de mano no está activo, esto garantiza que mientras el bus este en movimiento las puertas no pueden ser o estar abiertas.
- Cuando el bus se detiene y se activa el freno de mano, se permite abrir las puertas.
- El freno de mano solo se desactiva si las puertas están cerradas, sino el bus no puede arrancar.
- Si se alcanza el límite de pasajeros en el bus, (esto se calcula con entradas y salidas) al parar solo se permite abrir puerta trasera y cuando descienda un pasajero se puede abrir la delantera, pero solo daría paso el torniquete al número de personas que desciendan del bus.

Botón de emergencia

- Genera una señal al centro de mando (hora, lugar), desactiva todos los sistemas de seguridad, permitiendo abrir todas las puertas.
- Este sistema debe poder cambiar el número de pasajeros a bordo, y que muestre los eventos de emergencia y de subidas por atrás.

Relación sensores de ingreso puerta trasera – Arbor Tablet PC – Cámara Web

- La puerta trasera cuenta con 2 filas de sensores distanciados unos 30 centímetros, los cuales de acuerdo a su secuencia de activación determinan si ingresa una persona por la puerta trasera (genera un evento, registra hora, fecha, lugar e imagen) o sale del vehículo (resta 1 pasajero al total de la cuenta. Ver render abajo).
- Si los sensores de ingreso del bus son obstruidos, generar un ruido y no permitir apertura de puertas hasta normalizar la situación. (Se demarcaría Zona para no pisar y poner letreros informativos)



Esta imagen muestra como es la secuencia de ascenso a un bus por la puerta trasera y el posicionamiento de los sensores. El método para detectar si es un ascenso o un descenso de bus es de acuerdo a la fila de sensores que se active primero, si la secuencia es B-A, quiere decir que esta bajando una persona, a lo cual el sistema responde disminuyendo en 1 el numero de personas que se encuentra en el bus. Pero si la secuencia es A-B se asume que una persona esta ingresando por la puerta trasera, a lo cual el sistema responde generando un evento, que guarda fecha, hora, lugar y una imagen, además de sumar 1 persona al total de pasajeros, de esta manera el conductor tiene la obligación de cobrarle la cantidad estimada pues a el se le cobrara al final del turno.

Por la disposición de los sensores es difícil ingresar o salir de bus sin ser detectado, pues los sensores no son visibles y queda muy poco espacio para ingresar y luego salir sin ser detectado, de aquí se que pueda decir que hay buen grado de confianza en el funcionamiento del sistema.

Además con pruebas mas extensas y rigurosos realizadas en un modelo real montado en un bus, se pueden descubrir debilidades del sistema y corregirlas con modificación de tiempos en la programación.

7.6 Modelo de pruebas

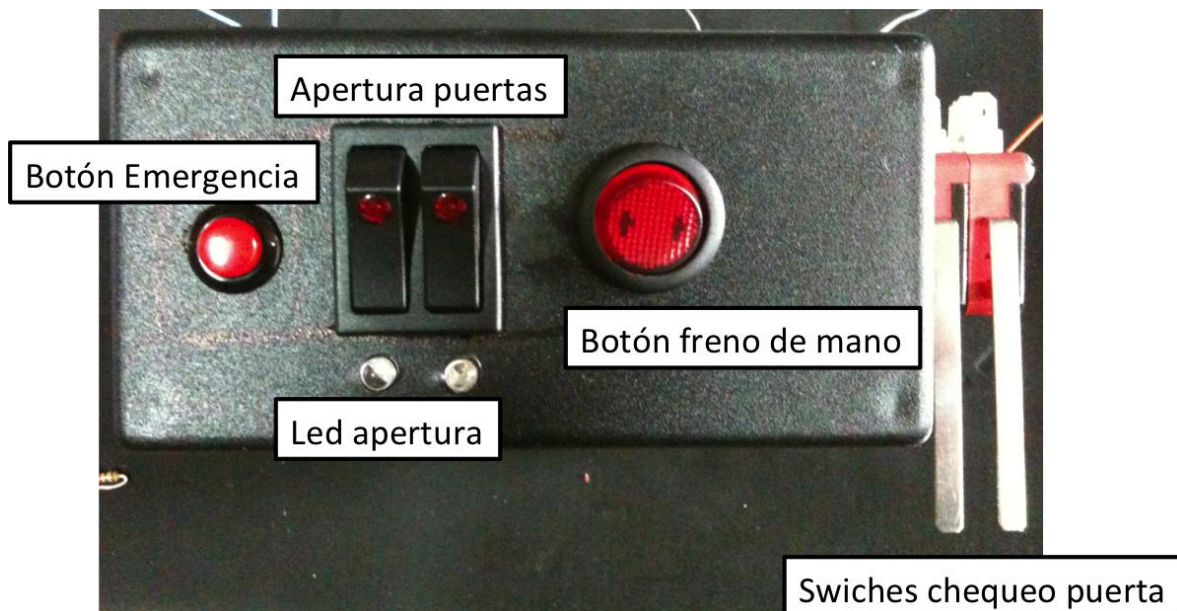
Se desarrolló una réplica de la puerta trasera de un bus, con el fin de poder probar los sistemas desarrollados, en un medio estático y controlado, que permita generar cambios de manera fácil. Además de la imposibilidad de conseguir un bus prestado para instalar todos los sistemas y poder probar en la calle, pues tener un bus parado mientras se realiza la instalación es muy costoso, además que el factor sorpresa de este sistema es parte de su éxito, pues si los conductores logran ver pruebas iniciales y desarrollos posiblemente encuentren puntos débiles y logren alterar el sistema.

Para realizar la fabricación de este modelo, se utilizó una escalera real de un bus tipo SENIOR de la empresa Marcopolo, además de los pasamanos originales del bus. Esto con el fin de recrear al máximo las condiciones reales.

Para posicionar los sensores se utilizaron acoples estándar T de Marcopolo para unión de tubería recubierta con caucho, los cuales de fabricación exclusiva para Marcopolo.

Caja Mandos

Para simular los botones de apertura de puertas, botón de emergencia y demás mandos del conductor se realizó una caja de mandos, con indicadores LED.

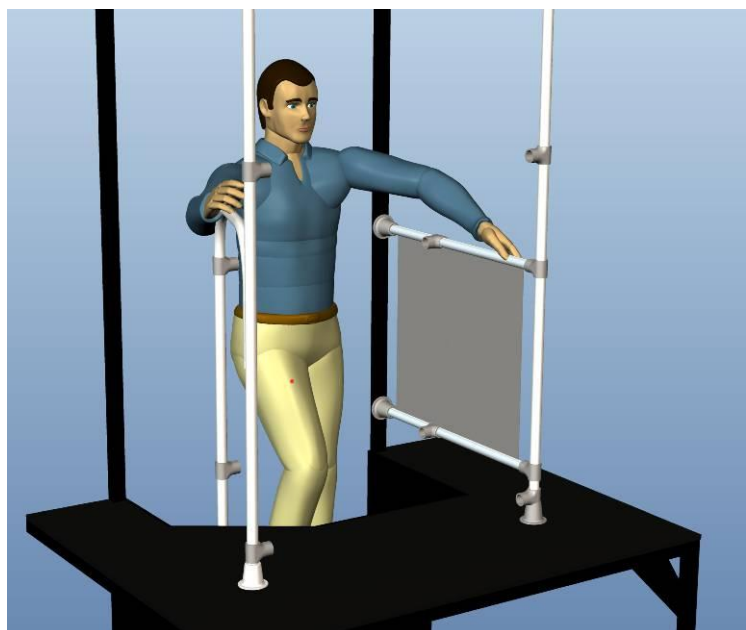
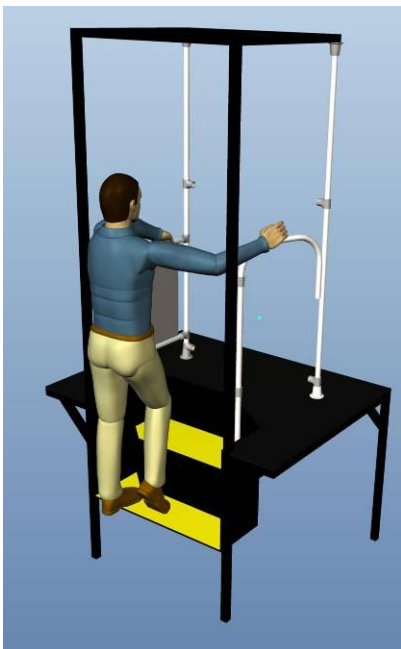


Para simular la puerta trasera se utiliza el siguiente modelo de pruebas:



7.7 Modelación y planos

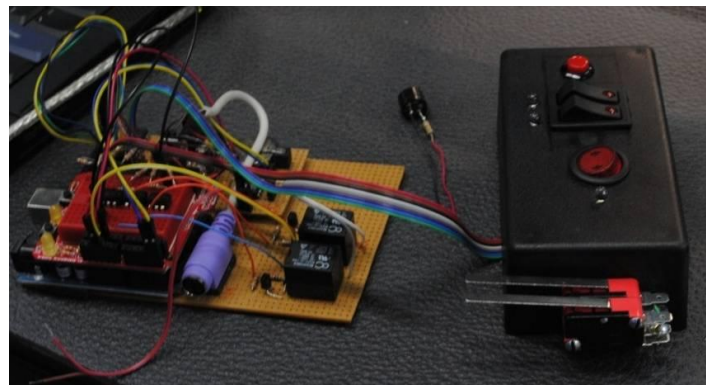
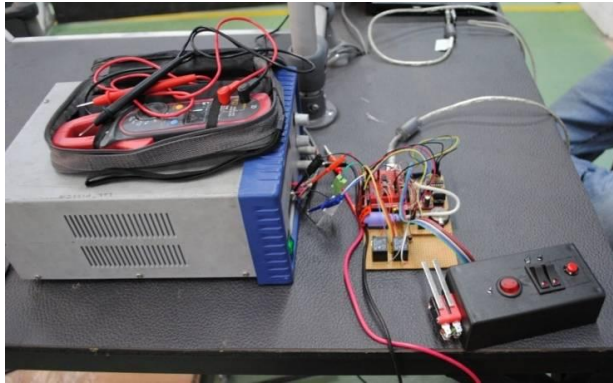
Ver ANEXO G para el archivo de la modelación y los planos. (Planos de piezas no estándar de Superpolo S.A) todos los pasamanos y uniones son de fabricación estándar.

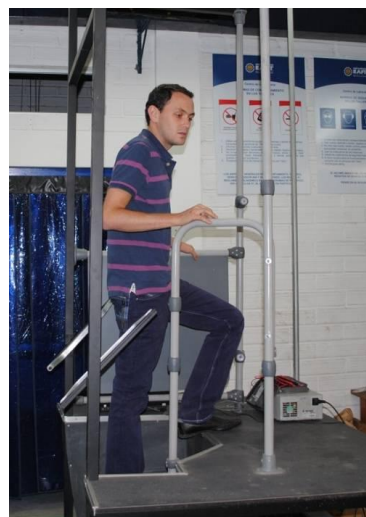
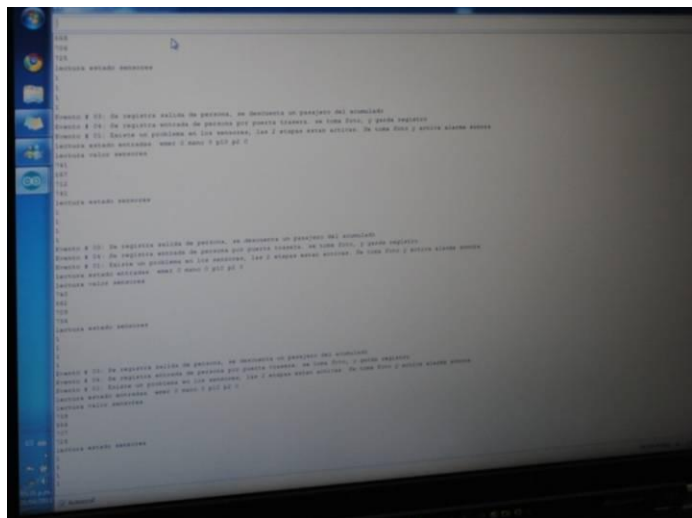
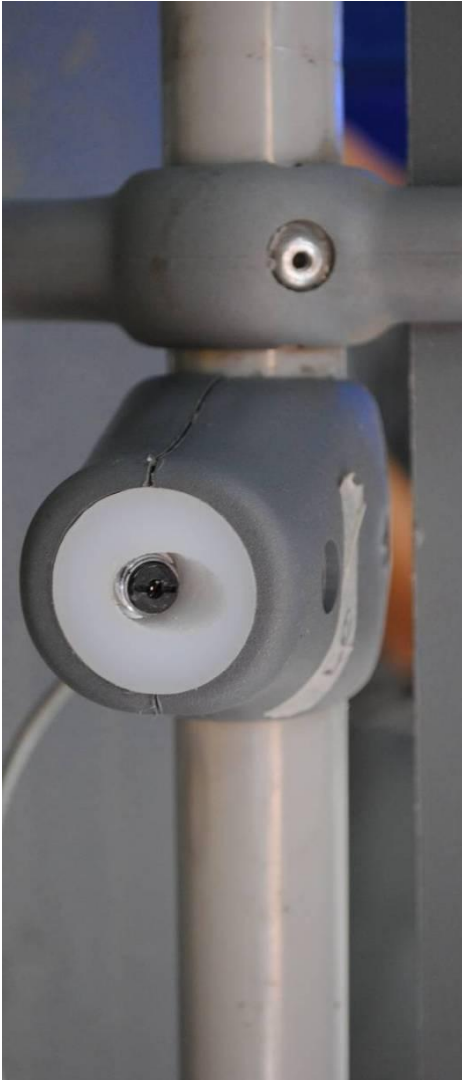


8.1 Evidencia del modelo terminado

Pruebas de usuario, realizadas el 26 de abril de 2011 en la universidad EAFIT, y su resultado fue positivo, pues funciona como se esperaba.

Sin embargo es necesario realizar ajustes a la programación para perfeccionar el funcionamiento del mismo.





9. CONCLUSIONES

- Del recorrido por el tema de transporte masivo en Colombia se encontró que es supremamente profundo, lo que hace de este un tema rico en posibilidades tanto para exploración como explotación.

El transporte específicamente hablando de buses, es un tema que mueve importantes sumas de dinero, que generan de este negocio una mafia. Los principales problemas de esta radican en la falta de conciencia que va desde los pasajeros, hasta los propietarios y tomando todos los que intervienen en esta cadena. Los conductores roban a los dueños de los buses por que reciben salarios bajos, los dueños de los buses dejan de percibir ingresos por lo que no pueden hacer la reposición de los buses entre los tiempos deseados, los usuarios usan la estrategia de robo para pagar menos por el tiquete sin tener conocimiento y la conciencia de lo que esto conlleva para el sistema en general y sin saber siquiera que entre mas roben mas caro será el servicio cada día.

- Los sistemas de transporte que mejor manejan el control al hurto son los cerrados, por lo que se podría recomendar centralizar la operación y hacer sistemas cerrados para el manejo de transportes (que a pesar del alto costo para la ciudad son los que mejor relación capacidad de pasajeros vs costo tienen). Entre otras opciones se encuentra hacer sistemas de colecta de pago tecnificados, los cuales quitan el manejo de la plata en efectivo por parte de los conductores.
- Se encontró que una de las principales debilidades del sistema, está dada por la desorganización y administración del mismo. La guerra por tener más pasajeros, la falta de una sola empresa encargada del manejo de los buses, o al menos la división por rutas, hace que esto sea una guerra a muerte.
- Se encontró que para disminuir el hurto, se debía intervenir el sistema básicamente por la puerta trasera, ya que era el punto más crítico. El sistema electrónico que se creo, brinda la posibilidad de su infinita configuración, agregar sensores, agregar programaciones de eventos posibles, además de un sinnúmero de posibilidades que pueden permitir hacerlo lo más fiable posible.
- El sistema desarrollado es de fácil implementación, y de ser deseado se podría utilizar también para el ingreso frontal, de esta manera el conteo de pasajeros podría hacerse de esta manera y eliminar las barreras mecánicas existentes para dar más confort a los usuarios del servicio y asegurar en caso de una emergencia el mayor espacio posible para evacuar.

- Después de analizar el sistema, se encontró que este como tal no evita que las personas se monten por la puerta trasera, sino que informa sobre esto y hace que sea posible contabilizarlo y cobrarlo al final del día, por tal motivo se pueden llegar a encontrar las medidas correctivas necesarias. Este desincentiva al conductor para que no permita ingresos indebidos y de esta manera se pueda ayudar a reducir el hurto, además de constituir un medio probatorio de hurto, ya que legalmente hablando esto es un hurto continuado no demostrable al día de hoy.
- En un futuro, probando el sistema en un bus real; se puede llegar a sacar un mejor funcionamiento del sistema para hacer códigos mucho más complejos que permitan regular mejor el funcionamiento del sistema y evitar errores de conteo.
- Luego de realizar pruebas encontramos que el posicionamiento de los sensores podría ser mejorado, para evitar que cuando las puertas estén cerradas los usuarios puedan interferir con estos. Se pensó en la posibilidad de ubicarlos en las puertas, que cuando éstas estén cerradas los sensores no queden al alcance de los usuarios y cuando la puerta abra queden funcionando normalmente.
- Después del desarrollo del proyecto se encontró que esta idea tiene un mercado potencial muy amplio; por esta razón se podría pensar en generar un desarrollo más profundo que su fruto sea un producto completo complementado con el servicio de monitoreo al cual se ingresaría por medio de un sistema virtual por el cual se pague una mensualidad.
- Se plantea también la posibilidad de implementación como un sistema de abordaje opcional a la hora de realizar la compra de la carrocería de la empresa Marcopolo, pues esto sería un factor diferenciador a la hora de la compra, ya que ningún competidor en el mercado tiene desarrollados este tipo de sistemas.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Documento Conpes, Sistema integrado del servicio público urbano de transporte masivo de pasajeros del valle de aburra-seguimiento y modificación. Bogotá., D.C., marzo de 2009. Concejo Nacional de Política Económica y Social. Republica de Colombia. Departamento nacional de planeación.
- Estudio de ruta de transporte público colectivo, Volumen 2. Abril de 2007. Universidad nacional de Colombia. Área metropolitana del valle de Aburra.

Paginas de internet consultadas

- www.focacontroles.com.br
- www.arbor.com.tw
- www.life.com/image/2891665
- huaketec.com/Video%20Vehicle%20Monitoring.htm
- <http://outsourcetek.blogspot.com/2010/07/intelligent-transport-system.html>
- www.cleverdevices.com/automatic_passenger_counting_technology_APC.html
- www.infodev.ca/vehicles.html
- toba.fceia.unr.edu.ar/mmendez/?cat=3

11. BIBLIOGRAFIA DE IMAGENES

Imagen 1

Tomada de Anexo E

Imagen 2

Imagen creada con imágenes tomas de las paginas www.superpolo.com.co
www.focacontroles.com.br www.arbor.com.tw

Imagen 3

Tomada de www.life.com/image/2891665

Imagen 4

Tomada de www.life.com/image/2891658

Imagen 5

Tomada de
outsourcetek.blogspot.com/2010/07/intelligent-transport-system.html

Imagen 6

Tomada de huaketec.com/Video%20Vehicle%20Monitoring.htm

Imagen 7 y 8

Tomado de
www.cleverdevices.com/automatic_passenger_counting_technology_APC.html

Imagen 9-10

Tomado de www.infodev.ca/vehicles.html

Imagen 11

Tomado de h
www.fenalcoantioquia.com/servlets/SeccionesServlet?idSeccion=241

Imagen 12

Tomada de www.nacion.com/ln_ee/2007/octubre/02/pais1261439.html

Imagen 13

Tomado de www.ecbloguer.com/carlosmunera/?p=4636

Imagen 14

Tomado de www.evesmaster.com/FirstResidence1946_47.html

Imagen 15

Tomado de
outsourcetek.blogspot.com/2010/07/intelligent-transport-system.html

Imagen 16

Ver anexo K

Imagen 17

Tomado de
www.electronicamagnabit.com/tienda/sensores/238-foto-celda-resistencia-fotoelectronica.html

Imagen 18

Tomado de www.yoreparo.com/foros/disenio_electronico/289733_0.html

Imagen 19

Tomado de <http://toba.fceia.unr.edu.ar/mmendez/?cat=3>

Imagen 20

Ver Anexo L

Nota: Las imágenes que no están enumeradas en el trabajo fueron creadas o tomadas por nosotros y por este motivo no tienen bibliografía.