

# INTELLIGENT CONTROL SYSTEM TRAFFIC

Karen Natalia Figueroa N.  
Universidad Nacional de Colombia  
Carrera 30 – Calle 45  
+57 3165000  
knfigueroan@unal.edu.co

Félix Vega Stavro  
Universidad Nacional de Colombia  
Carrera 30 – Calle 45  
+57 3165000  
jfvegas@unal.edu.co

César Pedraza Bonilla  
Universidad Nacional de Colombia  
Carrera 30 – Calle 45  
+57 3165000  
capedrazab@unal.edu.co

## ABSTRACT

This paper presents three applications in transit and transport studies to evidence alternatives of technologies that could be achieved in Colombia. The results shown in this paper indicate the multidisciplinary nature of transport and the need of new solutions when recollecting data.

The tests were applied at National University of Colombia and in a town near Bogotá (Chía – Cundinamarca).

## CCS Concepts

• Information systems---Data management systems--- Database design and models.

## Keywords

Radio Frequency Identification (RFID), vehicle identification, intelligent transport systems (ITS).

## 1 INTRODUCTION

Actualmente en Colombia se utilizan algunos métodos para el monitoreo de vehículos que debido a sus características técnicas suministran información no tan precisa o en algunos casos incompleta. , este procedimiento se realiza mediante cámaras y radares de medición de velocidad. En los municipios donde este tipo de tecnología no está instalada, el monitoreo se realiza manualmente por autoridades de tránsito, lo que limita el número y la duración de los operativos de control y por ende la efectividad de los mismos.

El monitoreo mediante cámaras permite identificar fácilmente las características exteriores del vehículo, pero no siempre es capaz de identificar la placa del mismo, especialmente en horas de la noche, en condiciones de baja visibilidad (lluvia, mala iluminación) o cuando el ángulo de observación no es el adecuado. Estos efectos se ven reflejados de la misma forma en las tomas de información manual mediante mediciones en campo.

Los radares tienen efectividad sólo en la detección de velocidad y necesitan una cámara asociada para identificar al vehículo. Esto nos lleva nuevamente a las limitaciones que presentamos en el párrafo anterior.

Cada uno de estos modos de monitoreo son aplicables a escenarios específicos y tiene costos y grados de efectividad variados. Esto tiene una incidencia directa en la estimación de parámetros de tránsito, necesarios para la

toma de decisiones e implementación de políticas de movilidad. Adicionalmente, la efectividad en la detección y seguimiento de infracciones, necesarias para el control del tráfico, se ven afectadas por la falta de un sistema adaptado a las características del parque vehicular; en consecuencia, un análisis de elementos tecnológicos, procedimentales y metodológicos para el desarrollo de un sistema de monitoreo y control de vehículos se revela necesario.

## 2 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

Los sistemas inteligentes de transporte (ITS) son una parte importante en el desarrollo de ciudades inteligentes, que a su vez, son una necesidad para la viabilidad social y económica de las ciudades alrededor del mundo. Uno de los objetivos más importantes para los ITS es suministrar herramientas que permitan solventar el problema de los atascos de autos en las ciudades, que generan consecuencias directas sobre sus habitantes.

Una arquitectura ITS puede ser dividida en tres partes fundamentales: medición y convergencia de la información de tráfico, soporte para aplicaciones y manejo del transporte urbano. La primera tiene que ver con los sistemas de medición y recolección de la información acerca del tráfico de las ciudades (monitoreo), la segunda con el procesamiento y visualización de dicha información y la tercera con la toma de decisiones que afecta al funcionamiento de las redes de tráfico vehicular en las ciudades.

Es así como los sistemas de identificación y monitoreo de vehículos hacen parte de las soluciones tecnológicas que refuerzan los mecanismos de vigilancia y control del tráfico. Entre estos se encuentran los sistemas y plataformas para la Identificación Automática de Vehículos, que pueden emplearse no sólo para conocer la identidad de los vehículos sino para realizar ensayos de toma de información en campo como aforos, matrices origen destino y comportamiento de estacionamientos así como monitorear las infracciones de los conductores (giros prohibidos, contravía, exceso de velocidad) y para obtener indicadores de tráfico (flujo de vehículos, entre otros).

Una solución como la planteada en esta investigación cumple con estos requisitos. La identificación por RFID es unívoca y altamente efectiva (en el rango de distancias de medición del lector). La plataforma puede medir de manera

continua e ininterrumpida diversos tipos de vehículos, en condiciones de poca o nula visibilidad, puede integrar lectores fijos instalados en puntos críticos de las ciudades y lectores móviles instalados en operativos itinerantes.

Por otro lado, la detección automática de vehículos tiene diferentes aplicaciones que pueden utilizarse para la medición de variables de tránsito y transporte y el desarrollo de estudios de movilidad dentro de las cuales se desatacan:

- Volúmenes vehiculares.
- Matrices Origen – Destino
- Rotación de estacionamientos.
- Medición de velocidades.
- Cobros electrónicos de peajes.
- Acceso o restricción a zonas de control vehicular.
- Control de vehículos en pico y placa.
- Control de documentos del vehículo (Comparendos, revisiones técnico mecánicas, DIJIN, entre otros)
- Tarjetas de operación de vehículos de transporte público colectivo e individual.
- Niveles de Servicio y densidades vehiculares de tramos de vía.
- Clasificación vehicular y composición del tráfico.
- Determinación de tasas de crecimiento a partir de series históricas.
- Determinación de factores de estacionalidad horaria, diaria, semanal y mensual.
- Detección de infracciones.

## 2.1 Identificación por Radio Frecuencia RFID

El RFID (Radio Frequency IDentification) es una tecnología basada en la identificación automática e inalámbrica que permite detectar objetos mediante ondas de radio. Este sistema se compone de un lector (Reader) y una etiqueta (Tag). El lector emite una serie de ondas de radiofrecuencia al Tag, el cuál recibe las ondas mediante una antena y las retransmite al lector con los datos en él almacenados. Luego, el lector transforma las ondas de radio del Tag en un formato que pueda ser transmitido al sistema de cómputo o aplicación que va a utilizar y analizar la información.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una plataforma de control inteligente de vehículos la cual presenta una arquitectura modular y escalable sobre la que pueden implementarse diversos servicios y aplicaciones tecnológicas enfocadas a la solución de problemas de transporte en Colombia.

La arquitectura del sistema ( Figura 1) está compuesta por:

- Una etiqueta RFID instalada en vehículos automotores y lectores RFID fijos o móviles en intersecciones y calles principales

- Diseño de un sistema de información auto-escalable y flexible basado en PaaS (Platform as a Service ~Cloud Computing)
- Desarrollo de aplicaciones prototipo de acuerdo a la necesidad de cada estudio de tránsito realizado.



**Figura 1** Arquitectura del sistema de detección de vehículos

Una vez desarrolladas las partes que componen la plataforma, tanto de hardware como de software, y luego de realizarse pruebas en laboratorio, se hace necesaria la aplicación de la tecnología en un ambiente efectivo. Para esto se escogieron dos escenarios diferentes; el primero es la Universidad Nacional de Colombia – Sede, un campus universitario con 116 hectáreas, ingresos diarios de alrededor de 40.000 peatones y 5.000 vehículos motorizados y 2.000 vehículos no motorizados (Universidad Nacional de Colombia, 2014); el segundo es el Municipio de Chía – Cundinamarca el cual posee una población de 120.069 habitantes (DANE, 2005).

## 2.2 Definición de los requisitos del sistema.

En la primera etapa del proyecto se definieron las condiciones para el uso de la tecnología RFID en sistemas inteligentes de transporte, especialmente al monitoreo de tráfico vehicular. Para el desarrollo de la plataforma, se identificaron las siguientes condiciones:

- Identificación de vehículos en distintos puntos de una ciudad mediante el uso de lectores RFID compatibles con ISO 18000-6C. Se debe leer un identificador de tag RFID.
- Soporte para compartir datos. Es recomendable que los datos que se toman sean almacenados en una plataforma en la nube, debido a que es más fácil su manipulación procesamiento y seguridad.
- Población de vehículos significativa con tag RFID instalados en los vehículos que permita determinar el volumen de tráfico vehicular en un segmento de vía determinado.
- Filtrado de etiquetas. Debido a que la tecnología RFID de tag pasivos es ampliamente utilizada para otras aplicaciones, es importante establecer un mecanismo de identificación almacenado en la

etiqueta, para validar que la misma pertenece al sistema.

- Escritura y lectura de etiquetas. La plataforma debe soportar la escritura de etiquetas a fin de caracterizarlas como parte del sistema.
- Lectura disparada por eventos. Es necesario contar con la posibilidad de deshabilitar de forma remota una lectura. Así mismo es necesario poder realizar lecturas durante espacios de tiempo determinados.
- Interpretación de datos. Los datos enviados a la nube deben estar asociados a un tipo de lectura, hora, fecha, localización geográfica, etc. Esta información asociada a una lectura permite realizar un procesamiento posterior más eficiente.
- Escalabilidad. El sistema de la nube deber ser muy escalable, a fin de permitir la incorporación de más espacios de detección de tráfico mediante el uso de más lectores RFID.
- Extensibilidad. El proyecto debe contar con la posibilidad de más lecturas en más carriles en una vía.
- Confiabilidad. El sistema de lectura debe ser: estable, con capacidad de procesamiento para lecturas, cálculos de cifrado, reinicio automático, etc. Los sistemas de comunicaciones deben ser estables, con capacidad de iniciarse cuando haya pérdidas de red.
- Configurabilidad en tiempo de ejecución. Se debe contar con un sistema de configuración, manipulable remotamente. Se debe poder cambiar parámetros como antenas de lectura, tiempo de reenvío de una etiqueta, etc.
- Manejo de distintos tipos de datos. Se maneja información de: etiquetas, horas, estado del lector, tiempo en uso, última lectura, tasa de lecturas, etc.

A partir de los requisitos anteriores fue posible determinar las características de hardware y software de la plataforma. A continuación se describen los elementos que la componen:

### 2.3 Sistema de hardware y software.

La plataforma para control inteligente vehicular se encuentra compuesta por distintos elementos de hardware y software, que puestos en funcionamiento cumplen con los requisitos expuestos en la sección anterior.

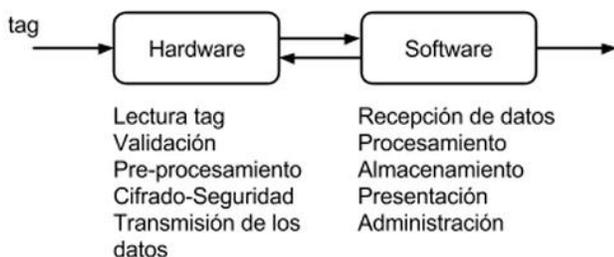


Figura 2. Funciones de los sistemas de hardware y software

#### 2.3.1 Sistema de software

Como se observa en la Figura 2 las tareas realizadas por este componente empiezan con la recepción de datos del sistema de hardware y acaba con los datos presentados a los usuarios. Como se estableció en los requisitos del sistema, esta etapa debe ser llevada a cabo mediante el uso de la computación en la nube.

- Recepción de datos. Para la ejecución de esta tarea se estableció que las comunicaciones se debía realizar mediante la tecnología de servicios web, con protocolo seguro de transferencia de hipertexto y proceso de firmado para garantizar la autenticidad de una lectura RFID.
- Procesamiento y almacenamiento. Todas las lecturas recibidas en el servicio en la nube fueron almacenadas y puestas a disposición de un sistema de análisis de datos.
- Presentación. Se implementó una interfaz de presentación que permite visualizar, filtrar en forma de tablas o gráficas la información almacenada de lectura de tags RFID.
- Administración. Las tareas de administración permiten al sistema configurar claves de cifrado para comunicaciones, números de identificación y habilitación de unidades de lectura RFID, entre otros.

#### 2.3.2 Sistema de hardware.

El sistema de hardware consiste en los elementos que se encuentran puestos en el lugar físico donde se desean realizar las lecturas RFID. Por lo tanto, éste debe realizar las tareas directamente relacionadas con la lectura de tag RFID, validación, pre procesamiento, cifrado y transmisión de los datos al sistema de software.

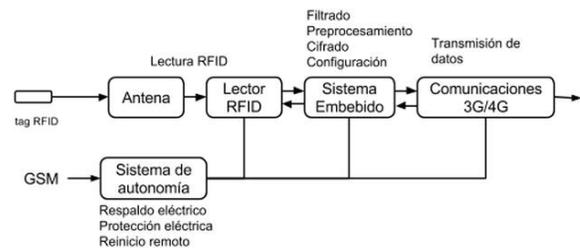


Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de hardware.

La Figura 3 muestra las partes que componen el sistema de hardware y las tareas básicas que realizan. En primer lugar, el tag RFID y la unidad de lectura RFID (antena y lector RFID) permiten la identificación del vehículo mediante la lectura de un campo de memoria programable del tag. Este campo fue programado previamente con un número único para cada usuario y un encabezado de identificación del

proyecto. La información obtenida desde la unidad de lectura es transferida hacia un sistema embebido que permite determinar si el tag leído pertenece al proyecto. A continuación, el sistema elabora una trama de datos junto con el identificador, fecha de lectura, número de lector, posición geográfica del lector, entre otros. Esta trama es cifrada y enviada al módulo de comunicaciones para que la envíe al servidor remoto que se encuentra en la nube. La Figura 4 muestra la forma en que las partes más importantes del sistema de hardware fueron montadas en una caja con protección IP66 a fin de ser instalado sobre las vías del campus de la universidad.



Figura 4. Montaje realizado del sistema de hardware

### 3 PRUEBA DE RFID UNIVERSIDAD NACIONAL

Para el caso específico de la aplicación de la tecnología, en la prueba piloto en la Universidad Nacional, se instalaron seis (6) lectores RFID en las tres porterías de entradas y salidas vehiculares tal y como se muestra en la Figura 5.



Figura 5 Ubicación de Lectores Universidad Nacional - Sede Bogotá.

Así mismo, se distribuyeron e instalaron 733 etiquetas RFID en vehículos motorizados (automóviles y motos) pertenecientes a la Universidad, vehículos de profesores, estudiantes, contratistas y personal administrativo, que al pasar por las porterías eran registrados y procesados, mediante un sistema de gestión desplegado en la plataforma Google App Engine que ofrece una API (Interfaz de programación de aplicaciones) que permite realizar el registro de dichas lecturas.

El conteo vehicular se realizó mediante la detección electrónica de los vehículos, la cual permitía el registro de las etiquetas, identificando:

- Fecha,
- Hora de paso,
- ID de la etiqueta,
- Tipo de vehículo y
- Localización.

La prueba piloto se realizó en un periodo de 40 días calendario, lo que permitió tener lecturas 24 horas del día de los vehículos que ingresan y salen del campus, adquiriendo resultados en línea de lo sucedido en tiempo actual o en días anteriores y posteriores (durante el periodo de prueba).

### 3.1 Resultados

A continuación se presentan resultados obtenidos en la prueba piloto, que permiten evidenciar patrones de comportamiento a nivel global de la universidad a través de la información recopilada de los Tag's instalados a los usuarios voluntarios que hicieron parte del ensayo, teniendo en cuenta que los números allí reflejados hacen referencia exclusivamente a esta población.

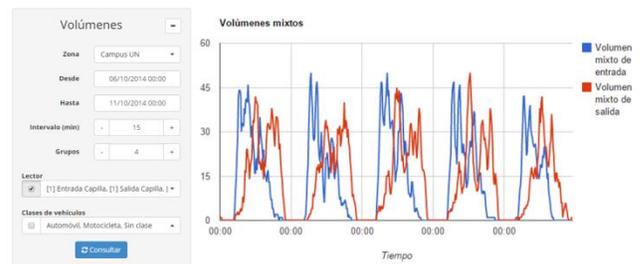


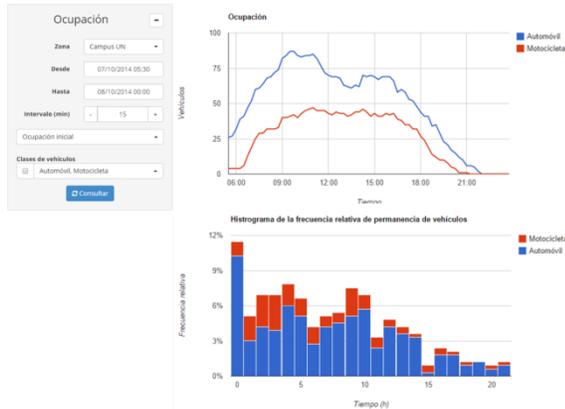
Figura 6 Volúmenes Vehiculares, Prueba Piloto Universidad Nacional

La Figura 6 ilustra la representación gráfica del patrón de comportamiento horario de entradas y salidas al campus Universitario, para un periodo de consulta entre el 6 de Octubre a las 00:00 horas y el 11 de Octubre a las 00:00 horas, lo que permite ver el comportamiento de una semana típica en el campus. Además, esta figura presenta la interfaz del software diseñado para las salidas de información.

	[1] Salida Capilla	[2] Salida Carrera 45	[3] Salida Calle 53	Total general
[1] Entrada Capilla	15	8	17	40
[2] Entrada Carrera 45	37	71	38	146
[3] Entrada Calle 53	7	20	38	65
<b>Total general</b>	<b>59</b>	<b>99</b>	<b>93</b>	<b>251</b>

**Figura 7 Matriz Origen – Destino, Prueba Piloto Universidad Nacional**

La Figura 7 presenta los resultados obtenidos en un día de consulta (09 a 10 de Octubre de 2014) de las tres porterías en donde fueron instalados los lectores, esto permite identificar el lugar de entrada, salida y en general más utilizado por los usuarios de la prueba.



**Figura 8 Permanencia en estacionamiento, Prueba Piloto Universidad Nacional**

La Figura 8 ilustra la ocupación durante un día del campus universitario para automóviles y motocicletas que poseían el Tag, esto para un periodo en entre el 07 y 08 de Octubre de 2014; así mismo permite identificar la duración promedio de los vehículos por horas dentro de la Universidad.

En comparación con un estudio de tránsito realizado en el año 2013 para el campus de la Universidad y la prueba piloto realizada con la tecnología RFID, se obtuvo que:

- Las horas pico de entradas obtenidas se encuentran dentro de los mismos periodos; estos horarios son entre las 6:30 am y las 10:00 am en la mañana y entre las 13:00 y 14:00 en la tarde; esto relacionado con las horas de inicio de actividades en el campus (en la mañana) y la hora de almuerzo (en la tarde).
- En cuanto a las salidas, en los dos estudios, se evidencia que el primer pico se presenta en las horas de la mañana entre las 9:00am y las 10:00am, el segundo pico y el más relevante del día se presenta entre las 12:00 y las 13:00 horas debido a la hora de almuerzo y finalmente entre las 18:30 y 19:30 debido a la finalización de la jornada.
- De igual forma, los dos estudios revelan que el acceso, al ingreso, más utilizado por los usuarios del campus es la entrada de la carrera 45 o Uriel

Gutiérrez, seguido por la calle 53 y por último la capilla; este mismo comportamiento se presenta en la preferencia de acceso a la salida de la Universidad.

- En la duración de los vehículos dentro del campus, ambos estudios coinciden que la mayoría de la población permanece dentro del campus entre 6 y 12 horas, seguidos por un periodo entre 1 y 3 horas.
- Haciendo referencia a la ocupación el periodo pico se encuentra entre las 11:00am y 12:00 del mediodía, presentando en este periodo el mayor número de vehículos dentro del campus.

## 4 PRUEBA DE RFID MUNICIPIO DE CHÍA - CUNDINAMARCA

La prueba del Municipio de Chía, está enfocada al transporte público colectivo de pasajeros el cual en la actualidad se oferta a través de 6 (seis) empresas que sirven 22 rutas, algunas de las cuales son compartidas entre empresas. El servicio es prestado en su mayoría en vehículos tipo microbús y buseta con una capacidad que está entre los 14 y 20 pasajeros. Este ensayo se realiza en cooperación con la Secretaría de Movilidad del Municipio, con el fin de medir variables del sistema que permitan identificar el cumplimiento por parte de los conductores de acciones como: el uso de los paraderos autorizados, la circulación a la velocidad máxima permitida, la verificación de horarios, frecuencias y rutas autorizadas, entre otros.

El ensayo de lectores RFID en el Municipio de Chía se realizó mediante el monitoreo de la Ruta Intermunicipal Terminal de Chía – Portal 170 – Terminal de Chía. Esta ruta en la actualidad es operada por seis (6) empresas de Transporte Público dentro de las cuales se encuentra: Ayacucho, Sonatrans, Valvanera, Flota Chía, Auto Servicio Chía y Teusacá.

En principio se realizó una prueba piloto dirigida a 50 vehículos de las seis empresas, con el fin de probar el tipo de Tag a ser utilizado, la altura de las antenas y los puntos de instalación de los lectores. Esto debido a la diferencia de factores característicos de los vehículos y el territorio, comparado con la prueba de la Universidad Nacional.

En total se instalaron 65 Tags y 7 lectores en puntos estratégicos dentro del recorrido de la Ruta, teniendo en cuenta lugares de parada de los vehículos para el ascenso y descenso de pasajeros y sitios en los cuales la instalación de los lectores fuera apropiada (ver Figura 9).

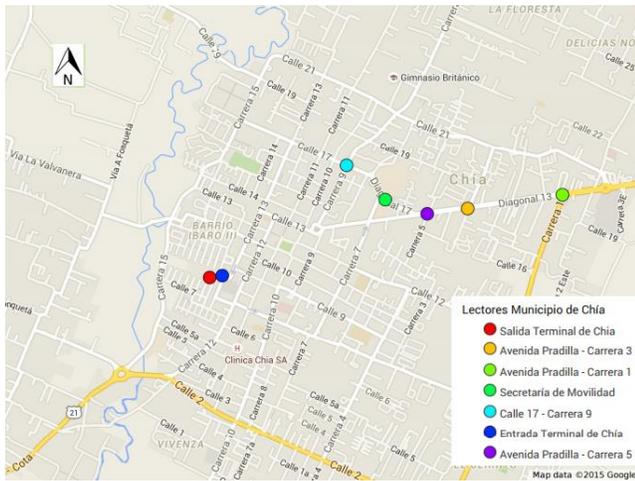


Figura 9 Ubicación de Lectores RFID Municipio de Chía

### 4.1 Resultados

Para la prueba en el prueba de Chía se despliega una interfaz que permite hacer el seguimiento de los buses y las rutas de transporte por los diferentes puntos de parada como se muestra en la Figura 10.

Etiqueta	Lector 1 0 m	Lector 2 461 m	Lector 3 480 m	Lector 4 405 m	Lector 5 762 m	Lector 6 942 m	Velocidad (km/h)
1 ABC123	2015-01-01 00:00	2015-01-01 00:03	2015-01-01 00:07	2015-01-01 00:10	2015-01-01 00:13	2015-01-01 00:15	0 v
2 ABC123	2015-01-01 00:19	2015-01-01 00:21	2015-01-01 00:23	2015-01-01 00:26	2015-01-01 00:30	2015-01-01 00:34	0 v
3 ABC123	2015-01-01 00:35	2015-01-01 00:37	2015-01-01 00:39	2015-01-01 00:42	2015-01-01 00:43	2015-01-01 00:46	0 v
4 ABC123	2015-01-01 00:48	2015-01-01 00:52	2015-01-01 00:54	2015-01-01 00:58	---	2015-01-01 01:03	1 A
5 ABC123	2015-01-01 01:06	2015-01-01 01:09	2015-01-01 01:11	2015-01-01 01:13	2015-01-01 01:15	2015-01-01 01:19	0 v
6 ABC123	---	2015-01-01 01:22	2015-01-01 01:24	2015-01-01 01:27	2015-01-01 01:29	2015-01-01 01:33	1 A
7 ABC123	---	2015-01-01 01:37	2015-01-01 01:40	2015-01-01 01:41	2015-01-01 01:43	2015-01-01 01:44	1 A
8 ABC123	2015-01-01 01:46	2015-01-01 01:49	2015-01-01 01:52	2015-01-01 01:54	2015-01-01 01:58	2015-01-01 02:02	0 v
9 ABC123	2015-01-01 02:05	2015-01-01 02:08	2015-01-01 02:09	2015-01-01 02:10	2015-01-01 02:12	2015-01-01 02:13	0 v
10 ABC123	2015-01-01 02:15	2015-01-01 02:18	2015-01-01 02:21	2015-01-01 02:25	2015-01-01 02:29	2015-01-01 02:30	0 v

Figura 10 Control de Rutas Según puntos de Instalación de Lectores.

Esta interfaz presentada en la Figura 10, permite ver la hora de paso de los vehículos por los puntos de control, la distancia en metros entre cada lector y si el vehículo paso o no cerca del punto de lectura.

Etiqueta	Lector 1 0 m	Lector 2 461 m	Lector 3 480 m	Lector 4 405 m	Lector 5 762 m	Lector 6 942 m	Velocidad (km/h)
1 ABC123	2015-01-01 00:00	+0:42	+0:43	+0:11	+0:24	+0:40	+15:50
2 ABC123	2015-01-01 00:19	+0:18	+0:14	+0:11	+0:38	+0:47	+15:08
3 ABC123	2015-01-01 00:35	+0:37	+0:20	+0:24	+0:07	+0:24	+10:25
4 ABC123	2015-01-01 00:48	+0:55	+0:12	+0:32	---	+0:10	+14:49
5 ABC123	2015-01-01 01:06	+0:41	+0:36	+0:22	+0:10	+0:30	+12:29
6 ABC123	---	2015-01-01 01:22	+0:28	+0:32	+0:39	+0:41	---
7 ABC123	---	2015-01-01 01:37	+0:46	+0:13	+0:12	+0:09	---
8 ABC123	2015-01-01 01:46	+0:16	+0:16	+0:02	+0:39	+0:55	+16:08
9 ABC123	2015-01-01 02:05	+0:20	+0:21	+0:05	+0:26	+0:24	+07:56
10 ABC123	2015-01-01 02:15	+0:22	+0:25	+0:52	+0:53	+0:16	+15:48
		+0:53	+0:25	+0:42	+0:28	+0:56	+13:34

Figura 11 Control de Rutas Según Tiempo desde la primera lectura.

La Figura 11 permite relacionar el tiempo promedio entre puntos de lectura de las diferentes rutas, y el total del tiempo de un recorrido, esto para cada vehículo dentro de un periodo de consulta determinado.

Etiqueta	Lector 1 0 m	Lector 2 461 m	Lector 3 480 m	Lector 4 405 m	Lector 5 762 m	Lector 6 942 m	Velocidad (km/h)
1 ABC123	2015-01-01 00:00	7.48	7.75	7.63	17.81	21.20	12.37
2 ABC123	2015-01-01 00:19	12.03	13.90	7.63	12.58	14.84	12.02
3 ABC123	2015-01-01 00:35	17.11	14.16	8.38	40.94	20.55	20.23
4 ABC123	2015-01-01 00:48	7.06	13.09	6.88	---	18.79	11.70
5 ABC123	2015-01-01 01:06	10.31	18.00	9.59	21.10	16.15	15.03
6 ABC123	---	2015-01-01 01:22	38.50	6.88	27.71	15.34	22.11
7 ABC123	---	2015-01-01 01:37	20.41	19.97	20.78	49.15	27.58
8 ABC123	2015-01-01 01:46	8.47	8.82	11.95	12.53	14.43	11.24
9 ABC123	2015-01-01 02:05	11.85	18.99	22.43	31.90	36.08	24.25
10 ABC123	2015-01-01 02:15	8.22	8.43	8.28	11.77	44.62	15.86
		10.31	16.10	10.76	21.90	23.22	17.24

Figura 12 Control de Rutas Según Velocidad entre lectores.

Finalmente es posible evaluar la velocidad promedio entre cada lector y el promedio de la velocidad del recorrido, teniendo en cuenta el exceso o no de velocidad. (ver Figura 12)

En la prueba realizada en el Municipio de Chía, con los 31 Tags instalados es posible ver el promedio (en minutos) del tiempo del recorrido Terminal – Portal 170 – Terminal como se ve en la Figura 13



Figura 13 Tiempo promedio de recorrido

## 5 CONCLUSIONES

Se diseñó y se probó una plataforma para el monitoreo de tráfico vehicular mediante el uso de la tecnología RFID pasiva ISO 18000-6C. Se observó que un sistema basado en esta tecnología es viable para su uso en ciudades, dado que representa una alternativa más económica que las de uso con sistemas de geolocalización, sensores sobre las vías con obras civiles sobre la infraestructura vial, entre otros. La masificación del uso de esta tecnología en el monitoreo de tráfico vehicular, puede estar sujeto a la aplicación de la tecnología ISO 18000-6C a otros medios, tales como recaudo electrónico vehicular, control de parqueaderos, entre otros. El uso de esta tecnología en otras aplicaciones puede impulsar el monitoreo de tráfico vehicular mediante RFID en las grandes ciudades.

En Colombia las mediciones de parámetros de tránsito y transporte se realizan mediante una metodología clásica manual que tiene limitaciones de completitud de datos, confiabilidad y oportunidad las cuales pueden ser mitigadas a través del uso de los SIT (Sistemas Inteligentes de

Transporte). Por tal razón las mediciones en tránsito y transporte requieren la masificación del uso de tecnologías como la RFID para la obtención de información continua y confiable en el tiempo, lo cual conlleva a una relación positiva costo-beneficio a mediano y largo plazo.

Para una planeación sustentada del tránsito y transporte se hace imperativo la obtención de información oportuna y de calidad que se convierta en una herramienta para la toma de decisiones. De igual forma, las tecnologías se hacen inherentes en los sistemas de tránsito y transporte de la actualidad en un abanico amplio de posibilidades desde la programación de un semáforo hasta el control de operación de flota de un sistema masivo de transporte público de pasajeros.

Se hace axiomático el hecho de que el tránsito y transporte es un campo multidisciplinario, sin embargo en Colombia la exploración y aplicación del apoyo de herramientas electrónicas y tecnológicas no ha sido de la misma trascendencia que el apoyo de áreas como la ingeniería civil, la economía, la ingeniería industrial, la ingeniería ambiental y el derecho, entre otras.

En cuanto a la aplicación de la tecnología RFID en estudios de tránsito y transporte la prueba piloto permite identificarla como una alternativa viable, confiable, oportuna y completa para la realización de este tipo de estudios. Sin embargo, es importante resaltar que para usar la tecnología RFID en un área delimitada o específica se hace necesario que todos los vehículos posean la etiqueta (Tag) para que los resultados absolutos del estudio puedan tener influencia directa en la toma de decisiones o en la planeación.

En el caso de la prueba piloto de la Universidad Nacional se hizo una muestra que determinaba el número de los tag necesarios por estacionamiento en el campus, debido a la estrategia social que permitía en primera instancia observar la reacción de los usuarios a usar el sistema, la cual cabe

mencionar fue muy positiva, pero esta muestra solo permite tener resultados que observan parámetros de comportamiento y no los volúmenes representativos del Universo de la población.

Por último, la tecnología RFID, permite realizar estudios continuos todos los días de la semana dando lugar al análisis del comportamiento de lunes a domingo en el campus de la Universidad y en el Municipio de Chía, procedimiento que no es posible realizar con un estudio de toma manual (Ramírez, 2012).

## 6 REFERENCIAS

- [1] Fosso Wamba, S. (2013)., Anand, A., & Carter, L. A literature review of RFID-enabled healthcare applications and issues. *International Journal of Information Management*, 33(5), 875–891.
- [2] Chattaraj, a. (2009), Bansal, S., & Chandra, a.. An intelligent traffic control system using RFID. *IEEE Potentials*, 28, 0–3.
- [3] Kim, M. (2008)., Park, J., Oh, J., Chong, H., & Kim, Y. Study on Network Architecture for Traffic Information Collection Systems Based on RFID Technology. *IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference*.
- [4] Universidad Nacional de Colombia. (2014). *Plataforma de Control Inteligente de Vehículos*. Bogotá D.C.
- [5] Universidad Nacional de Colombia. (2014). *PLAN INTEGRAL DE MOVILIDAD PARA EL CAMPUS DE LA SEDE BOGOTÁ-UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*. Bogotá D.C
- [6] Ramirez, J. (2012). Radio frequency identification (RFID) technology for academic, logistics and passenger transport applications. *Ingeniería e Investigación*, 58-65.